

Vol. XI, N° 31 • Octubre 2022

ISSN: 2007-6703



## ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO



Revista Digital de la  
Universidad Autónoma de Chiapas  
Indizada en los catálogos de **Latindex**, **BIBLAT**, **CLASE**,  
**SIC**, **Actualidad Iberoamericana**, **REDIB**, **DOAJ** y **MIAR**.

ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO

Octubre 2022, Vol. XI, No. 31

Registrada en **Latindex, BIBLAT, CLASE, Actualidad Iberoamericana, Sistema de Información Cultural de la Secretaría de Cultura, REDIB, DOAJ y MIAR.**

Es una revista digital de divulgación científica y cultural de carácter multidisciplinario de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), cuenta con una periodicidad cuatrimestral y registro:

**Reserva: 04-2022-070614023200-102**

**ISSN: 2007-6703**

Silvia E. Álvarez Arana

*Editora Responsable*

Gabriel Velázquez Toledo

*Editor Ejecutivo*

Joshep Fabian Coronel Gómez

*Diseño Web y Editorial*

Edgar Iván Besares Narcia

*Área de recursos audiovisuales y divulgación*

Héctor Daniel Niño Nieto

*Desarrollador Web y Soporte Técnico Editorial*

Lucía G. León Brandi

*Directora fundadora (2012)*

Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Chiapas.  
Edificio D, Carretera Ejido Emiliano Zapata, Kilómetro 8, Tuxtla  
Gutiérrez, Chiapas; México. C.p. 29000

[www.espacioimasd.unach.mx](http://www.espacioimasd.unach.mx)

Contacto: [espacioimasd@unach.mx](mailto:espacioimasd@unach.mx)

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.



## **Comité Editorial**

Alexandra Mulino • Universidad Central de Venezuela  
Alfredo Briones Aranda • Universidad Autónoma de Chiapas  
Ana Almansa • Universidad de Málaga España  
Antonio Durán Ruiz • Universidad Autónoma de Chiapas  
Emilio Rodríguez Macayo • Universidad Autónoma de Chile  
Flora Eugenia Salas Madriz • Universidad de Costa Rica  
Gabriel Castañeda Nolasco • Universidad Autónoma de Chiapas  
Gerardo Núñez Medina • Investigador del COLEF. Piedras Negras, Coahuila.  
Jorge Velázquez Avendaño • Universidad Intercultural de Chiapas  
Laura Xiomara Gutiérrez • Universidad Autónoma de Chiapas  
Lilia González Velázquez • Universidad Autónoma de Chiapas  
Lorenzo Franco Escamirosa Montalvo • Universidad Autónoma de Chiapas  
Lucía Tello Peón • Universidad Autónoma de Yucatán  
Manuel de Jesús Moguel Liévano • Universidad Autónoma de Chiapas  
Martín Dagoberto Mundo Molina • Universidad Autónoma de Chiapas  
Miguel Abud Archila • Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. México  
Ottmar Raúl Reyes López • Academia de Química y Biología en la UPITA del IPN  
Raúl Herrera González • Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México  
Sandra Isabel Ramírez González • Universidad Autónoma de Chiapas  
Víctor Darío Cuervo Pinto • Instituto Politécnico Nacional-UPITA  
Segundo Jordán Orantes Albores • Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

## **Asesor:**

Orlando López Báez • Universidad Autónoma de Chiapas

## **Coordinación y gestión operativa**

Lucía G. León Brandi • lucia.leon@unach.mx  
Silvia E. Álvarez Arana • silvia.alvarez@unach.mx  
Gabriel Velázquez Toledo • gabriel.toledo@unach.mx

Instructivo de publicación:

<https://www.espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/Instrucciones>

# ÍNDICE

Editorial	6
-----------	---

## Artículos

Situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina en tres regiones económicas del estado de Chiapas-México	9
Control <i>in vitro</i> de antracnosis ( <i>colletotrichum gloeosporioides</i> ) aislado de <i>annona muricata</i> L. con extractos vegetales	35
Una revisión sobre la migración de las aves rapaces y los efectos toxicológicos de los metales pesados	54
Elementos críticos sobre las nanotecnologías en México	74
Políticas de inacción en la Universidad Veracruzana: impacto en los docentes	96
Aplicación del software libre como herramienta para el desarrollo de sistemas en gestión de mantenimiento de equipos informáticos	117
Satisfacción del turista de Temazcal en Cozumel	127
Deshidratación osmótica de <i>Carica papaya</i> var. Maradol: transferencia de masa y análisis sensorial	143

**Documento Académico**

Geopolítica e innovación: La creación de valor en Querétaro

162

## EDITORIAL


¡Estamos de manteles largos! La Revista de la Universidad Autónoma de Chiapas *Espacio I+D. Innovación más Desarrollo*, cumple sus primeros 10 años como publicación periódica de divulgación científica. 31 números, 11 volúmenes, más de 286 artículos académicos arbitrados además de los materiales multimedia, libros digitales objetos de divulgación de la ciencia que han acompañado a nuestra publicación, con el fin de llevar el conocimiento hasta los últimos rincones de nuestra geografía.

En esta ocasión contamos con materiales que proviene de alianzas estratégicas con universidades hermanas que colaboran con la Universidad Autónoma de Chiapas para la generación de conocimiento, como la realizada con el centro de Microbiología animal CENID-INIFAP en el artículo “Situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina en tres regiones económicas del estado de Chiapas-México”, la establecida con la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo para la creación del artículo “Control in vitro de antracnosis (*colletotrichum gloeosporioides*) aislado de *annona muricata* l. con extractos vegetales”, así como colaboraciones provenientes de universidades hermanas como la UNAM “Una revisión sobre la migración de las aves rapaces y los efectos toxicológicos de los metales pesados”, la Universidad Autónoma de Zacatecas con “Elementos críticos sobre las nanotecnologías en México”, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con “Políticas de inacción en la Universidad Veracruzana: impacto en los docentes”, la Universidad Autónoma de Quintana Roo con “Satisfacción del turista de Temazcal en Cozumel” y el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con “Deshidratación osmótica de carga papaya var. maradol: transferencia de masa y análisis sensorial”, sin olvidar la colaboración que nos hicieron llegar desde el Instituto Tecnológico Superior San Gabriel y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en Ecuador titulada “Aplicación del software libre como herramienta para el desarrollo de sistemas en gestión de mantenimiento de equipos informáticos”.

En esta ocasión, contamos con un Documento académico recibido desde el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, U.N.A.M.-Juriquilla titulado “Geopolítica e innovación: La creación de valor en Querétaro”, así como el libro digital “Léxico de las ciencias sociales en pandemia” que en coordinación con la Universidad Autónoma de México se realizó como ejercicio de análisis multidisciplinario de los efectos que la pandemia del virus SARS-Cov-2 tuvo en nuestra sociedad. Además, contamos con mate-

riales multimedia que pretenden difundir información los procesos lecto-escritores y lo realizado en el ámbito de la cultura por el Ballet Folclórico Magisterial del Estado de Chiapas.

Esperamos que en este inicio de un nuevo ciclo, en el que la publicación de la revista Espacio I+D apunta a su consolidación como referente de la divulgación científica en el sureste mexicano, sea de provecho para nuestros lectores, como lo ha sido para todos los que conformamos el equipo de trabajo.

¡Que disfruten este Espacio de Innovación, Desarrollo,  
Conocimiento y Cultura! 

«*Por la conciencia de la necesidad de servir*»  
Universidad Autónoma de Chiapas

Los Editores



# A R T Í C U L O S



# Situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina en tres regiones económicas del estado de Chiapas-México

Epidemiological situation of bovine paratuberculosis in three economics regions of the state of Chiapas-Mexico

—

Edgar Guillermo Méndez Morales<sup>1</sup> • racingkawa\_200@hotmail.com

Horacio León Velasco<sup>1</sup> • holeve2001@yahoo.com

José Luis Gutiérrez Hernández<sup>2</sup> • Joker\_jet@hotmail.com

Efrén Díaz Aparicio<sup>2</sup> • efredia@yahoo.com

Oscar León Velasco<sup>1</sup> • medicoleon@hotmail.com

1 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, COPAINALÁ, CHIAPAS, MÉXICO

2 MICROBIOLOGÍA ANIMAL CENID-INIFAP, CIUDAD DE MÉXICO



Para citar este artículo:

Méndez Morales, E. G., León Velasco, H., Gutiérrez Hernández, J. L., Díaz Aparicio, E., & León Velasco, O. (2022). Situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina en tres regiones económicas del estado de Chiapas-México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a01>

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es conocer la situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina y determinar las prácticas de manejo que favorecen la presencia de esta enfermedad, en tres regiones económicas de mayor importancia ganadera en el estado de Chiapas. Se obtuvo una  $n=460$  animales procedentes de 92 unidades de producción pecuaria (UPP). Se tomaron muestras de cinco hembras y un semental mayores de dos años por UPP. El diagnóstico serológico se realizó con un kit comercial de ELISA IDEXX paratuberculosis Screening. Además, se aplicó un cuestionario a los productores para detectar algunas posibles prácticas de manejo en la transmisión de la enfermedad. Se calculó el Riesgo Relativo (RR) con un intervalo de confianza 95% (IC). Con base en el análisis de las prácticas de manejo de este estudio, se encontró un RR de 0.19 a 0.30 para estos factores ( $P<0.05$ ) esto implica que existe una probabilidad significativa de que la enfermedad se manifieste si estos factores están presentes en la unidad de producción pecuaria. La seroprevalencia se calculó con el programa Epi Info 7.® y la asociación entre variables por razón de momios (RR) con el programa Win Episcope Ver. 2.0®. La seroprevalencia general fue de 15% (IC95%: 12.03 - 18.55%) para la región Frailesca fue de 12% (IC95%: 7.58 - 17.76%) mientras que en la región Istmo-Costa fue del 17.89% (IC95% 12.72 - 24.1%) y en la región Valle Zoque del 14.74% (IC95%: 8.3 - 23.49%). Se identificaron malas prácticas de manejo, como bebederos y comederos sucios, corrales con piso de tierra, limpieza de corrales, edad al destete de los terneros y manejo del semental. Se concluye que la paratuberculosis bovina está presente en el ganado bovino del estado de Chiapas y por lo tanto es necesario establecer estrategias que favorezcan su control y prevención, como la detección y segregación de animales positivos, así como la disminución de los factores que permitan la transmisión en la cría del ganado.

### Palabras clave:

*Enfermedad; Paratuberculosis; Pruebas diagnósticas.*

— Abstract—

The objective of this study was to know the epidemiological situation of bovine paratuberculosis and determine the management practices that favor the presence of this disease, in three economic regions of major livestock importance in the state of Chiapas. An  $n = 460$  animals from 92 livestock production units (UPP) was obtained. Samples were taken from five females and one stallion older than two years by UPP. Serological diagnosis was made with a commercial ELISA IDEXX paratuberculosis Screening kit. In addition, a questionnaire was applied to the producers to detect some possible management practices in the transmission of the disease. The Relative Risk (RR) was calculated with a 95% confidence interval (CI). Based on the analysis of the management practices of this study, a RR of 0.19 to 0.30 was found for these factors ( $P < 0.05$ ), this implies that there is a significant probability of manifesting the disease if these factors are present in the production unit. livestock. The seroprevalence was calculated with the Epi Info 7. ® program and the association between variables by ratio of odds (RR) with the Win Episcopo Ver. 2.0® program. The general seroprevalence was 15% (95% CI: 12.03 - 18.55%) for the Frailesca region was 12% (95% CI: 7.58 - 17.76%) while in the Isthmus-Costa region it was 17.89% (95% CI 12.72 - 24.1%) and in the Zoque Valley of 14.74% (95% CI: 8.3 - 23.49%). Poor management practices were identified such as dirty drinkers and feeders, pens with dirt floors, cleaning pens, age at weaning of calves and management of the stallion. It is concluded that bovine paratuberculosis is present in cattle in the state of Chiapas and therefore it is advisable to establish strategies that favor its control and prevention, such as the detection and segregation of positive animals, as well as the reduction of factors that allow the transmission in livestock farming.

**Keywords:**

*Test diagnostic; Paratuberculosis; Disease.*

La Paratuberculosis bovina (PTB) es una enfermedad infectocontagiosa crónica causada por *Mycobacterium avium* subespecies *paratuberculosis* (MAP). El principal órgano afectado por la enfermedad es el intestino delgado, en el cual provoca una enteritis que genera manifestaciones clínicas como el adelgazamiento progresivo, diarrea y, por último, la muerte en los animales afectados. Es una enfermedad de distribución e importancia económica mundial con prevalencia variable desde 5 hasta 30 %. Los animales jóvenes (menores de 6 meses de edad) se infectan por la ingestión de bacterias, principalmente a través de alimento, agua y los pezones contaminados con heces (Castellanos, *et al.*, 2010).

La enfermedad de PTB puede ser evidente después de un periodo de estrés como el parto o la lactación. Las pérdidas económicas por esta enfermedad se deben principalmente a desecho prematuro y el costo del reemplazo, disminución en producción láctea, baja en la eficiencia alimenticia, infertilidad, disminución en la calidad de canal y susceptibilidad a otras enfermedades.

En un reporte se estimó que la prevalencia de PTB en Latinoamérica y el Caribe a nivel de hato va desde 17 a 76% (Correa, *et al.*, 2015). En México, la PTB en bovinos no es monitoreada regularmente, por lo que la información acerca de su prevalencia es casi nula. En Chiapas, el estudio y la información sobre la PTB es de suma importancia debido a que son las regiones ganaderas con mayor productividad, el desconocimiento de esta enfermedad genera incertidumbre del estatus sanitario de los hatos ganaderos del estado de Chiapas, debido a la falta de registros productivos, reproductivos y sanitarios. Sin lugar a dudas, una enfermedad como la paratuberculosis, con su naturaleza crónica, podría impactar en los hatos del estado. Por lo anterior, el objetivo de este estudio es conocer la situación epidemiológica de la paratuberculosis bovina y determinar prácticas de manejo que favorezcan la presencia de esta enfermedad en tres regiones económicas del estado de Chiapas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

El estado de Chiapas se localiza al sureste de México, colinda al norte con el estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca, al sur con el Océano Pacífico y al este con la República de Guatemala. Al norte 17°59', al sur 14°32' de latitud norte; al este 90°22', al oeste 94°14' de longitud oeste (INEGI, 2013).

La investigación se llevó a cabo en tres regiones económicas del estado de Chiapas: Frailesca, Istmo-Costa y Valle Zoque que comprenden los municipios de Villaflores, Villacorzo, La Concordia, Arriaga, Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Jiquipilas, Cintalapa y Ocozocoautla (Figura 1).



Figura 1. Principales regiones ganaderas del estado de Chiapas. Fuente: Elaboración propia

### Determinación del tamaño de muestra

El tamaño mínimo de muestra se determinó con la siguiente fórmula (Pérez-Rivero, *et al.*, 2017):

$$n = \frac{\frac{Z^2}{E^2} \frac{q}{p}}{1 + \frac{1}{N} \left[ \frac{Z^2}{E^2} \frac{q}{p} - 1 \right]}$$

Donde:

Z = 1.96

E = 10 %

p = 80 %

q = 20 % (1-p)

N = 14680

n = 92

Se consideró una proporción (p) de paratuberculosis del 80% con una confianza (z2) del 95% y una precisión de 10%, el universo de estudio (N) fue de 14,680 productores primarios de la Asociación Ganadera Local de cada uno de los municipios estudiados en el estado de Chiapas. Dando como resultado 92 productores para el estudio, con un total de 460 muestras (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Distribución de las unidades de producción pecuaria y animales muestrados por región económica*

Regiones	Municipio	UPP*	Machos	Hembras
Frailesca	Villaflores	10	10	40
	Villa Corzo	14	14	56
	La Concordia	11	11	44
Istmo- Costa	Arriaga	7	7	28
	Pijijiapan	11	11	44
	Tonalá	13	13	52
	Mapastepec	7	7	28
Valle Zoque	Cintalapa	6	6	24
	Jiquipilas	5	5	20
	Ocozocoautla	8	8	32
<b>Total</b>		<b>92</b>	<b>92</b>	<b>368</b>

\*Unidad de Producción Pecuaria

Fuente: Elaboración propia

Los criterios de inclusión-exclusión que se consideraron para que el productor participara en el estudio fueron los siguientes:

- **Inclusión**

Animales adultos (mayores a 6 meses de edad), vientres y sementales activos de cada unidad productiva (UPP).

Sementales activos (mayor a 6 meses) que fueran propios o prestados por otro productor.

Productores pertenecientes a la Asociación Ganadera de Local de cada municipio.

- **Exclusión**

Animales de productores que no pertenezcan a la Asociación Ganadera Local del municipio estudiado.

### *Muestreo serológico*

La selección de los diez municipios se realizó con base en su actividad ganadera dentro del estado, posteriormente se utilizó una base de datos de los productores de cada región, a los cuales se les invitó a participar en el estudio y finalmente la selección de los animales se realizó por conveniencia, siguiendo los criterios de inclusión y exclusión.

La toma de muestras para el estudio serológico se realizó mediante punción de la vena coccígea. La muestra fue tomada en tubos vacutainer con gel separador de suero (7ml). Las muestras de sangre se conservaron en refrigeración a 4°C. Una vez obtenidas las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 3 min. Posteriormente, el suero se tomó en alícuotas de 2-3 ml, mismas que fueron congeladas y mantenidas a -20°C hasta su procesamiento.

### *Diagnóstico serológico*

La detección de anticuerpos contenidos en el suero sanguíneo contra MAP se realizó en el Laboratorio de Pequeños Rumiantes CENID-Microbiología, INIFAP, donde se utilizó la técnica de ELISA de tipo comercial IDEXX Paratuberculosis Screening (IDEXX, 2017), el cual tiene la capacidad de detectar anticuerpos contra MAP en suero y leche, de bovinos, con una sensibilidad del 60-80% y una especificidad de 90-99% (IDEXX, 2017). De esta manera, se garantizará que cuando un animal sea seropositivo a un antígeno en específico, esta respuesta sea debida a la exposición al agente de campo.

Las microplacas están tapizadas con antígeno MAP. Las muestras analizadas fueron primero diluidas e incubadas con *Mycobacterium phlei* para neutralizar posibles reacciones cruzadas con cualquier micobacteria en los pocillos de la microplaca por predilución. Después de la incubación con *Mycobacterium phlei*, las muestras se depositan en la microplaca tapizada. Cualquier anticuerpo presente en la muestra específica frente a MAP forma un complejo antígeno-anticuerpo en la superficie del pocillo. Tras el lavado, se incuba en los pocillos un anticuerpo anti-rumiante unido a una enzima. El conjugado se une a los complejos antígeno-anticuerpo. Después de otro lavado, se añade a los pocillos la enzima substrato (TMB). En presencia del enzima, el substrato se oxida generando una coloración azul, que vira a amarilla al añadir la solución de frenado. La intensidad de color es proporcional a la concentración de anticuerpos específicos anti-MAP presentes en la muestra. El resultado se obtiene comparando la densidad óptica (DO) de la muestra con la media del control positivo.

### *Cuestionarios epidemiológicos*

Para el estudio descriptivo se realizó una encuesta de 15 preguntas simultáneamente al muestreo serológico en cada unidad de producción bovina con preguntas relacionadas a problemas sanitarios, manejo zootécnico y características productivas. Es importante mencionar que los muestreos y el levantamiento de encuestas fueron realizados por Médicos Veterinarios Zootecnistas que conocían ampliamente la región y el manejo de los animales, los cuales se capacitaron con anterioridad para evitar sesgos en la investigación.

### *Análisis estadístico*

Se elaboró una base de datos con el programa de hoja de cálculo Microsoft Excel 2016 y el análisis de datos con el programa Epi info™ versión 7, calculando las frecuencias y en su caso el respectivo intervalo de confianza al 95% (IC 95%).

Para evaluar la fuerza con la que la enfermedad se asocia con un determinado factor (que se presume como su causa), se utilizó como indicador el riesgo relativo (RR). Asimismo, para evaluar la significancia estadística se empleó la prueba de Ji Cuadrada para determinar si son homogéneas o no las proporciones de la enfermedad (Jaramillo y Martínez, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Resultados serológicos en las tres regiones económicas: Frailesca, Istmo – Costa y Valle Zoque*

Con base en los resultados del muestreo de 460 bovinos de 92 unidades de producción pecuaria (UPP) se obtuvo una frecuencia de seropositividad de anticuerpos contra *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* (MAP) del 15% (69/460), mientras que el 85% (391/460) resultaron negativos a esta enfermedad (Tabla 2). En este sentido, Ocepek, *et al.* (2002) quienes obtuvieron una prevalencia del 0.59%, analizaron sueros de bovinos de entre 6 a 24 meses de edad, a través de la técnica de ELISA indirecto. Por su parte, Guamán (2017), determinó la prevalencia de la enfermedad por animal del 1.72% (87/5074) en bovinos entre los 12 y 24 meses de edad en cuatro regiones de Ecuador. No obstante, Crossley, *et al.* (2005), señalan que hatos más grandes tendrían una mayor prevalencia por la densidad poblacional y por lo tanto, una mayor contaminación medioambiental con MAP la que promovería la exposición al agente en edades tempranas. Lo que concuerda con Sevilla (2007) quien cita que la paratuberculosis es una enfermedad de distribución mundial con variabilidad en los datos de prevalencia en el ganado bovino.

Aunque en el presente estudio la proporción que se encontró de animales seropositivos es baja, comparándola con los seronegativos, no quiere decir que la enfermedad sea de poca importancia en el hato ganadero, ya que se tiene que considerar que la enfermedad clínica además de presentarse en animales mayores a 24 meses, también pueden existir animales jóvenes que sean portadores de MAP sin presentar una signología que ayude a diferenciarlos de los animales sanos.



**Tabla 2**

*Diagnóstico general serológico de MAP mediante ELISA IDEXX Screening paratuberculosis*

<b>Diagnóstico</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>( % )</b>	<b>IC 95%</b>
Negativo	391	85.00	81.45- 87.97
Positivo	69	15.00	12.03 - 18.55
<b>Total</b>	<b>460</b>	<b>100.00%</b>	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

Con relación a los resultados serológicos por regiones económicas, se encontró que en la región Frailesca se muestrearon 175 animales y se obtuvieron 154 casos negativos que corresponden al 88% y 21 casos positivos que corresponden al 12%. Mientras que la región Istmo–Costa se muestrearon 190 bovinos, de los cuales 156 resultaron negativos (82.1%) y 34 bovinos como positivos el cual corresponde al 17.9%. Finalmente, para la región Valle Zoque se muestrearon 95 bovinos de los cuales el 85.3 % (81/95) resultaron negativos y el 14.7% (14/85) resultaron positivos (Tabla 3). Por su parte, Guamán (2017), determinó la frecuencia de cuatro regiones de Ecuador, donde el mayor número de animales positivos se encontraba en la región Costa con el 2.05% (49/2391), seguido de la región Sierra con el 1.64% (28/1703), la región Insular con el 1.32% (2/132) y finalmente el Oriente con el 1.00% (8/801), concluyendo que las regiones con mayor inventario bovino manifiestan más presencia de anticuerpos de esta enfermedad. De igual manera, Milián, *et al.* (2015), menciona que la enfermedad se presenta con una alta prevalencia en zonas del país que abarcaban una mayor densidad poblacional bovina por km<sup>2</sup> de extensión territorial. En este sentido, el mayor número de animales se encuentra en la región Istmo–Costa, que se caracteriza por ser una de las regiones con mayor inventario ganadero del estado de Chiapas según reporta el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP,2017); la región Istmo–Costa (Arriaga, Tonalá, Pijijiapan y Mapastepec) cuenta con 304,429 cabezas de ganado bovino a diferencia de la región Frailesca (Villaflora, Villa Corzo y la Concordia) que tiene un total de 276,600 cabezas y para la región Valle Zoque (Ocozocoautla, Jiquipilas y Cintalapa) que tiene un inventario de 73,232 cabezas de ganado bovino.

**Tabla 3**

*Diagnóstico serológico por región de MAP mediante ELISA IDEXX Screening paratuberculosis*

Regiones	Diagnóstico	Frecuencia	%	IC 95%
Frailesca	Negativo	154	88	82.24 - 92.42
	Positivo	21	12	7.58 - 17.76
	Total	175	100%	
Istmo - Costa	Negativo	156	82.11	75.9 - 87.28
	Positivo	34	17.89	12.72 - 24.1
	Total	190	100%	
Valle Zoque	Negativo	81	85.26	76.51 - 91.7
	Positivo	14	14.74	8.3 - 23.49
	Total	95	100%	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los resultados por unidad de producción pecuaria (UPP) se encontraron 40 positivas y 52 negativas, que corresponde al 43.48 y 56.52% respectivamente. Se consideró como UPP positiva aquella que tuviera al menos un animal positivo (Figura 2). Por su parte, Guamán (2017) obtuvo una prevalencia de la enfermedad por UPP del 9.5% (68/716). Sin embargo, al comparar los resultados del presente estudio con aquellos estudios que reportan un resultado de seroprevalencia por hato, el resultado de prevalencia del presente estudio es superior al observado por Waldner, *et al.* (2002), quien encontró una prevalencia intrahato entre 2 y 12.8% mientras que Roussel (2011), observó prevalencia intrahato entre 2 a 12%. En otro estudio de Roussel, *et al.* (2007), detectó prevalencias intrahato en la mayoría de las UPP analizadas entre 23 a 75%. Con relación a las prevalencias por hato encontradas en el presente estudio y en otros que utilizaron como prueba diagnóstica ELISA, se puede observar una variabilidad en las prevalencias, esto debido tal vez a los diferentes valores de sensibilidad y especificidad que tienen los kits de ELISA. También es importante mencionar que, debido a las características del estado, los resultados obtenidos solo muestran una proporción de individuos que presentan la enfermedad en un lugar y tiempo determinado.

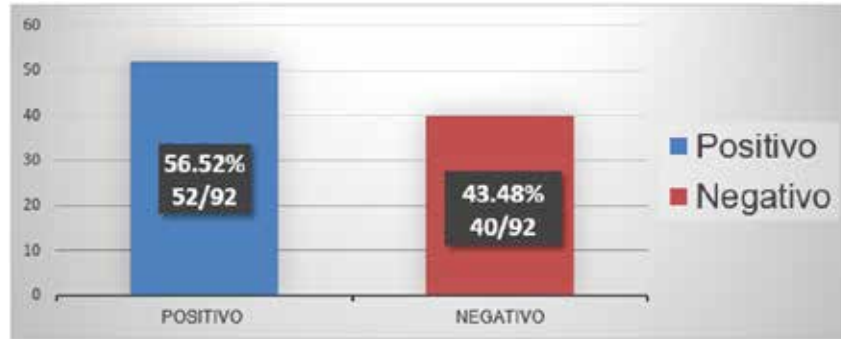


Figura 2. Resultados a nivel de Unidad productiva contra MAP. Fuente: Elaboración propia

Con referencia a los resultados por sexo por animal, se muestrearon 368 vacas de las cuales 55 resultaron positivas (14.9%) y 313 vacas negativas (85.1%) a esta enfermedad. Mientras que de los 92 machos muestreados, 14 resultaron positivos (15.2%) y 78 fueron negativos, (84.8%) (Figura 3). Con relación al sexo de los animales, se observó un mayor número de animales positivos hembras con relación a los machos. Estos datos concuerdan con los estudios realizados por Fadhel, *et al.* (2010) y Vélez, *et al.* (2016) quienes observaron mayor porcentaje de seropositividad en hembras. Los autores indican que la diferencia existente entre hembras y machos se podría deber a un menor número de machos muestreados. Cabe señalar que el sistema de mayor proporción en regiones tropicales es el de doble propósito con el 45% del inventario bovino nacional y de acuerdo con sus características de producción este sistema tiene dos objetivos fundamentales que son la producción de leche y la producción de carne mediante la cría de becerros al destete, que son vendidos a los 6-8 meses de edad y el desecho de bovinos para el suministro de carne, por lo tanto tiene un mayor número de vientres que de sementales (González, 2018).

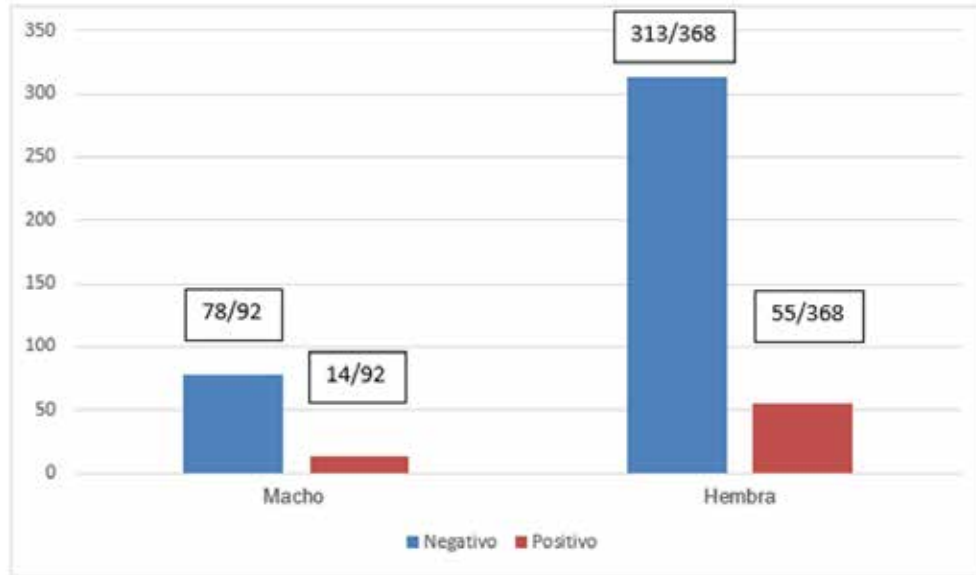


Figura 3. Resultados del diagnóstico de paratuberculosis por sexo. Fuente: Elaboración propia

Con referencia a la técnica de ELISA (IDEXX, 2017), que fue utilizada en el presente trabajo, reporta una sensibilidad del 60-80% y una especificidad de 90-99% por el fabricante, estos datos coinciden con el trabajo de Martínez, *et al.* (2012), quienes obtuvieron una sensibilidad de 79.31% y una especificidad de 82.25% en la estandarización y desarrollo de una ELISA con antígeno protoplasmático obtenido de la cepa MAP 3065. Las pruebas por ELISA son menos costosas y pueden ser aplicadas a muestras de sangre o leche. La habilidad para realizar la prueba ELISA en muestras de leche, que son colectivas, ha llevado a la disponibilidad de grandes números de registros de prueba en el registro de datos lácteos.

Tobergte y Curtis (2013), mencionan que la técnica de ELISA indirecta se considera como el estándar de oro para la determinación de la prevalencia de la enfermedad, debido a la sensibilidad y especificidad para detectar anticuerpos séricos contra el agente. Sin embargo, Sánchez, *et al.* (2009), menciona que este ensayo es considerado como una técnica screening y es útil para el establecimiento de medidas de vigilancia y control dentro de los hatos afectados.

Por lo anterior, debe considerarse que una prueba diagnóstica que pretende ser utilizada como el estándar de oro, debería tener una alta sensibilidad, la cual es la capacidad que tiene una prueba para detectar un caso realmente positivo, si esta prueba tiene baja sensibilidad arrojará un falso positivo con mayor frecuencia. Por lo tanto, la prueba de ELISA-IDEXX 2017, que fue utilizada en el presente trabajo, debería ser utilizada como una prueba de vigilancia y control para los hatos, en virtud de que presenta una sensibilidad del 60-80 %.

### *Resultados de las encuestas*

Con base en los datos obtenidos de las 92 unidades de producción que se encuestaron, de las tres regiones económicas, Frailesca, Istmo-Costa y Valle Zoque, se observó que el principal fin zootécnico de las UPP es el sistema de doble propósito: producción de leche y carne representando el 92.4% (85/92), mientras que el 7.6% de los productores se dedican a la producción de leche. Además, el sistema de producción identificado en todas las UPP encuestadas fue de tipo semi-intensivo con suplementación alimenticia y un programa de medicina preventiva básico. También se identificó que el 100% de las unidades de producción utilizan el agua proveniente de pozos para la alimentación del ganado, limpieza de instalaciones y equipo. En este sentido, Vilaboa, *et al.* (2009), en el estado de Veracruz señalan que el sistema de doble propósito representa más del 77% de las unidades de producción estudiadas. De igual manera, González (2012), encontró que el sistema de explotación en la región Istmo-Costa en Chiapas el 88% de ganado bovino fue de doble propósito. Por lo anterior, existe una amplia evidencia de que en las zonas tropicales normalmente predomina el sistema de explotación del ganado bovino doble propósito.

Conforme a las razas bovinas predominantes en los animales, se observó que el ganado Suiz-Bu (Suizo-Brahman) es la más predominante, seguida por Brahman, Holstein, Gyr-Holstein y en menor número, vacas de la raza Suizo Americano (Tabla 4). Con relación a la raza del ganado, Benavides, *et al.* (2016), encontró que en hatos lecheros la raza Jersey se presentó una mayor seropositividad; sin embargo, la raza en mayor proporción en la población de estudio fue la raza Holstein, no encontrando correlación de los animales enfermos con la variable raza. Por otra parte, Vir Singh, *et al.* (2013), menciona que las diferencias de razas juegan un papel fundamental en la genética de la resistencia a las enfermedades. En este sentido, es importante mencionar que se puede confundir una susceptibilidad racial a la enfermedad con la popularidad de la raza. Por otra parte, la selección de una raza con mayor susceptibilidad a enfermedades en el trópico puede ser una herramienta fundamental para el control de la paratuberculosis en el estado.

**Tabla 4**  
*Distribución de las razas bovinas por región económica*

<b>Regiones</b>	<b>Raza</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>( % )</b>	<b>IC 95%</b>
Frailesca	Brahman	7	36.84	16.29 - 61.64
	Gyr-Holstein	1	5.26	0.13 - 26.03
	Suizo	1	5.26	0.13 - 26.03
	Suizo- Brahman	10	52.63	28.86 - 75.5
	<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>	
Istmo - Costa	Brahman	17	50.00	32.43 - 67.57
	Gyr-Holstein	1	2.94	0.07 - 15.33
	Suizo	3	8.82	1.86 - 23.68
	Suizo- Brahman	13	38.2	22.17 - 56.44
	<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>100%</b>	
Valle Zoque	Brahman	5	38.46	13.86 - 68.42
	Suizo- Brahman	8	61.54	31.58 - 86.14
	<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

Una de las características importantes para la transmisión de MAP hacia animales susceptibles es la acumulación de heces en el piso del corral de manejo. En este sentido, se observó que en la mayoría de los corrales de manejo el piso fue de tierra 83.7% (77/92) y solamente el 16.3% (15/92) tienen piso de cemento (piso firme).

En la región Frailesca se encontró un 20 % de UPP con corrales de piso de cemento y el 80% con piso de tierra. Para la región Istmo–Costa se identificó un 10.5% de corrales con piso de cemento y el porcentaje restante corresponde a piso de tierra. Finalmente, para la región Valle Zoque se identificó un 5.3% de corrales de cemento y un 94.7% de corrales de tierra. Como se observa, el piso que tiene una mayor frecuencia entre las tres regiones económicas corresponde al piso de tierra (Tabla 5).

**Tabla 5**  
*Tipos de corrales de manejo en las unidades de producción del estado de Chiapas*

Regiones	Corrales de cemento o tierra	Frecuencia	( % )	IC 95%
Frailesca	Cemento	7	20	8.44 - 36.94
	Tierra	28	80	63.06 - 91.56
	TOTAL	35	100 %	
Istmo - Costa	Cemento	4	10.53	2.94 - 24.8
	Tierra	34	89.47	75.2 - 97.06
	TOTAL	38	100 %	
Valle Zoque	Cemento	1	5.2	0.13 - 26.03
	Tierra	18	94.74	73.97 - 99.87
	TOTAL	19	100 %	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

Otro rubro importante para mencionar es la limpieza y desinfección de corrales, donde el 85.7% (30/35) de los productores de la región Frailesca no limpian los corrales y un 14.3% (5/35) sí limpian los residuos de los animales. Para la región Istmo–Costa el 100% (38/38) no limpian los corrales. Finalmente, para la región Valle Zoque el 73.7% (14/19) no recurren a la limpieza de sus corrales y un 26.3% (5/19) realizan la limpieza de los corrales de manejo (Tabla 6).

**Tabla 6**  
*Limpieza de corrales en las tres regiones del estado de Chiapas*

Regiones	Limpieza de corrales	Frecuencia	( % )	IC 95%
Frailesca	no	30	85.71	69.74 - 95.19
	si	5	14.29	4.81 - 30.26
	TOTAL	35	100%	
Istmo - Costa	no	38	100	90.75 – 100
	TOTAL	38	100%	
Valle Zoque	no	14	73.68	48.8 - 90.85
	si	5	26.32	9.15 - 51.2
	TOTAL	19	100%	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, una de las prácticas que se debe hacer en todas las unidades de producción es la de limpieza de comederos y bebederos, lo cual es un factor importante para que no se disemine MAP. En el presente estudio se observó que en las tres regiones que no realizan limpieza a los comederos y bebederos en la Frailesca, Istmo–Costa y Valle Zoque fue de 62.8, 63.2 y 52.6% respectivamente. Sin lugar a dudas, este es un factor de riesgo para la diseminación de la enfermedad (ver Tabla 7).

**Tabla 7**  
*Limpieza de comederos y bebederos*

Regiones	Limpieza de comederos y bebederos	Frecuencia	( % )	IC 95%
Frailesca	no	22	62.86	44.92 - 78.53
	si	13	37.14	21.47 - 55.08
	<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>100 %</b>	
Istmo - Costa	no	24	63.16	45.99 - 78.19
	si	14	36.84	21.81 - 54.01
	<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>100 %</b>	
Valle Zoque	no	10	52.63	28.86 - 75.55
	si	9	47.37	24.45 - 71.14
	<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>100 %</b>	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, se ha descrito que la transmisión de MAP tiene como ruta principal la vía fecal–oral (Yayo, *et al.*, 2001) por lo que las condiciones sanitarias que se tengan en una unidad productiva son de gran interés para que se establezca o no la enfermedad. Por lo tanto, los resultados que se muestran acerca del manejo sanitario de los corrales (limpieza en corrales y el tipo de piso) en este estudio, son importantes, debido a que MAP puede estar presente en los bebederos y comederos a los que no se les da una limpieza adecuada, sin dejar de mencionar que los corrales, al tener piso de tierra, son más propensos a que MAP permanezca más tiempo en el piso por las condiciones de humedad y temperatura. Por lo anterior, MAP puede persistir en la tierra y agua contaminada con heces de animales infectados. Existen estudios que mencionan que esta micobacteria es capaz de sobrevivir en las heces de los bovinos infectados durante 152–246 días y que el periodo de sobrevivencia de MAP depende de las condiciones ambientales como la congelación, sequía, exposición a la luz solar, cambios en la temperatura ambiental y lluvia. Por otra parte, Whittington, *et al.* (2000), han descrito



que MAP es capaz de sobrevivir hasta 280 días en charcos. De manera que puede permanecer viable en el ambiente por varios meses, lo que sin duda es un factor determinante para la diseminación de la infección.

Otro punto importante es el número de bacilos viables eliminados en heces de animales infectados. Whitlock, *et al.* (2000), mencionan que la dosis eliminada de MAP es de  $10^6$ – $10^8$  UFC/g y se ha establecido que la dosis infectiva es aproximadamente de  $10^3$  bacilos. De acuerdo con esto, una mínima contaminación fecal del ambiente es suficiente para producir la infección de los animales susceptibles.

Con relación a la epidemiología de la enfermedad, Greig, *et al.* (1999), han señalado que algunos de estos hospedadores silvestres, como los conejos, podrían jugar un papel importante en la transmisión de la infección a los rumiantes domésticos en algunas regiones, ya que pueden liberar en sus heces millones de MAP/hectárea y los rumiantes domésticos contagiarse cuando pastan o comen alimentos contaminados con MAP. Además, otra de las posibles vías de infección que se ha considerado es la depredación en el caso de los carnívoros. Greig, *et al.* (1997 y 1999) describen que el porcentaje del aislamiento de MAP en los depredadores es de un 62%, en comparación con el 10% de aislamiento de *M. avium* paratuberculosis en las presas. Asimismo, Stevenson, *et al.* (2009), realizaron mediante técnicas moleculares la identificación de los mismos genotipos de MAP entre los diferentes hospedadores silvestres y domésticos que convivían en el mismo hábitat, apoyando la teoría de transmisión interespecie. Esto quiere decir que los animales salvajes tienen un papel importante en la epidemiología de la paratuberculosis bovina.

Con respecto a lo anterior, se puede decir que la construcción de un corral con piso de cemento es de mayor costo para los productores, por lo que optan por tener un piso de tierra. Sin embargo, el nivel socioeconómico de una UPP no debe justificar la poca o nula limpieza y desinfección de un corral con piso de tierra o de cemento, así como los bebederos y comederos, ya que la vía de transmisión frecuente para MAP en animales bovinos es la fecal-oral.

En cuanto a la desparasitación interna de los animales, se observó que el 100 % de los productores desparasitan a todos sus animales (Tabla 8). Una desparasitación adecuada consta de 2 aplicaciones por año, es decir cada 6 meses como mínimo. Debido a que las condiciones de los productores, y su economía, varía entre cada seis meses y cada año, se encontró que la región Frailesca desparasita internamente a los animales con un 71.4% (25/35) cada año y un 28.6% (10/35) cada seis meses. Para la región Istmo–Costa se observó que un 76.32% (29/38) cada seis meses y con un 23.7% (9/38) desparasita cada año. Finalmente, la región en la región Valle Zoque doce productores (63.2%) desparasita a sus animales cada seis meses y siete productores (36.8%) los desparasitan cada año. Es importante mencionar

que una de las prácticas profilácticas comunes que se hace en cualquier unidad de producción bovina es la desparasitación interna. Sin embargo, los signos clínicos de PTB son muy parecidos a los de una parasitosis, por lo que el productor o Médico Veterinario puede dar un tratamiento erróneo sin antes contar con el diagnóstico adecuado.

**Tabla 8**

*Desparasitación de los animales de las tres regiones del estado de Chiapas*

Regiones	Desparasitación interna	Frecuencia	( % )	IC 95%
Frailesca, Itsmo - Costa y Valle Zoque	Si	92	100	90 – 100
<b>Con que frecuencia desparasitan</b>		<b>Frecuencia</b>	<b>( % )</b>	<b>IC 95%</b>
Frailesca	año	25	71.43	53.7 - 85.36
	seis meses	10	28.57	14.64 - 46.3
	<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>100%</b>	
Itsmo - Costa	año	9	23.68	11.44 - 40.24
	seis meses	29	76.32	59.76 - 88.56
	<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>100%</b>	
Valle Zoque	año	7	36.84	16.29 - 61.64
	seis meses	12	63.16	38.36 - 83.71
	<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>	

IC= Intervalo de confianza

Fuente: Elaboración propia

*Características relacionadas con la presencia de MAP en las unidades de producción y su posible transmisión*

Se realizó una serie de preguntas a los productores pecuarios, para conocer la presencia de signos sugerentes de MAP dentro de sus unidades de producción. En cuanto a la signología en bovinos, el 16.7% de los productores declararon haber tenido problemas con edema submandibular y decaimiento en vacas adultas y el 56.5% animales que sufren diarreas y que son tratados con desparasitantes o antibióticos y no se recuperan dentro de sus UPP; el 36.8% de los productores declaró haber tenido pérdida progresiva de peso en bovinos enfermos y un 6.5% de los productores han tenido vacas con pelo hirsuto y debilidad (Tabla 9).

En este sentido, Martínez, *et al.* (2012), describen que los signos que se observan son: diarrea al principio intermitente y más tarde permanente, pérdida

de la condición corporal, aunque el apetito se mantiene, disminución de la producción láctea y edema submandibular y ventral causado por hipoproteïnemia. Asimismo, Whitlock y Buergelt (1996), mencionan que los signos clínicos de la enfermedad son poco evidentes, a veces variables, y están asociados principalmente a los diferentes estadios de la enfermedad. En este caso, los signos clínicos que los productores mencionaron haber presentado en esta investigación corresponden a una fase clínica avanzada. En esta fase los animales son sacrificados debido a la reducción en la producción lechera y a la pérdida de peso vivo, aunque en ocasiones algunos animales mueren por la deshidratación severa y la caquexia. Se estima que por cada caso clínico hay 25 casos subclínicos; de ahí la importancia de contar con pruebas de diagnóstico que puedan detectar a tiempo a los animales infectados para evitar pérdidas económicas dentro de la UPP.

**Tabla 9**

*Presencia de signos clínicos en hatos observados por los productores dentro de las unidades de producción pecuaria*

<b>Bovinos con problemas con edema submandibular y tristeza</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>(%)</b>
Edema Submandibular, Tristeza	(11/92)	16.68
Nada	(81/92)	83.33
<b>Bovinos que sufren diarreas, son tratados con desparasitantes o antibióticos y no se recuperan</b>		
Diarreas tratadas	(52/92)	56.52
Nada	(40/92)	43.48
<b>Pérdida progresiva de peso en bovinos enfermos</b>		
Si	(37/92)	36.80
No	(55/92)	59.78
<b>Bovinos con pelo hirsuto y debilidad</b>		
Si	(25/92)	27.17
No	(67/92)	72.82

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el 84% de los productores señalan que el ganado bovino que poseen fue comprado y nacido en su unidad de producción pecuaria. El 43.5% de los productores introducen principalmente sementales, ya sea comprados o prestados de las UPP vecinas y en menor medida (18.5%) hembras de reemplazo. De los bovinos introducidos, el 13% de los productores adquieren bovinos dentro de su misma comunidad, 21.7% de su mismo

municipio, 58.7% de un municipio diferente, pero en el mismo estado (Tabla 10) y solamente el 6.5% de los productores fuera del estado de Chiapas.

Por lo anterior, el propósito de la introducción de machos y hembras en un sistema de doble propósito se realiza con fines reproductivos, ya que son utilizados como reemplazos de sementales y vientres. Lo que concuerda con González (2018), quien describe que una de las características del sistema de producción de doble propósito es la cría de becerros al destete y el desecho de bovinos para el suministro de carne, algunas becerras son seleccionadas para los futuros reemplazos de vientres y muy pocas hembras bovinas se adquieren de manera externa. En este caso, el futuro semental se obtiene fuera de la UPP, para evitar la consanguinidad dentro del hato.

**Tabla 10**

*Origen de los bovinos de las unidades de producción pecuaria*

<b>Características</b>		
<b>Origen de los Bovinos</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Solo son nacidas en su rancho	(15/92)	16.31
Compradas o llegadas de otro lugar	(0/92)	0
Hay nacidas en su rancho y también compradas	(77/92)	83.69
<b>Tipos de bovinos introducidos</b>		
Sementales	(40/92)	43.48
Hembras	(17/92)	18.48
Sementales y Hembras	(35/92)	38.04
<b>Donde los compró o cuál es su procedencia</b>		
Misma comunidad	(12/92)	13.04
Mismo municipio	(20/92)	21.74
Otro municipio del mismo estado	(54/92)	58.69
Otro estado	(06/92)	6.52

Fuente: Elaboración propia

Con relación al desecho del semental en las unidades productivas, el 73.9% de los productores declaró que cambia el semental cada tres años, el 9.8% cada cinco años y el 16.3% nunca lo ha cambiado. El 76% de los productores presta o pide prestado el semental (Tabla 11). Los sementales viejos pueden ser un factor de riesgo para muchas enfermedades infecciosas dentro del hato. Una de las maneras en las que se puede transmitir PTB es por el préstamo de sementales infectados utilizados para monta natural, lo cual representa una práctica muy común dentro de las UPP de doble propósito, ya que este

animal puede estar eliminando la microbacteria a través de las heces durante el tiempo en el que fue prestado y considerar también las condiciones sanitarias de las instalaciones.

Por otra parte, Roussel (2011), señala que las prácticas de manejo de los terneros es la mayor diferencia entre ganado bovino productor de carne y bovino productor de leche al momento de considerar la transmisión y el control de paratuberculosis. El ternero de leche es separado de la madre dentro de las primeras 24 h. de nacido, mientras que los terneros de carne permanecen con las madres de 5 a 6 meses de edad. Por su parte, González (2018), menciona que el sistema de doble propósito es mediante la cría de becerros al destete que son vendidos a los 6-8 meses de edad. Esto quiere decir que la exposición de los becerros al estiércol de animales adultos es mucho mayor en las explotaciones de carne y de doble propósito que en las explotaciones de leche, esto debido a la convivencia estrecha entre jóvenes y adultos.

**Tabla 11**

*Características que favorecen la transmisión de MAP*

<b>Características</b>		
<b>A qué edad desteta a los terneros de las madres</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>(%)</b>
A los siete meses	(54/92)	58.69
Al Año	(27/92)	29.34
No los separa	(11/92)	11.95
<b>Cada cuando cambia de semental</b>		
Cada tres años	(68/92)	73.91
Cada cinco años	(09/92)	9.78
Nunca lo cambia	(15/92)	16.31
<b>Presta o pide prestado el semental</b>		
Si	(70/92)	76.08
No	(10/92)	10.86
A veces	(12/92)	13.04

Fuente: Elaboración propia

Con base en el análisis de las prácticas de manejo de este estudio, se encontró un riesgo relativo (RR) de 0.19 a 0.30 para estos factores ( $P < 0.05$ ). Esto implica que existe una probabilidad significativa de manifestarse la enfermedad si estos factores están presentes en la unidad de producción pecuaria. Por lo tanto, Nuñez, *et al.* (2006), detectaron que las prácticas de manejo de mayor impacto fueron las malas condiciones micro ambientales, cuidados del ternero recién nacido y en crecimiento, manejo de animales preñados, las prácticas de manejo y eliminación del estiércol. En este trabajo se detectó

que el mayor factor de riesgo es la limpieza de bebederos y comederos sucios, corrales con piso de tierra, limpieza de corrales, edad de destete de los terneros, tiempo de cambio de semental y préstamo de semental; en virtud, que es una fuente de contagio permanente y el 90 % de los productores limpia los corrales dos veces al año y 86% de ellos tiene instalaciones de tierra (Tabla 12), (Pérez-Rivero, *et al.*, 2017). No obstante, en la Tabla 13, se observan los resultados por regiones económicas de los riesgos relativos para la enfermedad de MAP. Al respecto, se encontró un riesgo relativo de 0.20, 0.23, y 0.27, mientras que los valores calculados del intervalo de confianza (95%) fue de 0.13 – 0.30, 0.14 – 0.39 y de 0.10 – 0.37 para las regiones Frailesca, Valle Zoque s Istmo-Costa respectivamente.

**Tabla 12**

*Cálculo del riesgo relativo*

	POSITIVO	NEGATIVO	
EXPUESTO	a	b	a+b
NO EXPUESTO	c	d	c+d
	a+c	b+d	a+b+c+d

$$\text{RIESGO RELATIVO} = \frac{\text{Incidencia de los expuestos}}{\text{Incidencia de los no expuestos}} = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde **a**=expuestos al factor de riesgo que durante el seguimiento enfermaron; **b**= expuestos al factor de riesgo que durante el seguimiento no enfermaron; **c**= no expuestos al factor de riesgo que durante el seguimiento enfermaron; **d**= no expuestos al factor de riesgo que durante el seguimiento no enfermaron; **a+c**= total de sujetos que durante el seguimiento enfermaron (casos); **a+b**= total de sujetos expuestos al factor de riesgo; **c+d**= total de sujetos no expuestos al factor de riesgo.

Para evaluar la significancia estadística se empleó la prueba estadística de Ji Cuadrada para determinar si son homogéneas o no las proporciones de la enfermedad. Por lo tanto, el valor calculado para Ji Cuadrada en el presente estudio fue de 33.96, hay una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la proporción de la enfermedad con respecto a la exposición al factor de riesgo.

**Tabla 13***Cálculo de riesgo e intervalo de confianza de MAP de las tres regiones*

<b>Regiones</b>	<b>(RR)</b>	<b>IC 95%</b>	<b>X<sup>2</sup></b>
<b>Frailesca</b>	0.20	0.13 - 0.30	5.67
<b>Valle Zoque</b>	0.23	0.14 - 0.39	1.61
<b>Istmo-Costa</b>	0.27	0.19 - 0.37	10.37

IC= Intervalo de confianza, X<sup>2</sup>= Ji Cuadrada, RR= Riesgo Relativo

Fuente: Elaboración propia

### CONCLUSIONES

Se confirma la infección por MAP en bovinos en las tres regiones económicas del estado de Chiapas: Frailesca, Istmo-Costa y Valle Zoque. Se encontró que las prácticas de manejo de mayor impacto son limpieza de bebederos y comederos sucios, corrales con piso de tierra, limpieza de corrales, edad de destete de los terneros, tiempo de cambio de semental y préstamo de semental.

La técnica de ELISA (IDEXX, 2017) que fue utilizada en el presente trabajo, presentó una sensibilidad del 60-80% y una especificidad de 90-99%. Este tipo de pruebas son menos costosas y pueden ser aplicadas a muestras de sangre o leche. Esta técnica es ideal para la identificación de animales que se encuentren en estado subclínico de la enfermedad y se considera como una técnica Screening y es útil para el establecimiento de medidas de vigilancia y control dentro de los hatos afectados.

Finalmente, derivado de la encuesta a los productores, se pudieron identificar conductas de riesgo que permiten establecer hipótesis que en subsecuentes estudios se deberán de explorar a fondo en estudios multidisciplinarios para poder establecer estrategias de prevención y control de esta enfermedad.

Es importante tomar medidas de bioseguridad contra esta enfermedad a nivel nacional e internacional, por esto urge la creación de la campaña nacional contra la paratuberculosis. En este sentido, se requieren de pruebas diagnósticas sensibles y específicas a un buen precio para lograr la detección y posterior eliminación de los casos clínicos y subclínicos de las UP, para que, de esta manera, se reduzca la exposición de los animales jóvenes que son los más susceptibles a infectarse con MAP.

## REFERENCIAS

- Benavides, B., Arteaga, A. y Montezuma, C.** (2016). Estudio epidemiológico de paratuberculosis bovina en hatos lecheros del sur de Nariño, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*. 31, 57–66.
- Castellanos, R. E.** (2010). *Caracterización molecular de aislados de Mycobacterium avium subespecie paratuberculosis. Mapa epidemiológico en España*. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense. Madrid- España.
- Correa, V. N., Ramírez V. N. y Fernández S. J.** (2015). *Diagnóstico de la Paratuberculosis bovina*. Revisión. *ACOVEZ*.44:1 12-16
- Crossley, B., Zagmutt-Vergara, F., Fyock, T., Whitlock, R. y Gardner, I.** (2005). Fecal shedding of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis by dairy cows. *Veterinary Microbiology*, 107(3–4), 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.01.017>.
- Fadhel, H., Zaghawa, A. y Al-Naeem, A.** (2010). Brucelosis en países de bajos y medianos ingresos. *Pakistan Veterinary Journal. Animals*, 8318(2), 85–92. <https://doi.org/10.1097/QCO.ob013e3283638104>
- Greig, A., Stevenson, K., Perez, V., Pirie, A. A., Grant, J. M., y Sharp, J.M.** (1997). Paratuberculosis in wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet Rec* 140: 141-143.
- Greig, A., Stevenson, K., Henderson, D., Perez, V., Hughes, V., y Pavlik, I.** (1999). Epidemiological study of paratuberculosis in wild rabbits in Scotland. *J Clin Microbiol* 37: 1746-1751.
- González, G. M.** (2012). *Caracterización de los sistemas de producción de leche en la region Istmo-Costa del estado de Chiapas*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria, UNACH.
- González, G. M.** (2018). *Determinación de Brucella abortus en leche y quesos frescos artesanales y sus implicaciones en salud pública en el municipio de Pijijiapan, Chiapas. Diagnóstico de situación*. Maestría en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Guamán, T. R.** (2017). *Determinación de la prevalencia de paratuberculosis en bovinos entre 12 y 24 meses de edad en Ecuador*. Universidad Central del Ecuador Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** (2013). Informe de actividades Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jaramillo, A. C. y Martínez, M. J.** (2010). *Epidemiología Veterinaria*. Ed. Manual Moderno, México DF.
- Manning, E. J. and Collins, M. T.** (2001). Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis: pathogen, pathogenesis and diagnosis. *Rev. Sci. Tech.*; 20:133-150.
- Martínez, C. A., Santillán, F. M., Guzmán R. C. C., Favila, H. L., Córdova, L. D., Díaz, A.E., Hernández, A. y Blanco, M. A.** (2012). Desarrollo de



- un inmuno-ensayo enzimático (ELISA) para el diagnóstico de paratuberculosis en bovinos. *Rev Mex Cienc Pec.* 3(1):1-18.
- Milian, S. F., Santillan, F. M., Zendejas, M. H., García, C. L., Hernández, A. L. y Canto, G. (2015).** Prevalence and associated risk factors for *Mycobacterium avium* subs paratuberculosis in dairy cattle in México. *J. Vet. Med. And Anim. Health.* 7: 302-307
- Núñez, A. (2006).** *Paratuberculosis bovina en Ganado Lechero en la Cuenca Sur del país.* Tesis Maestría. Posgrado Facultad Veterinaria Montevideo, Uruguay. 1-40.
- Ocepek, M., Krt, B., Pate, M. y Pogacnik, M. (2002)** Seroprevalence of paratuberculosis in Slovenia between 1999 and 2001. *Slov.Vet.Res* 39: 179-185.
- Pérez-Rivero, J., Barragán, H. E., Lozada G. A., Miranda, C. K, Torres, M. X., Ladrón de Guevara, A. O. y Marvel, M. G. (2017).** *Entendiendo la epidemiología. Principios básicos y su aplicación en ciencias veterinarias.* Universidad Autónoma Metropolitana. Cd. de México
- Roussel, A.J. (2011).** Control of paratuberculosis in Beef Cattle. *Vet Clin North AM. Food Anim. Pract.* 27: 3. 593–598.
- Roussel, A., Fosgate, G., Manning, E., y Collins, M. (2007).** Association of fecal shedding of mycobacteria with high ELISA-determined seroprevalence for paratuberculosis in beef herds. *JAVMA.* 230 (6):1-2.
- Roussel, A., Libar, M.C., Whitlock, R. L., Hairgrove, T. B., Arling, K. S. y Thompson, J. A. (2005).** Prevalence of and risk factors for paratuberculosis in purebred beef cattle. *JAVMA.* 226 (5):773–778.
- Sánchez, A. N., Becerra, L., Faria, N., Montero, M., Oviedo, A. y Boscán, J. (2009).** Infección por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* en un Rebaño Criollo Limonero. *Revista Científica FCV-LUZ, XIX,* 555–565.
- Sevilla, A. I. (2007).** *Caracterización molecular detección y resistencia de Mycobacterium avium sub. paratuberculosis.* Tesis de Doctorado. Universidad del país Vasco.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). (2017).** *Inventario de bovinos.*
- Stevenson, K., Álvarez, J., Bakker, D., Biet, F., De Juan, L., Denham, S., Dimarelli, Z., Dohmann, K., Gerlach, G. F., Heron, L., Kopecna, M., May, L., Pavlik, L., Sharp, J. M., Thibault, V. C., Willemsen, P., Zadocks, R. N. y Greig, A. (2009).** Occurrence of *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis across host species and European countries with evidence for transmission between wildlife and domestic ruminants. *BMC. Microbiol.* 7: 9: 212.
- Tobergte, D. R. y Curtis, S. (2013).** *Paratuberculosis (enfermedad de Johne).* *Manual Terrestre de La OIE 2014,* 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Vélez, M., Rendón, Y., Valencia, A., Ramírez, N. y Fernández, J. (2016).** *Seroprevalencia de Mycobacterium avium Subs paratuberculosis ( MAP ) en una granja de ganado de carne de bosque húmedo tropical en Caucasia, Antioquia , Colombia.* 8(2). 167–176.
- Vilaboa, J., Díaz, P., Ruíz, O., Platas, D., González, S. y Juárez, F. (2009).** Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la region Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystem.*10: 53-62.
- Vir Singh, S., Dhama, K., Chaubey, K. K.; Kumar, N., Singh, P. K., Sohal, J. S., Gupta, S., Vir, Singh-A., Verma, A.K., Tiwari, R., Mahima, C. S. y Deb, R. (2013).** Impact of host genetics on susceptibility and resistance to *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* infection in domestic ruminants. *Pak J. Biol. Sci.* 16 (6):251-66.
- Waldner, Ch., Cunningham, G., Janzen, E. y Campbell, J. (2002).** Survey of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* serological tatus in beef herds on community pastures in Saskatchewan. *Canadian Veterinary Journal.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12125186/>
- Whitlock, R. H. y Buergelt, C. (1996).** Preclinical and clinical manifestations of paratuberculosis (including pathology). *Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract.* 12: 345-356.
- Whitlock, R. H., Wells, S. J., Sweney, R. W. y Van Tiem, J. (2000).** ELISA and faecal culture for sensitive and economic detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* infection in flocks of sheep. *J. Clin. Anim. Pract.* 12, 345-356.
- Whittington, R. J., Fell, S., Walker, D., McAllister, S., Marsh, I., Sergeant, E., Taragel, C. A., Marshall, D. J. y Links, I. J. (2000).** Use of pooled fecal culture for sensitive and economic detection of *mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* infection in flocks of sheep. *J. Clin. Microbiol.* 38: 2550-2556.
- Yayo, W., Macháckova, M. y Pavlik I. (2001).**The transmission and impact of paratuberculosis infection in domestic and wild ruminants. *Vet. Med.* 46:205-224.

# Control *in vitro* de antracnosis (*colletotrichum gloeosporioides*) aislado de *annona muricata* l. con extractos vegetales

*In vitro* control of anthracnosis (*colletotrichum gloeosporioides*)  
isolated from *annona muricata* l. with vegetable extracts

—

Diana Acely Aguilar Pérez<sup>1</sup>  
dianaacely@gmail.com • ORCID: 0000-0002-0471-5025

Sandra Isabel Ramírez González<sup>2</sup>  
sanirg@yahoo.com • ORCID: 0000-0002-1563-1521

Orlando López Báez<sup>1</sup>  
olopez@unach.mx • ORCID: 0000-0003-4200-4547

Judith Prieto Méndez<sup>2</sup>  
jprieto@uaeh.edu.mx • ORCID: 0000-0001-5705-1704

1 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO.

2 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, MÉXICO.



Para citar este artículo:

Aguilar Pérez, D. A., Ramírez González, S. I., López Báez, O., & Prieto Méndez, J. (2022). Control *in vitro* de antracnosis (*colletotrichum gloeosporioides*) aislado de *annona muricata l.* con extractos vegetales. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a02>

## RESUMEN

La *Colletotrichum gloeosporioides*, es una enfermedad de gran importancia en el cultivo de guanábana ya que puede llegar a provocar grandes pérdidas productivas al estar presente en todas las etapas fenológicas del cultivo; como una alternativa al uso de productos de síntesis química para su control, se investigó el efecto *in vitro* de ocho extractos en forma de hidrolato obtenidos a partir de *Bougainvillea spp.*, *Hibiscus sabdariffa L.*, *Mangifera indica L.*, *Carica papaya L.*, *Pimenta dioica L.* y *Psidium guajava L.*, utilizando la técnica de medios envenenados. En la primera etapa se evaluaron los hidrolatos al 50% de concentración V/V, aquellos que lograron la total inhibición del patógeno se les determinó su concentración mínima inhibitoria (CMI), se cuantificó el crecimiento diario del diámetro radial del patógeno, así como el número de conidias totales y germinadas. Los resultados muestran que todas las plantas evaluadas poseen compuestos con capacidad fungistática sobre *C. gloeosporioides* al probarlas *in vitro*; en la primera etapa *P. dioica L.*, *D. ambrosioides L.*, *M. indica L.* y *Bougainvillea spp.* inhibieron el desarrollo total del patógeno, mientras que *H. sabdariffa L.* y *P. guajava L.* mostraron una inhibición menor en el crecimiento micelial; sin embargo evidenciaron alta capacidad antiesporulante (99.45% y 83.33% respectivamente); por otra parte, *C. papaya* mostró baja inhibición tanto en esporulación como en el crecimiento del micelio. En la segunda etapa únicamente *P. dioica L.* inhibió el desarrollo de *C. gloeosporioides*, con la CMI más baja (40%), los demás tratamientos no inhibieron el crecimiento micelial, pero todos mostraron capacidad antiesporulante según la prueba Tukey. El hidrolato de *P. dioica L.* mostró la menor CMI con 40% (V/V), mientras que para los hidrolatos de *D. ambrosioides L.*, *Bougainvillea spp.* (hoja, flor y bráctea) y *M. indica L.* la CMI fue de 50% (V/V) sobre *C. gloeosporioides*.

### Palabras clave:

*colletotrichum gloeosporioides*; hidrolatos; metabolitos secundarios; antracnosis; guanábana; inhibición.

## — Abstract—

*Colletotrichum gloeosporioides*, is a disease of great importance in soursop cultivation since it can cause large production losses by being present in all phenological stages of the crop, as an alternative to the use of chemical synthesis products for its control, it was investigated the in vitro effect of eight extracts in hydrolate form obtained from *Bougainvillea spp.*, *Hibiscus sabdariffa L.*, *Mangifera indica L.*, *Carica papaya L.*, *Pimenta dioica L.* and *Psidium guajava L.*, using the poisoned media technique. In the first stage, the hydrolates were evaluated at 50% concentration V/V, those that achieved total inhibition of the pathogen were evaluated again to calculate their minimum inhibitory concentration (MIC), the daily growth of the radial diameter of the pathogen as well as the number of total and germinated conidia. The results show that all the evaluated plants have compounds with fungistatic capacity on *C. gloeosporioides* when tested in vitro; in the first stage *P. dioica L.*, *D. ambrosioides L.*, *M. indica L.* and *Bougainvillea spp.* inhibited the total development of the pathogen, while *H. sabdariffa L.* and *P. guajava L.* showed a minor inhibition in mycelial growth; however, they showed high antispore capacity (99.45% and 83.33% respectively); on the other hand, *C. papaya* showed low inhibition in both sporulation and mycelial growth. In the second stage, only *P. dioica L.* inhibited the total development of *C. gloeosporioides*, for which it achieved the lowest MIC with 40%, the other treatments failed to inhibit mycelial growth but all showed antispore capacity according to the comparison test Stocking by Tukey. The *P. dioica L.* hydrolate showed the lowest minimum inhibitory concentration with 40% (V/V), while for the hydrolates the *D. ambrosioides L.*, *Bougainvillea spp.* (leaf, flower and bract) and *M. indica L.* the minimum inhibitory concentration was 50% (V/V) on *C. gloeosporioides*.

**Keywords:**

*Colletotrichum gloeosporioides*; hydrolates; secondary metabolites; anthracnose; soursop; inhibition.

La guanábana, *Annona muricata* L., es la especie de mayor importancia en la familia Annonaceae, es un cultivo con gran potencial económico, siendo demandado en la agroindustria, la industria de la perfumería e incluso de la farmacología, aprovechando no solo el fruto sino también las hojas y las semillas (Vit, *et al.*, 2014., León-Hernández, *et al.*, 2019). México tiene las características climáticas que le permiten ser el país con mayor superficie productiva a nivel mundial (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - INIFAP, 2015; Reyes-Montero, *et al.*, 2018); no obstante, la escasa investigación agronómica en torno a las problemáticas en la producción del cultivo representan un obstáculo para el desarrollo de los productores, principalmente de los pequeños y de aquellos que realizan producción orgánica. Dentro de los problemas productivos que enfrenta este cultivo, se encuentra la Antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, problema fitosanitario que causa grandes pérdidas económicas (Anaya-Dyck, *et al.*, 2021).

*C. gloeosporioides* se caracteriza por una notable capacidad infectiva, llegando a causar bastantes pérdidas tanto en producción del cultivo como en poscosecha, (Landeró-Valenzuela, *et al.*, 2016; Betancourt, 2019), infectando plántulas y plantas adultas atacando las flores, ramas, tallos, hojas y frutos (Sáyago y Álvarez, 2018), llegando a causar lesiones de color café oscuro a negras, caída de flores, frutos y hojas (Hernández y López, 2018).

El control tradicional de esta enfermedad consiste en prácticas de labores culturales así como aspersiones de productos de síntesis química; sin embargo, estos productos se han usado de manera irracional y en muchos casos, errática, lo que consecuentemente ha generado problemas sanitarios y de salud humana; además de un grave desequilibrio ecológico favoreciendo el surgimiento de plagas y enfermedades más agresivas y resistentes a ciertas sustancias que se usan tradicionalmente para su control (Gordillo, 2019).

Debido a lo anterior, suele mencionarse a la agricultura como uno de los factores que ha contribuido en gran medida a la contaminación ambiental y al cambio climático, por lo que es necesario cambiar el modelo de producción agrícola actual a un modelo de producción sustentable que permita asegurar la armonía ecológica de los agroecosistemas.

Por otra parte, tanto la producción como el consumo de guanábana ha aumentado en los últimos años a nivel nacional (Terán-Erazo, *et al.*, 2019), lo que presenta una necesidad de investigación encaminada a la generación de estrategias que permitan la incorporación del cultivo de guanábana a un sistema sustentable. Una alternativa interesante para contribuir con ello es el uso de extractos vegetales sustituyendo el uso de productos sintéticos para el manejo de problemas fitosanitarios.

Investigaciones anteriores han evidenciado las ventajas y el éxito en el uso de extractos vegetales sobre diferentes microorganismos e incluso sobre

insectos. En este marco, extractos de *Bougainvillea spp.* han sido probados sobre *Botrytis cinerea* (Santiago, *et al.*, 2019) y *C. gloeosporioides* (Hernández, 2004), obteniendo resultados inhibitorios. Por otro lado *D. ambrosioides* L. ha mostrado tener efecto positivo sobre diversos hongos fitopatógenos (Cabrera, *et al.*, 2016; Montes-Belmont y Carvajal, 1997; Rivera-Castañeda, *et al.*, 2001; Vásquez, *et al.*, 2014;) e incluso sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Chávez, 2019).

Otra de las especies vegetales que ha reportado propiedades antifúngicas es *H. sabdariffa* L. cuyo extracto logró un efecto inhibitorio total frente a *Alternaria solani* (Goussou, *et al.*, 2010). Por otro lado, extractos de *P. dioica* L. han sido probados con éxito sobre diferentes patógenos fúngicos (Aguilar, *et al.*, 2019; Arcos-Méndez, *et al.*, 2019; Ramírez-González, *et al.*, 2007). La capacidad insecticida (Figueroa, *et al.*, 2011; Franco-Archundia, 2006) y fungicida de la semilla de *C. papaya* L. ha sido reportada anteriormente (Ramírez-González, *et al.*, 2007). Así mismo, autores reportan inhibición al evaluar extractos de *P. guajava* L. *in vitro* frente a *C. gloeosporioides* (Baños-Guevara, 2003), mientras que *M. indica* L. destaca por tener efecto antimicrobial frente a bacterias de interés sanitario (Guerra y Román, 2016).

Los extractos vegetales al ser productos obtenidos a partir de materiales renovables, tienen la ventaja de poder degradarse rápidamente, ser inocuos al medio ambiente y ser selectivos con las plagas y enfermedades (Ibáñez y Zoppolo, 2008; Figueroa, *et al.*, 2019), además de ser económicos, reduciendo los impactos negativos en el equilibrio ecológico y contribuyendo al desarrollo de pequeños productores.

Considerando la diversidad biológica de México, resulta interesante explorar el potencial de extractos vegetales en el control de enfermedades como la antracnosis. Es por ello que el objetivo de esta investigación es evaluar el uso potencial de ocho extractos botánicos en el control del crecimiento del patógeno que causa la antracnosis en guanábana (*Colletotrichum gloeosporioides*), tomando en cuenta la importancia del cultivo y la relevancia de la enfermedad en cuanto a daños causados, y de esta manera, contribuir en la resolución de uno de los problemas fitosanitarios más importantes del cultivo de guanábana, actuando en el marco de una agricultura sustentable.

## METODOLOGÍA

El proceso experimental se desarrolló en el laboratorio de Agrotecnologías de la Agencia Universitaria para el Desarrollo (AUDES) Cacao-Chocolate de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Las plantas utilizadas para la elaboración de los extractos fueron: *Bougainvillea spp.* (hojas, brácteas y flores), *Dysphania ambrosioides* L. (tallo y hojas), *Mangifera indica* L. (hojas),



*Carica papaya* L. (semillas) en estado fresco y en seco, *Hibiscus sabdariffa* L. (flor), *Psidium guajava* L. (hojas) y *Pimenta dioica* L. (fruto).

*C. gloeosporioides* fue previamente aislado de un fruto de guanábana de un cultivo ubicado en el municipio de Tecpatán, Chiapas; la multiplicación del mismo se realizó en medio PDA utilizando un sacabocados y se dejó crecer por 12 días.

Para la obtención de los hidrolatos se siguió la metodología planteada por Ramírez (2013), usando el método descrito como hidrolatos por destilación, como solvente se usó la mezcla de agua: alcohol etílico en relación 10:1 según la reportado por Tamayo (2016). Los hidrolatos obtenidos, se almacenaron en matraces Erlenmeyer estériles y se refrigeraron a 4°C para su uso posterior.

#### *Evaluación de los hidrolatos al 50% de concentración*

Se evaluaron los hidrolatos al 50% de concentración en medio PDA, usando la técnica de medios envenenados, se estableció un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones cada uno, ocho tratamientos correspondientes a los hidrolatos, un testigo químico (i.a. Clorotalonil) y un testigo absoluto (PDA). La inoculación del patógeno se realizó utilizando un sacabocado. El efecto inhibitorio se cuantificó midiendo cada 24 horas el crecimiento del diámetro micelial del patógeno durante 12 días. Así mismo, se cuantificó la producción de esporas totales y germinadas usando la cámara de Neubauer siguiendo la metodología descrita por Gilchrist, *et al.* (2005). Los datos obtenidos se utilizaron para calcular porcentajes de inhibición sobre el crecimiento y la esporulación.

#### *Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI)*

Se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI) de los tratamientos que en el primer ensayo lograron inhibir totalmente al patógeno, para esto, se evaluaron concentraciones de 40%, 30%, 20% y 10%, siguiendo la misma metodología anteriormente descrita.

#### *Análisis estadístico*

Para determinar los efectos de los tratamientos estudiados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la Prueba de comparación de medias por Tukey al 5%, usando el software SPSS versión 17.0 para Windows.



## RESULTADOS

*Efecto de los hidrolatos al 50% de concentración*

Los hidrolatos de *Bougainvillea Spp.*, *D. ambrosioides L.*, *M. indica L.* y *P. dioica L.*, inhibieron en un 100% el desarrollo del patógeno, superando incluso el resultado obtenido por el testigo químico, mismo que inhibió en un 75.33% el crecimiento micelial, el análisis estadístico muestra que estos resultados son estadísticamente diferentes entre sí, para el caso de la variable esporulación, el testigo químico inhibió en un 98.53%, resultado estadísticamente idéntico a los resultados de los tratamientos antes mencionados. Por otra parte, los hidrolatos a base de *H. sabdariffa L.* y *P. guajava L.* mostraron alta capacidad antiesporulante con un 99.45 y 83.33% respectivamente, resultados estadísticamente idénticos a lo logrado por el Testigo químico y por los tratamientos que inhibieron por completo al patógeno; sin embargo, su capacidad inhibitoria sobre el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* se mostró reducida. Para el caso de *C. papaya L.*, los resultados reportan una capacidad reducida tanto en inhibición de crecimiento como en la esporulación, inhibiendo por debajo del 50% en ambos casos (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Crecimiento micelial y esporulación de C. gloeosporioides por efecto de hidrolatos al 50% de concentración*

Tratamiento	Crecimiento micelial			Concentración de conidias		
	Crecimiento (mm)	Tukey HSD <sup>a</sup>	Inhibición (%)	Conidias/mL *10 <sup>11</sup>	Tukey HSD <sup>a</sup>	Inhibición (%)
<i>Bougainvillea spp.</i> (hoja)	0	A	100	0	A	100
<i>Bougainvillea spp.</i> (flor y bráctea)	0	A	100	0	A	100
<i>D. ambrosioides L.</i>	0	A	100	0	A	100
<i>M. indica L.</i>	0	A	100	0	A	100
<i>P. dioica L.</i>	0	A	100	0	A	100
<i>H. Sabdariffa L.</i>	26.67	C	46.67	2.93	A	99.45
<i>C. papaya L.</i>	47.67	D	4.67	285.33	B	46.89
<i>P. guajava L.</i>	48.33	D	3.33	78.81	A	83.33
Testigo químico	12.33	B	75.33	7.91	A	98.53
Testigo absoluto	50	D	0	537.27	C	0

\*Promedios con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia

### Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI)

Los tratamientos correspondientes a *Bougainvillea spp.*, *D. ambrosioides L.*, *M. indica L.* y *P. dioica L.* que a concentración del 50% inhibieron completamente al patógeno, se evaluaron en esta etapa en diferentes concentraciones, únicamente el hidrolato a base de *P. dioica L.* incidió en el crecimiento del patógeno, logrando una inhibición total del mismo a la concentración de 40%, mostrando un aumento en la concentración de conidias al disminuir la concentración del hidrolato en el medio de cultivo, comportamiento similar observado en todos los tratamientos (Tabla 2). El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos correspondientes a *P. dioica L.*, por lo que la CMI para este tratamiento quedó establecida al 40%.

Por otra parte, todos los tratamientos mostraron capacidad antiesporulante, destacando los correspondientes a *Bougainvillea spp.* (bráctea) al 40 y 30%, *Bougainvillea spp.* (hoja) al 40, 30 y 20%, *D. ambrosioides L.* en todas las concentraciones, *M. indica L.* al 40, 30 y 20% y *P. dioica L.* al 30% indicando una inhibición mayor al 70%. Cabe destacar que todas las concentraciones de *D. ambrosioides* lograron inhibir por encima del 90% la esporulación del patógeno. Únicamente *Bougainvillea spp.* (bráctea y hoja) y *P. dioica L.* al 10% mostraron una inhibición menor al 50%. El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos y la prueba de comparación de medias por Tukey evidenció que ningún tratamiento es estadísticamente idéntico al resultado del Testigo Absoluto, por lo que todos poseen capacidad antiesporulante (Tabla 2). Cabe mencionar que en ningún ensayo hubo presencia de conidias germinadas para ningún tratamiento.

**Tabla 2**  
Crecimiento micelial y esporulación de *C. gloeosporioides* por efecto de hidrolatos al 40%, 30%, 20% y 10% de concentración

Tratamiento	Crecimiento micelial			Concentración de conidias		
	Crecimiento (mm)	Tukey HSD <sup>a</sup>	Inhibición (%)	Conidias/mL *10 <sup>11</sup>	Tukey HSD <sup>a</sup>	Inhibición (%)
<i>Bougainvillea</i> spp.	50	D	0	12.77	F	86.36
<i>Bougainvillea</i> spp. (flor y bráctea)-30%	50	D	0	23.68	I	74.70
<i>Bougainvillea</i> spp. (flor y bráctea)-20%	50	D	0	40.01	L	57.25
<i>Bougainvillea</i> spp. (flor y bráctea)-10%	50	D	0	90.30	N	3.52
<i>Bougainvillea</i> spp. (hoja)-40%	50	D	0	9.68	R	89.66
<i>Bougainvillea</i> spp. (hoja)-30%	50	D	0	17.44	G	81.37
<i>Bougainvillea</i> spp. (hoja)-20%	50	D	0	27.94	J	70.15
<i>Bougainvillea</i> spp. (hoja)-10%	50	D	0	50.27	M	46.29
<i>D. ambrosioides</i> L.-40%	50	D	0	2.27	AB	97.57
<i>D. ambrosioides</i> L.-30%	50	D	0	4.23	BC	95.48
<i>D. ambrosioides</i> L.-20%	50	D	0	5.95	CD	93.64
<i>D. ambrosioides</i> L.-10%	50	D	0	8.02	DE	91.43
<i>M. indica</i> L.-40%	50	D	0	3.15	B	96.63
<i>M. indica</i> L.-30%	50	D	0	9.43	E	89.92
<i>M. indica</i> L.-20%	50	D	0	21.84	I	76.66
<i>M. indica</i> L.-10%	50	D	0	37.84	L	59.57
<i>P. dioica</i> L.-40%	0	A	100	0	A	100
<i>P. dioica</i> L.-30%	10	B	80	17.93	H	80.84
<i>P. dioica</i> L.-20%	30	C	40	28.81	JK	69.22
<i>P. dioica</i> L.-10%	50	D	0	50.52	M	46.06
Testigo Absoluto	50	D	0	93.59	N	0

\*Promedios con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas en la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

El hidrolato de *P. guajava L.*, permitió el mayor crecimiento micelial, en contraste con estos resultados, otros autores reportan inhibición frente *C. lindemuthianum*; sin embargo, no reportan inhibición para *M. fructicola*, *A. pisi* y *P. parasítica* (Villanueva, *et al.*, 2012). Respecto a estas diferencias en los estudios, diversos autores mencionan que la actividad fungistática difiere entre las diferentes formas de extracción, la especie de la planta y el patógeno evaluado (Hernández, *et al.*, 2007; Sánchez, 2019). Por otra parte este tratamiento mostró una inhibición significativa sobre la concentración de conidias, evidenciando cualidades antiesporulantes, esta información coincide con lo reportado por Bravo, *et al.*, (2000), quienes evaluaron polvos de esta planta obteniendo un efecto antiesporulante frente a *Fusarium moniliforme*. Esta capacidad puede deberse a los metabolitos secundarios presentes en su estructura, como fenoles, flavonoides, triterpenos, saponinas, entre otros, los cuales han sido reportados con capacidad antifúngica (Rodríguez, *et al.*, 2013; Mas, *et al.*, 2017).

Por otro lado, *H. sabdariffa L.* mostró alta capacidad antiesporulante; información que se suma a lo reportado por Goussous, *et al.*, (2010), quienes reportan inhibición total sobre *Alternaria solani*, usando extractos crudos de esta planta, atribuyendo dichos resultados a la presencia de un polifenol denominado ácido protocatecuico. De igual manera, se ha probado anteriormente la capacidad antimicrobiana de diferentes extractos de esta planta frente a bacterias como *Salmonella enteritidis* y *Escherichia coli* (Castillo, 2018), demostrando así el potencial antimicrobiano de la planta.

Los resultados obtenidos para el caso del tratamiento con hidrolato de semilla de *C. papaya L.* son parcialmente parecidos a los obtenidos por Bautista-Baños, *et al.*, (2003), quienes probaron extracto de semilla de *C. papaya L.* sobre *C. gloeosporioides* aislado de papaya, y obtuvieron una nula inhibición tanto en esporulación como en crecimiento del micelio, sin embargo, existen diferencias metodológicas en la preparación de los extractos evaluados en los diferentes estudios.

Los resultados obtenidos usando el hidrolato de *P. dioica L.* se suman a los obtenidos por otros autores como Ramírez-González, *et al.* (2007), quienes reportan inhibición total de *Phytophthora palmivora* usando hidrolato de *P. dioica* al 50% de concentración. Duarte, en 2019, reporta el uso de un extracto de *P. dioica* obtenido mediante microondas al 50% de concentración, obteniendo inhibición total frente a *C. gloeosporioides* y *A. alternata*. La pimienta es reconocida por su notable actividad antifúngica debida a los metabolitos secundarios presentes en su estructura, tales como aceites esenciales, taninos, flavonoides, fenoles y terpenos (Álvarez, *et al.*, 2010; Velázquez-Silva, *et al.*, 2019).

En el caso de *D. ambrosioides L.*, los resultados de este estudio mejoran los obtenidos por autores como Cabrera, *et al.* (2016), que reportan un 79% de inhibición frente a *C. gloeosporioides* en pruebas *in vitro* usando extractos etanólicos. La capacidad antifúngica del epazote, demostrada en el presente estudio, se suma a las muchas cualidades reportadas de esta planta, tales como insecticida frente a lepidópteros y coleóptero (Chávez, 2019), amebicida, analgésico, entre otros (López, 2020). Cualidades que son atribuidas a los diferentes metabolitos reportados en su estructura, como aceite esencial, fenoles, flavonoides, saponinas, entre otros (Chávez, 2019).

Para el caso de *Bougainvillea spp.*, los resultados logrados en el presente estudio revelan capacidad antifúngica y antiesporulante, tanto para hoja, como para las brácteas. Otros autores reportan haber obtenido inhibición significativa sobre la germinación de esporas de *C. gloeosporioides* (Hernández, *et al.*, 2004), además de inhibición frente a *Botrytis cinerea* en frutos de arándano (Santiago, *et al.*, 2019). Los usos de esta planta tanto en la agricultura como en la medicina tradicional ha sido reportada anteriormente (Edwin, *et al.*, 2007; Galindo, *et al.*, 2009), así mismo, se han encontrado diferentes compuestos tanto en hojas como en las brácteas responsables de actividad antifúngica, tal es el caso de las proteínas de bajo peso molecular llamadas defensinas (Hernández, 2004), además de los flavonoides, taninos, alcaloides y saponinas, que cumplen funciones de defensa en las plantas (Edwin, *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos en este estudio comprueban la capacidad antifúngica y antiesporulante del hidrolato de *M. indica L.*, aumentando de esta manera el conocimiento sobre las propiedades de esta planta, contrastando con investigaciones anteriores que han reportado inhibición baja en la germinación de esporas de *C. gloeosporioides*, usando extractos de hojas de *M. indica L.*, (Hernández-Altíber, *et al.*, 2006). Por otra parte, se ha reportado la capacidad antimicrobial de la planta frente a bacterias de interés sanitario como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* (Ortiz, 2015), *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Typhimurium*, *Enterococcus Faecalis* (Carrillo-Tomalá, *et al.*, 2019), entre otros. Estas propiedades presentes en el extracto de las hojas de mango, son atribuidas a sus compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y taninos gálicos, que además de ser antimicrobianos, son antivirales, antiinflamatorios, antioxidantes, etc., (Carrillo-Tomalá, *et al.*, 2019; Ortiz, 2015).

Los resultados muestran que si bien no todos los tratamientos lograron inhibir el crecimiento micelial, sí poseen capacidad para inhibir la producción de esporas de *C. gloeosporioides*, ya que al comparar con el testigo absoluto es notable una reducción de estas estructuras; las conidias son la fuente principal del inóculo para la diseminación y el desarrollo de la enfermedad (Díaz-Medina, *et al.*, 2019) por lo que una reducción en el número de estas estructuras reduciría sustancialmente la patogenicidad del hongo y, por

consecuencia, la capacidad del mismo para poder iniciar un ciclo infeccioso (Valdés, *et al.*, 2017). La inhibición del crecimiento micelial producida por los hidrolatos en el presente trabajo puede deberse a que los compuestos de origen natural causan daños irreversibles en la estructura de la célula, afectando la fisiología del hongo. Los compuestos fenólicos afectan los sitios activos de las enzimas y el metabolismo celular reduciendo la velocidad de crecimiento del patógeno (D’Luis, 2018), en estudios anteriores se reporta que los extractos vegetales pueden ocasionar alteraciones en la estructura y forma de los patógenos, Duarte (2019), reporta haber observado deshidratación en conidias de *C. gloeosporioides* tratadas con extracto de *P. dioica*. Por otro lado, los alcaloides están relacionados con la inhibición de síntesis de proteínas, inducción de apoptosis e inhibición de enzimas del metabolismo de carbohidratos (Duarte, *et al.*, 2021, González–Chavarro, *et al.*, 2020); sin embargo, estas propiedades, presentes en los extractos, si bien son atribuidas a sus compuestos activos, destacan el hecho del sinergismo que existe entre todos los componentes del extracto, ya que el efecto que logran no es debido a su acción individual si no a un sin número de reacciones que actúan en determinada concentración y proporción (D’Luis, 2018; Hernández, 2019, Ramírez-González, *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES

Los hidrolatos de *P. dioica L.*, *M. indica L.*, *D. ambrosioides L.*, *Bougainvillea spp.* (hoja, flor y bráctea), *P. guajava L* e *Hibiscus sabdariffa L.*, presentaron un efecto inhibitorio *in vitro* en el crecimiento y desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de *Annona muricata L.*

El hidrolato de *P. dioica L.* mostró la menor concentración mínima inhibitoria con 40% (V/V), mientras que para los hidrolatos a base de *D. ambrosioides L.*, *Bougainvillea spp.* (hoja, flor y bráctea) y *M. indica L.* la concentración mínima inhibitoria fue de 50% (V/V).

Los hidrolatos a base de *H. sabdariffa L* y *P. guajava L.* mostraron una alta capacidad antiesporulante. La forma de extracción utilizada para obtener hidrolatos de las plantas evaluadas mostró ser una manera eficaz de controlar el desarrollo de hongos fitopatógenos a nivel laboratorio.

## REFERENCIAS

- Aguilar**, E., Rodríguez, C., Bravo, H., Soto, M., Bautista, N. y Guevara, F. (2019). Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Zoológica Mexicana*. 35(1), 1-11. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502068>.
- Álvarez**, R., García, A., Oliva, N. y Rojas, A. (2010). *Determinación de actividad inhibitoria in vitro de extractos diclorometánicos y metanólicos y aceites esenciales de doce especies condimentarias y medicinales guatemaltecas contra Listeria monocytogenes*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB960.pdf>
- Anaya-Dyck**, J., Hernández-Oñate, M., Tafolla-Arellano, J., Báez-Sañudo, R. y Tiznado-Hernández, M. (2021). La cadena productiva de guanábana, una opción para el desarrollo económico en Compostela, Nayarit. *Revista de Alimentación Contemporánea*, 31(57), 1-34. <https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1048>
- Arcos-Méndez**, M., Martínez-Bolaños, L., Ortiz-Gil, G., Martínez-Bolaños, M. y Avedaño-Arrazate. (2019). Efecto *in vitro* de extractos vegetales contra la (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev. Agricultura tropical*, 5(1), 19-24. <https://1library.co/document/qo6k5r-vq-efecto-extractos-vegetales-contra-moniliasis-moniliophthora-roreri-theobroma.html>
- Baños-Guevara**. (2003). Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [Penz.] Penz. y Sacc.] en Papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(2), 198-205. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222206.pdf>
- Bautista-Baños**, S., Hernández-López, M., Bosquez-Molina, E. y Wilson, C. (2003). Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection*, 22(9), 1087-1097. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00117-0)
- Betancourt**, A. (2019). *Agente causal de Antracnosis en inflorescencia de guanábana (Annona muricata L.) en Nayarit, México y alternativas de control in vitro*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nayarit]. Archivo digital. <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2310>
- Bravo**, L., Bermúdez, K. y Montes, R. (2000). Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Manejo Integrado de Plagas*, (57), 29-34. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf=073405>
- Cabrera**, S., Rivera, R., Lira, A., Trejo, M. y Pascual, S. (2016). Efecto antifúngico de extracto de epazote (*Chenopodium ambrosioides*) sobre hongos postco-



- secha. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 236-241. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/2/42.pdf>
- Carrillo-Tomalá, C.,** Díaz-Torres, R., Guerra-Guamán, K. y Román-Salmerón, A. (2019). Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de *Mangifera indica* L. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(32), 69-77. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898007/html/>
- Castillo, J.** (2018). *Evaluación de la actividad antibacteriana del extracto metanólico de Hibiscus sabdariffa en hortalizas*. [Tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador]. Archivo digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15740/1/T-UCE-0008-CQU-011.pdf>
- Chávez, B.** (2019). *Estudio del potencial insecticida del epazote (Dysphania ambrosioides) para el control sustentable del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) J. E. SMITH*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del estado de Morelos]. Archivo digital. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1005/CARBSL05T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz-Medina, A.,** Arboleda-Zapata, T. y Ríos-Osorio, L. (2019). Estrategias de control biológico utilizadas para el manejo de la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de mango: una revisión sistemática. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 595-611. 2699-12953-1-PB.pdf
- D' Luis, L.** (2018). *Evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales y de bacterias endófitas aisladas de Melia azedarach contra Colletotrichum gloeosporioides* [Tesis de grado, Universidad de Sucre]. Archivo digital. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ir1DTguloysJ:https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/959/1/T581.634%2520D626.pdf+%&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>
- Duarte, T.** (2019). *Extractos vegetales para el control in vitro de Colletotrichum gloeosporioides P. Y Alternaria alternata F.* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Archivo digital. admin,+05.+Papaya (2).pdf
- Duarte, T. P.,** Ramírez, S. I., López, O., & Morillo, A. C. (2021). Extractos vegetales para el control in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides* P. aislado de *Carica papaya* L. *Espacio I+D, Innovación Más Desarrollo*, 10 (26), 102–118. <https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/256>
- Edwin, E.,** Sheeja, E., Toppo, E., Tiwari, V. & Dutt. K. (2007). Efecto antimicrobiano, antiulceroso y antidiarreico de las hojas de buganvilla (*Bougainvillea glabra* Choisy). *Ars Pharm*, 48(2), 135-144. <https://revista-seug.ugr.es/index.php/ars/article/view/4981/4788>
- Figueroa, A.,** Castro, E. y Castro, H. (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz



- (*Zea mays*). *Acta biológica Colombiana*, 24(1), 58-66. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- Figueroa, R.**, Huerta, A., Pérez, I., Marco, V. y López, J. (2011). Actividad Insecticida de extractos de semilla de *Carica papaya* (L.) contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Lepidóptera: noctidae) *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 36(10), 752-75. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3743728>
- Franco-Archundia, S.**, Jiménez-Pérez, A., Luna-León, C. y Figueroa-Brito, R. (2006). Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (lepidóptera: noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 171-177. <https://www.redalyc.org/pdf/424/42445208.pdf>
- Galindo, A.**, Kestler, R. & Méndez, D. (2009). *Determinación de Caracteres Farmacobotánicos de Plantas Utilizadas Popularmente para el Tratamiento de Hongos Fitopatógenos. Seminario de investigación*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos]. Archivo digital. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB941.pdf>
- González-Chavarro, C.**, Cabezas, M., Pulido-Blanco, V. y Celiz, X. (2020). Amarydaceae: Fuente potencial de alcaloides. Actividades biológicas y farmacológicas. *Ciencia y Agricultura*, 17(3), 78-94. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.11379>
- Gordillo, L.** (2019). *Actividad Antifúngica de Sechium compositum contra Botrytis cinerea y Colletotrichum gloeosporioides en condiciones in vitro*. [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]. Archivo digital. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3527/1/Gordillo\\_Salinas\\_LS\\_MC\\_RGP\\_Fructicultura\\_2019.pdf](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3527/1/Gordillo_Salinas_LS_MC_RGP_Fructicultura_2019.pdf)
- Goussous, S.**, Abu. F. y Tahhan, R. (2010). Antifungal activity of several medicinal plants extracts against the early blight pathogen (*Alternaria solani*). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(17), 1745-1757. <https://doi.org/10.1080/03235401003633832>
- Guerra, K.** y Román, A. (2016). *Determinación de la actividad antimicrobiana de extractos de las hojas de M. indica L.* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898007/html/>
- Hernández, A.**, Bautista, S., y Velázquez, M. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades poscosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana.*, 30(2), 119-123. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030202.pdf>
- Hernández-Altíber, Barrera-Necha, Bautista-Baños, S.** y Bravo-Luna, L. (2006). Antifungal Potential of Crude Plant Extracts on Conidial Germination of Two Isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.)

- Penz. and Sacc. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(2), 180-185. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v25n2/v25n2a13.pdf>
- Hernández, B. y López, N.** (2018). *Evaluación de fungicidas para el control de la enfermedad antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides) en el cultivo de guanábana (Annona muricata L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad de los llanos, Villavicencio]. Archivo digital. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1369>
- Hernández, G.** (2019). *Actividad antifúngica de extractos vegetales en el jitomate*. [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Archivo digital. <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/669/2694.pdf?sequence=3>
- Hernández, R.** (2004). *Evaluación del potencial antifúngico de extractos vegetales crudos en la germinación de esporas de Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Sacc.* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Archivo digital. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/1576>
- Ibáñez, F. y Zoppolo, R.** (2008). *Manejo de plagas en la Agricultura orgánica: Extractos de “paraíso” para control de insectos*. Boletín de Divulgación N° 94. Uruguay. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. <https://docplayer.es/16371556-Manejo-de-plagas-en-agricultura-organica-extractos-de-paraíso-para-control-de-insectos.html>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.** (2015). *El INIFAP genera tecnología para el manejo de plagas en el cultivo de guanábana*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado de <https://www.gob.mx/inifap/prensa/el-inifap-genera-tecnología-para-el-manejo-de-plagas-en-el-cultivo-de-guanabana>
- Landero-Valenzuela, N., Lara-Viveros, F., Andrade-Hoyos, P., Aguilar-Pérez, L. y Aguado, G.** (2016). Alternativas para el control de *Colletotrichum spp.* *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1189-1198. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n5/2007-0934-remexca-7-05-1189.pdf>
- León-Hernández, A., Martínez-Cárdenas, L., Zepeda-Vallejo, L., Arteaga-Garibay, R., Gutiérrez-Martínez, P. y Montalvo-González, E.** (2019). Efecto antibacterial, antifúngico, antioxidante y tóxico de extractos fraccionados de pulpa de guanábana. *Revista Bio Ciencias*, 6, 1-17. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e400>
- López, A., Siles, M., Tirado, I., Guarnizo, P., García, M. y Álvarez, S.** (2019). Determinación del número cromosómico de “PAICO” (*Chenopodium ambrosioides*) proveniente de 3 regiones del Perú. *Manglar*, 17(1), 61-65. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.010>
- Mas, D., Martínez, Y., Rodríguez, R., Pupo, G., Rosabal, N. y Olmo, C.** (2017). Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de polvos mixtos de hojas de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*,

- 22(1), 1-9. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962017000100005)
- Montes-Belmont, R. & Carvajal, M.** (1997). Control of *Aspergillus flavus* in maize with plant essential oils and their components. *Journal of food protection*, 61(5), 616-619. 10.4315/0362-028x-61.5.616
- Ortiz, C.** (2015). *Acción antimicrobiana de soluciones formadoras de recubrimientos comestibles a base de quitosano y extracto hidroalcohólico de mango (*Mangifera indica*) frente a microorganismos de interés sanitario*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9037/1/BCIEQ-T-0141%20Ortiz%20Choez%20Cristhian%20Adolfo.pdf>
- Ramírez-González, S., López-Báez, O., Lee, V., y Vélez, M.** (2007). Extractos vegetales para el manejo orgánico de la mancha negra *Phytophthora palmivora* del cacao. *Agricultura sostenible*, 1 (1), 55-67. [http://web-cache.googleusercontent.com/search?q=cache:OlrUoKvmYp8J:congresos.cio.mx/3\\_enc\\_mujer/files/posters/Sesion%25203/BCA09.doc+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx](http://web-cache.googleusercontent.com/search?q=cache:OlrUoKvmYp8J:congresos.cio.mx/3_enc_mujer/files/posters/Sesion%25203/BCA09.doc+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx)
- Ramírez-González, S.** (2013). *Efectividad de extractos vegetales en el manejo de la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del Cacao (*Theobroma cacao* L.) en México*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Ramírez-González, S., López-Báez, O., Espinosa, S. y Wong, A.** (2016). Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloesporioides*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 (8) . 1879-1891. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263149505008.pdf>
- Reyes-Montero, J., Aceves-Navarro, E., Cacimal-Velázquez, J. y Alamilla-Magaña, J.** (2018). Producción de guanábana (*Annona muricata* L.) en alta densidad de plantación, como alternativa para productores con superficies reducidas. *Agroproductividad*, 9(11), 37-42. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i9.1212>
- Rivera-Castañeda, G., Martínez-Téllez, M., Vallejo-Cohen, S., Álvarez-Manilla, G. y Vargas-Arispuro, I.** (2001). *In vitro* Inhibition of mycelial growth of *Tilletia indica* by extracts of native plants from Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(2), 214- 217. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219213>
- Rodríguez, R. Lafourcade, A. & Pérez, L.** (2013). Hojas de *Psidium guajava* L. L. leaves. *Revista Cubana de Farmacia.*, 47(13), 1-8. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75152013000100014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152013000100014)
- Sánchez, A.** (2019). *Producción de metabolitos secundarios y perfil proteómico en plántulas transformadoras y silvestres de *Stevia rebaudiana**. [Tesis de Maestría, Universidad del Papaloapan]. Archivo digital. <https://www.>

- unpa.edu.mx/tesis\_Tux/tesis\_digitales/maestria\_biotecnologia/MB56-\_SANCHEZ\_CORDOVA\_ANGEL\_DE\_JESUS.pdf
- Santiago, E., Guerrero, D., Granados, R. y Martínez, J.** (2019, 26 y 27 de septiembre). Manejo de *Botrytis cinerea* de arándano (*Vaccinium myrtillus*) en postcosecha. 8° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco. <https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2019/09/MEMORIA-MESA-3-biologicas-agronomicas.pdf>
- Sáyago, S. y Álvarez, E.** (2018). *Alimentos vegetales autóctonos iberoamericanos subutilizados*. Nayarit: Fabro Edotores. <https://alimentos-autoctonos.fabro.com.mx/>
- Tamayo, L.,** (2016). *Formulación de fungicida a base de *Origanum vulgare L.*, *Tradescantia spathacea Swartz* y *Zingiber officinale Roscoe* para el manejo de *Moniliophthora roreri Theobroma cacao L.** [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chiapas]. Archivo digital. <http://repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/3061>
- Tamayo, L., Ramírez-González, S., López-Báez, O., Quiroga, R. y Espinosa, S.** (2016). Extractos por destilación de *Origanum vulgare*, *Tradescantia spathacea* y *Zingiber officinale* para el manejo de *Moniliophthora roreri* de *Theobroma cacao*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 (5). 1065-1076. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263146723008.pdf>
- Terán-Eraza, B., Alia-Tejacal, I., Juárez-López, P., López-Guzmán, G., Pérez-Arias, G. y Núñez-Colín, C.** (2019). Caracterización física, química y morfológica de frutos de guanábana (*Annona muricata L.*) *Agrociencia*, 53(7), 1013-1022. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1860/1857>
- Valdés, L., Calero, D., Carballo, M., Capote, M., González, I., Álvarez, J. y Rohde, W.** (2019). Caracterización morfológica, cultural y patogénica de aislados de *Colletotrichum sp.* produciendo antracnosis en mango (*Mangifera indica L.*). *La granja*. 26(2), 38-57. <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.04>
- Vásquez, D., Montes, R., Jiménez, A. y Flores, H.** (2014). Aceites esenciales y extractos acuosos para el manejo *in vitro* de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* y *F. solani*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 31(2). 170-179. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092013000200008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200008)
- Velázquez-Silva, A. Barrera-Necha, L. y Robles-Yerena, L.** (2019, del 24 al 28 de agosto) Actividad Antifúngica del extracto de hojas de pimienta gorda cobre *Colletotrichum spp.* aislados de frutos de *Pimenta dioica*. XXI Congreso Internacional y XLVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Morelia, Michoacán, México. <https://www.smf.org.mx/rmf/suplemento/docs/Volumen372019/S372019.pdf>

- Villanueva, L.,** Miranda, N., Castro, N. y Aifán, S. (2012). *Inhibición de hongos fitopatógenos de cultivos comerciales por extractos vegetales de plantas popularmente usadas en Guatemala*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos, Guatemala]. Archivo digital. ../Tesis/QB1034.pdf
- Vit, P.,** Santiago, B. y Pérez-Pérez, E. (2014). Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia*, 39(5), 350–353. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33930879008.pdf>

# Una revisión sobre la migración de las aves rapaces y los efectos toxicológicos de los metales pesados

A review on raptor migration and toxicological effects of heavy metals

—

Manuel Becerril-González  
manuel.becerril@cch.unam.mx  
ORCID 0000-0002-0245-0756

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, PLANTEL SUR. UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO



Para citar este artículo:

Becerril González, M. (2022). Una revisión sobre la migración de las aves rapaces y los efectos toxicológicos de los metales pesados. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a03>

## RESUMEN

Se expone la importancia de las rapaces migratorias y su uso como bio-indicadores para determinar la presencia y concentraciones de metales pesados y metaloides, se exhibe también un panorama general sobre los efectos toxicológicos. Cabe mencionar que actividades antrópicas como la minería, la petroquímica y la agricultura son una de las principales fuentes de emisión de contaminantes ambientales. Los efectos sobre la salud de las rapaces migratorias es variable y actualmente se realizan estudios para determinar los grados de afectación. Algunos metales pesados y metaloides tienen efectos negativos sobre biomoléculas importantes del metabolismo celular; a pesar de la cantidad de trabajos realizados, los resultados no son concluyentes y los cambios en las poblaciones naturales de las especies son diversos.

### Palabras Clave:

*Rapaces; migración; especies bio-indicadoras; metales pesados; Veracruz Río de Rapaces.*

— *Abstract*—

In this work, the importance of migrating raptors as bioindicators to show the presence and concentration of heavy metals and metalloids is examined, in addition, a general view on the toxicity of these elements is discussed. Human activities such as mining, petroleum/oil industry and agriculture are the principal sources of environmental pollution, the effects of these industries on the health of migrating raptors are variable, at present, studies to determine the degree to which raptors are affected are being conducted. Some heavy metals and metalloids have negative effects on biomolecules essential to cell metabolism; despite the amount of written works on the subject their results are not conclusive and changes in natural populations of raptors are diverse.

**Keywords:**

*Raptors; migration; indicator species; heavy metals; Veracruz Rio de Rapaces.*



## LO DE HOY SOBRE EL TEMA

Diversos temas ambientales han llamado nuestra atención en las últimas seis décadas, particularmente aquellos estudios que nos rinden cuentas sobre los efectos negativos que hemos causado como sociedad a los ecosistemas, éstos son diversos y han provocado efectos de diferentes magnitudes, sin embargo, cada vez se aportan mayores evidencias científicas y nuevos conocimientos para armar el intrincado rompecabezas ambiental, con sus piezas claves y procesos que lo mantienen en equilibrio.

Cabe mencionar que una de las formas en que podemos conocer los impactos de la contaminación ambiental es la presencia o ausencia de lo que hoy conocemos como especies bio-indicadoras,<sup>1</sup> varias de ellas las podemos “evaluar” debido a las técnicas de estudio específicas que nos llevan a saber aspectos de interés particular, por ejemplo, la toxicidad que puede generar un elemento o compuesto químico, afectando desfavorablemente alguna función metabólica de un ser vivo.

Actividades como la minería, la petroquímica, la agricultura y la industria en general son responsables de la generación de una serie de residuos altamente contaminantes o bien emplean en sus procesos los denominados metales pesados y metaloides (e.g., cadmio, cromo, mercurio, plomo, zinc, arsénico, entre otros), éstos pueden brindarnos información no solo sobre los niveles de contaminación ambiental, sino que, además, nos permiten evaluar el estado de salud de especies indicadoras, tal es el caso de las rapaces (Figura 1), dicho grupo de aves se clasifica en rapaces diurnas como: águilas, aguilillas, halcones, gavilanes, cernícalos, etcétera, y rapaces nocturnas como: búhos, lechuzas y tecolotes<sup>2</sup> la mayoría, desafortunadamente, bajo alguna categoría como especies en peligro de extinción o con poblaciones muy vulnerables al declive.

---

1 Son aquellas especies que nos brindan información muy valiosa, y a la cual se le puede analizar de manera cualitativa y cuantitativa para saber el estado de conservación o alteración de los ecosistemas.

2 Las aves rapaces, de presa o de rapiña están conformadas por cuatro Órdenes: Strigiformes (búhos y afines), Cathartiformes (buitres del Nuevo Mundo), Accipitriformes (águilas y afines) y Falconiformes (halcones y afines) y siete Familias con más de 500 especies en todos los continentes (Del Hoyo y Collar, 2014).



Figura 1. Fotografía de *Rupornis magnirostris*, individuo juvenil, Aguillita Caminera, Papantla, Veracruz, ave rapaz residente en México y con amplia distribución en Sudamérica. Fuente: Elaboración propia (2015)

Es pertinente mencionar que debido a que las rapaces forman parte de las aves carismáticas, han sido estudiadas desde diferentes puntos de vista, dentro de los que se destacan: el estudio de su conservación, su distribución geográfica, la migración, el modelaje espacial, la valoración de las condiciones del paisaje y el uso de los sistemas de información geográfica (Rodríguez-Estrella y Bojórquez, 2004).

#### LA MIGRACIÓN DE LAS RAPACES EN EL MUNDO

La migración de las aves es uno de los fenómenos naturales de mayor interés en la ornitología (*i.e.*, estudio de las aves), aunque se saben muchas cosas al respecto, aún se desconocen aspectos básicos y específicos de esta extraordinaria travesía; por lo menos en las aves se tiene registro de 1,855 especies que migran anualmente (BirdLife, 2004a y 2004b), estas migraciones pueden ser de larga o corta distancia, de norte a sur o de este a oeste, se presenta de manera cíclica y se ha dicho que es el resultado de evitar las bajas temperaturas, tener acceso al alimento o bien tener sitios adecuados para la reproducción, cualquiera que sea el caso, durante el movimiento a través de las diversas rutas migratorias se pueden analizar a las aves y determinar con ello su estado de salud. Existen dos grandes rutas migratorias de rapaces reconocidas a nivel global, una sigue la migración desde del noreste de África para internarse en Asia y terminar en la parte centro y norte de Europa, ésta ha sido estudiada por la German Ornithologists' Society (Bairlein, 2003) y BirdLife International, y la otra en el norte-centro-sur del continente americano, analizada por la Universidad de Cornell de Nueva York, a través del Cornell Lab, la Audubon Society y en México la Asociación Civil Pronatura Veracruz desde 1991.

Particularmente, México es uno de los países que ofrece una oportunidad única para la observación y registro de especies migratorias, algunos

reportes mencionan que semanalmente se pueden registrar poco más de 300 especies, muy por arriba de otros sitios tropicales y subtropicales en el mundo, por ejemplo, solo en el estado de Veracruz existen más de 50 sitios importantes para su observación con presencia de más de 700 especies migratorias otoñales en total (Straub, 2007). Algunos datos compartidos por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad mencionan que en la migración de “Veracruz Río de Rapaces” solo en el año 2005 se registraron 5, 691, 204 individuos pertenecientes a 25 especies de rapaces y 4 géneros no identificados, lo que revela la magnitud de la migración en la Llanura Costera del Golfo.

En las rapaces migratorias se presentan graves problemas debido al cambio de uso de suelo para fines relacionados con la agricultura, ya que supone que afecta al 80% de las rapaces migratorias (Kirby *et al.*, 2008), además del uso de pesticidas organoclorados y fertilizantes, cabe destacar que muchas de las empresas dedicadas a la síntesis de estos productos presentan información parcial y en pocos casos se mencionan de manera general los riesgos para la salud y los ecosistemas, al parecer algunos de ellos ni siquiera están regulados por leyes ambientales, basta recordar el uso del FURADAN 350 L (*i.e.*, Carbofuran: 2-3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil carbamato) para luchar contra los nemátodos “gusanos redondos” en África que ha causado la muerte de leones y un número aún no determinado de buitres de diversas especies, rompiendo así el equilibrio ecológico, este producto en México es utilizado en diversos cultivos (*e.g.*, cacahuate, café, caña de azúcar, chile, calabaza, melón, pepino, sandía, fresa, maíz, papa, plátano y trigo entre otros) sobre todo por su disponibilidad y bajo precio (\$ 978.00 pesos por litro/cotizado a noviembre de 2021 en Mercado Libre) y aún se desconocen sus efectos específicos en la fauna silvestre.

Sin duda, la valoración del estado de salud de las rapaces migratorias es de vital importancia, debido a las condiciones eco-fisiológicas necesarias para realizar la migración completa, ya que se enfrentan a la destrucción de su hábitat y al cambio climático, y por si fuera poco, a las mismas condiciones de salud del ave (Klaassen *et al.*, 2012), en estos casos las necesidades energéticas del ATP (adenosín trifosfato, molécula altamente energética usada en el metabolismo celular) por vías aeróbicas y anaeróbicas están relacionadas con procesos metabólicos eficientes y, a su vez, con el estado de salud de los individuos, sean juveniles o adultos, y por otro lado, se ha observado una clara relación entre la ausencia de las especies migratorias y la pérdida de relaciones ecológicas y evolutivas.

## LAS AVES COMO BIO-INDICADORES DE METALES PESADOS

En el caso concreto de las rapaces al ser especies posicionadas en lo más alto de las tramas alimenticias se pueden utilizar como especies bio-indicadoras (Figura 2) y por lo tanto, su monitoreo es un asunto de alta prioridad para los expertos pues son individuos que ayudan a determinar la presencia de metales pesados y su efecto sobre otra fauna y flora en general (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2006).

En lo referente a la biología de las rapaces se debe contemplar que son parte de la avifauna que presenta ciclos de vida largos, algunas viajan grandes distancias y otras forman parte del “cuerpo sanitario” de la naturaleza (*i.e.*, carroñeros) que se encargan de limpiar el ecosistema de cuerpos de animales muertos o bien atrapan animales enfermos, eso no quiere decir que no se alimenten de animales sanos (*i.e.*, cazadores), pero podemos imaginar lo intrincado de la problemática a estudiar, algunas de estas rapaces se alimentan de otras aves, mamíferos de diversos tamaños, reptiles, anfibios, peces e incluso algunos incluyen en sus dietas insectos y moluscos. Lo anterior puede ayudar a comprender también las diferentes concentraciones de metales pesados presentes e incluso dependerá de la región en donde se distribuya el ave y la estación del año, así como de la edad de los individuos y su sexo.



Figura 2. Fotografía de *Accipiter cooperii*, individuo adulto, Gavilán de Cooper, Alcaldía Miguel Hidalgo, Segunda Sección del Bosque de Chapultepec de la CD MX, rapaz bio-indicadora y migratoria otoñal en “Veracruz Río de Rapaces”. Fuente: Elaboración propia (2018)

Los estudios más completos han sido los realizados en la Llanura Costera del Golfo, ya que se aproximan en gran medida a la realidad; su metodología incluye trabajar con todas las rapaces migratorias atrapadas a lo largo de cada año, esto se ha realizado en poco más de 20 años, tomando muestras

de sangre y plumas de rapaces vivas para posteriormente liberarlas; dichos estudios han sido analizados por equipos de trabajo de alta especialidad, como el que dirige en el estado de Veracruz el Dr. Ernesto Ruelas Inzunza de la Universidad Veracruzana y Pronatura Veracruz, obteniendo información valiosa sobre este tema.

Como una valoración general de los metales pesados y metaloides en los seres vivos, se presentan diversos efectos a nivel molecular, dentro de los cuales podemos observar los siguientes:

1. Bloqueo de grupos funcionales en biomoléculas, debido a la afinidad de los cationes metálicos por los grupos sulfhidrilos de las proteínas, específicamente a los residuos de cisteína, lo que ocasiona su desnaturalización (Schützendübel y Polle, 2002; Peralta-Videa *et al.*, 2009).
2. Desplazamiento de sitios catiónicos en enzimas importantes, por lo que pierden su función (Schützendübel y Polle, 2002; Smeets *et al.*, 2005).
3. Formación de especies reactivas de oxígeno debido a la autooxidación de metales como  $\text{Fe}^{2+}$  (ion hierro) o  $\text{Cu}^+$  (ion cobre), lo que resulta en la formación de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (peróxido de hidrógeno) y del radical OH (hidroxilo), en el primer caso se ha observado que su acumulación aumenta considerablemente la muerte celular programada (*i.e.*, apoptosis), mientras que el radical OH es uno de los más reactivos que se conocen por su capacidad de iniciar reacciones en cadena de radicales libres que ocasionan modificaciones y daño irreversible a moléculas celulares como carbohidratos, DNA (ácido desoxirribonucleico, por sus siglas internacionales en inglés), proteínas y lípidos (Mithöfer *et al.*, 2004).

#### MALOS RECUERDOS DE EXPERIENCIAS PASADAS

Desde hace poco más de 50 años se habían registrado muertes de individuos adultos y pollos de Águila Cabeza Blanca (*Haliaeetus leucocephalus*), debido a la intoxicación por plomo, en esos casos las concentraciones iban de los 5-61 ppm (partes por millón) y 5-12 ppm respectivamente, esto llamó la atención de la comunidad científica dedicada a tratar temas de contaminación ambiental por sustancias químicas, lo más inmediato era detectar las fuentes a exposición prolongada en dichas rapaces, aun cuando se hacía referencia a que solo esto sucedía en países subdesarrollados en zonas tropicales y subtropicales, actualmente la evidencia sugiere lo contrario y establece, desafortunadamente, una generalidad en términos de exposiciones prolongadas y absorción de metales pesados en muchos países desarrollados o no, cuyas políticas ambientales han sido insuficientes para frenar estos problemas. La

verdad sigue siendo que las aves presentan concentraciones altas y letales de alguno o algunos de estos elementos químicos.

La minería en nuestro país es una de las principales causas de contaminación ambiental por metales pesados, debido al manejo inadecuado de sus residuos conocidos como “jales mineros” los reportes indican que en México podrían existir millones de toneladas de jales dispersos en el territorio nacional, de los que todavía se desconocen sus condiciones y su potencial de afectación al ambiente (Yañez *et al.*, 2003; Meza-Figueroa *et al.*, 2009; Mireles *et al.*, 2012; Cortés-Jiménez *et al.*, 2013; Ramos-Arroyo y Siebe-Grabach, 2006).

#### METALES PESADOS Y METALOIDES PRESENTES EN RAPACES: HISTORIAS RECIENTES CON EVIDENCIAS CIENTÍFICAS

Desde hace algún tiempo se ha investigado el efecto provocado por diversas concentraciones de metales pesados y metaloides en el tejido hepático de rapaces, como en algunas zonas de España, en donde las “concentraciones normales de As (arsénico), Cd (cadmio), Pb (plomo) y Zn (zinc)” al parecer no tienen efectos toxicológicos graves sobre la salud de las mismas (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2006), sin embargo, estos datos no son totalmente concluyentes, cabe mencionar que se debe contrastar la información de diversas fuentes y contar con metodologías estrictas para valorar el impacto que se tiene en el ambiente. En el anterior estudio, por ejemplo, fueron analizadas nueve especies de rapaces para un total de 85 individuos, de los cuales en tres especies se analizaron 3 individuos de cada una y para una especie se estudiaron 44 ejemplares, este último representa el 51.7% de las muestras analizadas, basta mencionar que solo para España se han registrado 33 especies de aves rapaces.

En varias especies silvestres, incluidas el Águila Cabeza Blanca y el Águila Real (*Haliaeetus leucocephalus* y *Aquila chrysaetos* respectivamente), a través de los análisis sanguíneos se han reportado efectos nocivos sobre el sistema neurológico, así como en el aparato reproductivo, resultado de las altas concentraciones de arsénico, mercurio y plomo (Lehner *et al.*, 2013).

En especies como el Cóndor Californiano (*Gymnogyps californianus*), que se encuentra en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010) y cuyos hábitos alimenticios los ubican dentro de las rapaces carroñeras, la exposición a plomo es muy elevada toda vez que se han encontrado residuos de municiones de plomo en animales muertos, provocando efectos nocivos en la actividad sináptica y problemas en la conformación del tejido óseo (Hunt, 2012), además de que acorta la longevidad y tiene efectos negativos sobre la reproducción (e.g., la espermatogénesis). En el mismo caso de ingesta por carne contaminada por Pb se encuentran



Águilas Reales (Iwata *et al.*, 2000; Hunt *et al.*, 2006; Krone *et al.*, 2009), Buitres del Viejo Mundo y Aguillillas de diversas especies (Mateo, 2009; Fisher *et al.*, 2006).

En el Cernícalo Americano (*Falco sparverius*) el ácido  $\delta$ -aminolevulínico es un precursor en la síntesis de la hemoglobina, sin embargo, se puede elevar su concentración debido a la intoxicación por plomo, afectando a su vez la síntesis de porfirinas que dan como resultado que en la hemoglobina la parte del grupo hemo no se produzca de manera apropiada, y por tanto, no se realice adecuadamente el transporte de oxígeno al cuerpo (Pattee, 1985).

Nighat y sus colaboradores realizaron en 2013 estudios en Pakistán de cinco especies de la Familia *Falconidae* (halcones), nueve de *Accipitridae* (aguillillas) y cuatro *Strigidae* (búhos) debido a las altas concentraciones actuales de metales pesados en dicho país, con el objetivo de implementar medidas remediales, aunque los resultados han sido diversos en términos de concentraciones, en todos los casos han sido detectados y muestran una devastadora crisis ecológica debido a la industrialización; particularmente en países del sur de Asia, exhibiendo, entre otras cosas, el manejo inadecuado de los desechos sólidos y líquidos en zonas urbanas (Karn y Harada, 2001; Hinrichsen *et al.*, 1997; Pandey, 2006).

#### *Arsénico*

Las aves rapaces nos permiten evaluar casos específicos como el del arsénico, en donde dicho elemento, además de ser cancerígeno, es un tóxico bioacumulable (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2006). Actualmente, se desarrollan trabajos de investigación en donde se estudian los contenidos alimenticios de diversas especies de aves, sobre todo en rapaces, debido a que en restos de contenido estomacal se han encontrado rastros de As. Posiblemente su uso como arsenopirita FeAsS en productos agrícolas como pesticidas y herbicidas (Londoño-Franco *et al.*, 2016) sea una de las principales vías de ingestión directa, los hábitos alimenticios de algunas rapaces incluyen mamíferos de pequeño y mediano tamaño que se encuentran en zonas de cultivo y que ingieren metales pesados en su dieta habitual.

#### *Cadmio*

El caso del cadmio es diferente, pues demuestra exposición reciente a alguna fuente en sangre y a exposición prolongada en plumas, sin embargo, se deben tomar en cuenta variables como la edad, la época de toma de muestra, el sitio en donde fue tomada, etc. No obstante, se aprecia que individuos juveniles presentan menores concentraciones y en rapaces adultos se multiplica hasta por 10 veces su concentración (Hermoso de Mendoza *et*

al., 2006). Los efectos (al igual que la presencia de plomo) sobre el sistema endocrino de las aves pueden afectar el desarrollo y crecimiento, la muda de plumas, la migración (Stoica *et al.*, 2000; Martin *et al.*, 2003), causa enfermedades respiratorias, e inhibe la producción de huevos y el grosor de la cáscara de los mismos.

El Cd al ser utilizado como parte de algunos abonos puede estar presente en el suelo y en cuerpos de agua debido a algunos medicamentos (Figura 3), además de que podemos encontrarlo en cereales, vegetales y tubérculos (Londoño-Franco *et al.*, 2016) que forman parte de la dieta de algunos roedores y por lo tanto puede ser la vía de ingestión directa por las aves rapaces.



Figura 3. Fotografía de *Pandion haliaetus*, individuo adulto, Águila Pescadora, Tecolutla, Veracruz, algunos individuos presentan concentraciones letales de Cd debido a su alimentación estrictamente piscívora.  
Fuente: Elaboración propia (2020)

### *Cromo*

La presencia de Cr ha evidenciado que es un elemento que causa daños al material genético (*i.e.*, agente mutagénico) y en general a las células eucariontes de muchas especies (Robles-Camacho y Armienta, 2000), obviamente se han encontrado altas concentraciones no letales de cromo en aves rapaces, se continúa investigando ya que es un micro-mineral esencial en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas, sin embargo, los resultados diversos plantean estudios más específicos al respecto.

### *Mercurio*

Los análisis de sangre, plumas y huevos para pollos de Águila Cabeza Blanca (*Haliaeetus leucocephalus*), en algunos sitios de EE. UU., revelan que en un 95% de las muestras se halla Hg y que en la mayoría las concentraciones son



bajas (0.025-0.079 mg/kg – ppm), la presencia de mercurio está correlacionada con la dieta de la especie. No obstante, es importante recordar que algunos estudios establecen que en individuos adultos la cantidad de metales pesados puede ser 10 veces mayor su concentración con respecto a individuos juveniles o pollos. Es interesante que algunas evaluaciones consideran que para esta especie entre 2008 y 2010 la cantidad y concentración de mercurio en sangre y plumas ha ido en descenso (Mojica y Watts, 2011).

Por su parte, Carlson y colaboradores en 2012, encontraron mercurio en todas las muestras de sangre que analizaron en la misma especie, en promedio 0.28 ppm y en pollos se observó que en el 7.8% de los casos tuvieron niveles altos, mayores a 0.7 ppm, esto puede generar en los individuos diversos efectos toxicológicos a mediano y largo plazo durante su desarrollo.

En el Aguililla Pecho Rojo (*Buteo lineatus*) los niveles detectados de Hg son alarmantemente elevados en sangre y plumas, tanto en pollos como individuos adultos (Hanneman, 2021), por lo que no debemos pensar en generalizar en ningún momento estas situaciones, en algunas especies los riesgos de toxicidad son mayores con respecto a otras, resultado de sus hábitos alimenticios, distribución geográfica o tiempos de exposición a diversos elementos químicos, entre otras variables.

En nuestro país, Campbell (2018), ha encontrado mayor concentración de mercurio en muestras de sangre en rapaces residentes como el Aguililla Cola Corta, Halcón Fajado y Aguililla Caminera (*Buteo brachyurus*, *Falco femoralis* y *Rupornis magnirostris*, respectivamente) mientras que en rapaces migratorias como el Gavilán de Cooper y el Gavilán Pecho Canela (*Accipiter cooperii* y *Accipiter striatus*) la mayor concentración del mismo elemento es mayor en plumas, lo que sugiere claramente que las rapaces en general presentan contaminación en su cuerpo por la presencia de Hg y están expuestas e ingieren dicho metal pesado, cualquiera que sea el caso, lo podemos asociar claramente a los sitios de reproducción-anidación en el norte del continente Americano y sus sitios de descanso a lo largo de las rutas migratorias en donde las actividades industriales y las zonas urbanas generan contaminación por la gran cantidad de estos metales, para el caso mexicano es posible que al haber realizado este trabajo en el estado de Veracruz que se caracteriza por sus actividades petroquímicas, las concentraciones sean esperadamente altas debido a la alimentación y su posición en la cadena alimenticia.

El hecho es que en muchos países se puede detectar mercurio en agua, dichas muestras han sido tomadas de fuentes naturales como ríos, humedales, lagos, zonas costeras y océanos en donde las rapaces consumen peces contaminados con diversos metales pesados, entre ellos mercurio. En países industrializados, la contaminación del agua está asociada a la expansión de los proyectos industriales (Carlson *et al.*, 2012), por lo que deberían ser evaluados con criterios científicos más estrictos.

Otro aspecto a considerar es que los efectos adversos por mercurio varían en función de su forma química, concentración y tiempo de exposición, por ejemplo, la forma más tóxica del mercurio es el metil mercurio  $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$  ya que se absorbe en un 90% comparado con el cloruro de mercurio ( $\text{HgCl}_2$ ) del cual solo se absorbe un 2% (UNEP, 2003).

### *Plomo*

En especies de rapaces que se alimentan de ratas y ratones, y en cuyo caso se han acercado a centros urbanos, es más posible que los altos niveles de Pb detectados en huesos y plumas (Hunt, 2012) estén relacionados con fuentes de contaminación antrópica. El caso del Cernícalo Americano (*Falco sparverius*), (Figura 4), es uno de los ejemplos que actualmente se siguen trabajando debido a las concentraciones letales por plomo, sobre todo por el consumo de ratones de campo y su relación con pesticidas en zonas de cultivo; lo mismo sucede con diversas especies de búhos (Figura N° 5) y tecolotes en México, ya que el pelo de roedores que es expulsado en forma de egagrópilas (i.e., regurgitación de material que no fue degradado en el tubo digestivo del ave y que puede contener: huesos, dientes, pelo, plumas y materia orgánica diversa) es indicativo y acumulativo de metales pesados (McLean *et al.*, 2009).

En el caso de los Programas de Conservación y Reintroducción de rapaces como el Águila Cabeza Blanca (*Haliaeetus leucocephalus*), la solución desde el 2007 ha consistido en el cambio de perdigones o balas no tóxicas “libres de plomo” para que al ser ingeridas accidentalmente en carroña no causen daño, esto solo es parte de las acciones realizadas en la caza legal de mamíferos como trofeos deportivos en el estado de California EE. UU. (Pagel *et al.* 2012).



Figura 4. Fotografía de *Falco sparverius*, individuo macho adulto, Cernícalo Americano, Alcaldía Coyoacán, CD MX, actualmente se estudia la especie para conocer sus concentraciones de Pb en sangre, huesos, plumas y cerebro. Fuente: Elaboración propia (2016)



Figura 5. Fotografía de *Ciccaba virgata*, individuo adulto, Búho Café, Municipio de Jalpan de Serra, Querétaro.  
Fuente: Elaboración propia (2017)

### Zinc

En aves como el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*), (Figura 6), se ha considerado que la concentración fisiológica normal es de alrededor de 38 ppm en hígado, no obstante, se debe tener un registro actualizado debido a los altos niveles de contaminación por Zn en ríos, humedales, lagos y cuerpos de agua continentales en donde dicha especie se alimenta de peces seguramente con presencia de Zinc. No olvidemos que la disponibilidad de los metales pesados se debe básicamente a la historia geológica del sitio en donde se encuentran o bien a las diversas actividades antrópicas, entre ellas, el riego con aguas residuales altamente contaminadas por metales pesados.

Las altas concentraciones de este metal hace que el número de huevos por nido (*i.e.*, nidada) disminuya y particularmente se presenta un crecimiento anormal de los huesos de las aves conocido como osteocondrosis (Martorell, 2009). Finalmente, este elemento es uno de los que presenta mayor movilidad en el ambiente y es bioacumulable (Zarazúa *et al.*, 2013).



Figura 6. Fotografía de *Pandion haliaetus*, individuo adulto, Águila Pescadora, Ría Lagartos, Yucatán, puede presentar concentraciones altas de Zn debido a su alimentación estrictamente piscívora.  
Fuente: Elaboración propia (2014)

La Norma Oficial Mexicana (SEMARNAP, 1996. NOM-001-ECOL-1996) que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, abarca nueve metales pesados y metaloides y La Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT/SSA, 2004. NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004), que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de los suelos contaminados establece 12 metales pesados; de los cuales en este trabajo de investigación documental se incluyeron seis (As, Cd, Cr, Hg, Pb y Zn) ya que forman parte de estudios relacionados con aves rapaces, los resultados son variados, aunque desafortunadamente se observa un incremento de la presencia y concentración de metales pesados en aguas y suelos en la mayoría de los trabajos publicados. En el 90% de los estudios verificados, se aprecia que los promedios permitidos en agua y suelos para metales pesados están muy por arriba de los límites máximos permisibles, esto implica establecer estudios que den seguimiento a las rutas que siguen estos elementos químicos así como su permanencia en el ambiente y su potencial efecto sobre la salud de la flora y la fauna.

## CONCLUSIONES

En algunos casos las aves rapaces presentan niveles no letales o subletales de metales pesados, sin embargo, su evaluación continua puede brindar información importante a futuro y aclarar los efectos toxicológicos a largo plazo.

Aunque no es una generalidad, diversas poblaciones de aves en todo el mundo están disminuyendo considerablemente, algunas de ellas posiblemente relacionadas con el Cambio Climático, o bien por efectos graves de la contaminación ambiental.

Este trabajo de investigación documental puede ser útil para analizar la migración de rapaces proveniente del norte del continente americano y que converge en la ruta de los estados mineros y petroleros como: Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas y en donde los datos por contaminación de suelos y agua están muy por arriba de lo permitido en las normas oficiales mexicanas, es altamente probable que la actividad minera desarrollado desde tiempos de la Colonia y la petrolera, sean las razones por las cuales existen lugares que pueden ser considerados como sitios de alta exposición por metales pesados y metaloides en aves rapaces, cabe mencionar que esto no es tan diferente en los países del norte como EE. UU. y Canadá debido a su propia historia minera y petrolera, además de la creciente industria en todas las áreas del desarrollo, con sus claras consecuencias para la flora y la fauna.

En rapaces, los resultados indican que algunas aves aumentaron sus poblaciones, otras se han mantenido constantes, mientras que otras van en franca disminución, por lo tanto, faltarían estudios concluyentes sobre el tema.

La cercanía a zonas urbanas, industriales o agrícolas puede incrementar las concentraciones de metales pesados en aves por los hábitos alimenticios propios de cada especie. En algunos casos, como en el Río Lerma en el Estado de México, se ha registrado baja biodiversidad (Zarazúa *et al.*, 2013) posiblemente asociada a las altas concentraciones de metales pesados, ya que es un sitio de descarga de aguas contaminadas por actividades industriales, agrícolas y urbanas. Es importante, además, considerar la persistencia de metales pesados en la naturaleza y sus intrincadas redes en los ecosistemas.

Sin duda, la información presentada es una fuente muy confiable que nos permite tomar decisiones sobre la contaminación por metales pesados en modelos como las aves rapaces y establece otras dudas sobre ¿qué sucederá con la flora y fauna a corto, mediano y largo plazo? ya que su destino está íntimamente ligado al futuro de nosotros mismos.

## REFERENCIAS

- Bairlein, F.** (2003). The study of bird migrations – some future perspectives. *Bird Study* 50: 243-253.
- BirdLife International.** (2004a). *Birds in Europe: population estimates, trends, and conservation status*. United Kingdom.
- BirdLife International.** (2004b). *State of the world's birds 2004: indicators, for our changing world*. United Kingdom.
- Campbell, M.L.** (2018). *Metales pesados en aves rapaces residentes y migratorias en Veracruz, México*. Tesis de Maestría en Ciencias en Ecología y Biotecnología. Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada. Universidad Veracruzana, pp. viii-126.
- Carlson, J.T., Harmata, A.R., & Restani, M.** (2012). Environmental contaminants in nestling Bald Eagles produced in Montana and Wyoming. *Journal of Raptor Research* 46: 274-282.
- Cortés-Jiménez, E.V., Mugica-Álvarez, V., González-Chávez, M.C., Carrillo-González, R., Martínez-Gordillo, M., & Vaca-Mier, M.** (2013). Natural revegetation of alkaline tailing heaps at Taxco, Guerrero, Mexico. *International Journal of Phytoremediation* 15: 127-141.
- Del Hoyo, J., & Collar, N.J.** (2014). *Illustrated checklist of the birds of the world. Volume 1. Non-passerines*. HBW and BirdLife International, Lynx. Spain, pp. 476-699.
- Fisher, I.J., Pain, D.J., & Thomas, V.G.** (2006). A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. *Biological Conservation* 131: 421-432.
- Hanneman, M.J.** (2021). *Migratory ecology, stopover and winter habitats, and mercury concentrations of Red-Shouldered Hawks (Buteo lineatus) breeding in central and northeastern Wisconsin*. Thesis Master of Science in Natural Resources (Wildlife). University of Wisconsin-Stevens Point, Wisconsin. United States of America, pp. iii-7.
- Hermoso de Mendoza, M., Soler, R.F., Hernández, M.D., Gallego, R.M.E., López, B.A. & Pérez, L.M.** (2006). Estudio comparativo del nivel hepático de metales pesados y metaloides en aves rapaces diurnas de Galicia y Extremadura. *Revista de Toxicología* 23: 138-145.
- Hinrichsen, D., Robey, B., & Upadhyay, U.D.** (1997). *Solutions for a water-short world population reports, Series M, No. 14*. Baltimore, John Hopkins School of Public Health, Population Information Program.
- Hunt, W.G.** (2012). Implications of sublethal lead exposure in avian scavengers. *Journal of Raptor Research* 46: 389-393.
- Hunt, W.G., Burnham, W., Parish, C.N., Burnham, K., Mutch, B., & Oaks, J.L.** (2006). Bullet fragments in deer remains: implications for lead exposure in scavengers. *Wildlife Society Bulletin* 34: 168-171.



- Iwata, H.,** Watanabe, M., Kim, E-Y, Gotoh, R., Yasunaga, G., Tanabe, S., Masuda, Y., & Jujita, S. (2000). *Contamination by chlorinated hydrocarbons and lead in Steller's Sea Eagle and White-tailed Sea Eagle from Hokkaido, Japan*. Pages 91-106 in M. Utea and M.J. McGrady (Eds.), First Symposium on Steller's and White-tailed Sea Eagle in East Asia. Wild Bird Society of Japan, Tokyo, Japan.
- Londoño-Franco, L.F.,** Londoño-Muñoz, P.T., & Muñoz-García, F.G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 14: 145-153.
- Martorell, J.** (2009). Intoxicaciones en aves. *Asociación de Veterinarios Españoles Especialistas en Pequeños Animales* 29: 172-178.
- Mateo, R.** (2009). *Lead poisoning in wild birds in Europe and the regulations adopted by different countries*. Pages 71-98 in R.T. Watson, M. Fuller. M. Pokras, and W.G. Hunt (Eds.), Ingestion of lead from spend ammunition: implications for wildlife and humans. The Peregrine Fund, Boise, ID U.S.A.
- McLean, C.M.,** Koller, C.E., Rodger, J.C., & MacFarlane, G.R. (2009). Mammalian hair as and accumulative bioindicator of metal bioavailability in Australian terrestrial environments. *Science of the Total Environment* 407: 3588-3596.
- Mojica, E.K.,** & Watts, B.D. (2011). *Bald Eagle nest productivity and contaminant monitoring at naval support facility Indian Head, Maryland: Final Report*. Center for Conservation Biology, pp. 6-27.
- Nighat, S.,** Iqbal, S., Nadeem, M.S., Mahmood, T., & Shah, S.I. (2013). Estimation of heavy metals residues from the feathers of Falconidae, Accipitridae, and Strigidae in Punjab, Pakistan. *Turkish Journal of Zoology* 37: 488-500.
- Pagel, J.E.,** Sharpe, P.B., Garcelon, D.K., Little, A.E., Taylor, S.K., Faulkner, K.R., & Gorbics, C.S. (2012). Exposure of Bald Eagles to lead on the northern Channel Islands, California. *Journal of Raptor Research* 46: 168-176.
- Pandey, S.** (2006). Water pollution and health (review article). *Kathmandu University Medical Journal* 4: 128-134.
- Karn, S.K.,** & Harada, H. (2001). Surface water pollution in three urban territories of Nepal, India, and Bangladesh. *Environmental Management* 28: 483-496.
- Kirby, J.S.,** Stattersfield, A.J., Butchart, S.H.M., Evans, M.I., Grimmett, R.F.A., Jones, V.R., O'Sullivan, J., Tucker, G.M., & Newton, I. (2008). Key conservation issues for migratory land- and waterbird species on the world's major flyways. *Bird Conservation International* 18: 49-73.
- Klaassen, M.,** Hoyer, B.J., Nolet, B.A., & Buttermer, W.A. (2012). Ecophysiology of avian migration in the face of current global hazards. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 367: 1719-1732.
- Krone, O.,** Kenntner, N., Trinogga, A., Nadjafzadeh, M., Scholtz, F., Sulawa, J., Totschek, K., Schuck-Wersig, P., & Zeischank, R. (2009). *Lead poisoning in White-tailed Sea Eagle: causes and approaches to solutions in Germany*. Pages 289-301 in R.T. Watson, M. Fuller. M. Pokras, and W.G. Hunt

- (Eds.), Ingestion of lead from spend ammunition: implications for wildlife and humans. The Peregrine Fund, Boise, ID U.S.A.
- Lehner**, A.F., Rumbelha, W., Shlosberg, A., Stuart, K., Johnson, M., Domenech, R., & Langner, H. (2013). Diagnostic analysis of veterinary dried blood spots for toxic heavy metals exposure. *Journal of Analytical Toxicology* 37: 406-422.
- Martin**, M.B., Reiter, R., Pham, T., Avellanet, Y.R., Camara, J., & Lahm, M. (2003). Estrogen-like activity of metals in MCF-7 breast cancer cells. *Endocrinology* 144: 2425-2436.
- Meza-Figueroa**, D., Maier, R.M., de la O-Villanueva, M., Gómez-Álvarez, A., Moreno-Zazueta, A., Rivera, J., Campillo, A., Grandlic, C.J., Anaya, R., & Palafox-Reyes, J. (2009). The impact of unconfined mine tailings in residential areas from a mining town in a semi-arid environment: Nacozari, Sonora, Mexico. *Chemosphere* 77: 140-147.
- Mithöfer**, A., Shulze, B., & Boland, W. (2004). Biotic and heavy metal stress response in plants: evidence for common signals. *FEBS Letters* 566: 1-5.
- Mireles**, F., Dávila, J.I., Pinedo, J.L., Reyes, E., Speakman, R.J., & Glascock, M.D. (2012). Assessing urban soil pollution in the cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico by instrumental neutron activation analysis. *Microchemical Journal* 103: 158-164.
- Pattee**, O.H. (1985). Eggshell thickness and reproduction in American Kestrels exposed to chronic dietary lead. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 13: 29-34.
- Peralta-Videa**, J.R., López, M.L., Narayan, M., Saupe, G., & Gardea-Torresdey, J. (2009). The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 41: 1665-1677.
- Ramos-Arroyo**, Y.R., & Siebe-Grabach, C.D. (2006). Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23: 54-74.
- Robles-Camacho**, J. & Armienta, M.A. (2000). Natural chromium contamination of groundwater at Leon Valley Mexico. *Journal of Geochemical Exploration* 68: 167-181.
- Rodríguez-Estrella**, R., & Bojórquez, T.L.A. (2004). *Spatial analysis in raptor ecology and conservation*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 1-174.
- Schützendübel**, A., & Polle, A. (2002). Plant responses to abiotic stress: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of Experimental Botany* 53: 1351-1365.



- SEMARNAP.** (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. *Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes de las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México, pp. 2-18.
- SEMARNAT.** (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. *Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo*. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, pp. 25-26.
- SEMARNAT/SSA.** (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004. *Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de los suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Secretaría de Salubridad y Asistencia, México, pp. 38-45.
- Smeets, K., Cuypers, A., Lambrechts, A., Semane, B., Hoet P., Van Laere, A., & Vangronsveld, J.** (2005). Introduction of oxidative stress and antioxidative mechanisms in *Phaseolus vulgaris* after Cd application. *Plant Physiology and Biochemistry* 43: 437-444.
- Stoica, A., Katzenellenbogen, B.S., & Martin, M.B.** (2000). Activation of estrogen receptor  $\alpha$  by the heavy metal cadmium. *Molecular Endocrinology* 14: 545-553.
- Straub, R.** (2007). *Site guide to the birds of Veracruz*. Pronatura-CONABIO. México, pp. 13-16.
- UNEP.** (2013). *Global mercury assessment 2013: Sources, emissions, releases and environmental transport*. United Nations Environmental Programme Chemicals Branch, Ginebra, Suiza, pp. 32.
- Yañez, L., García-Nieto, E., Rojas, E., Carrizales, L., Mejía, J., Calderón, J., Razo, I., & Díaz-Barriga, F.** (2003). DNA damage in blood cells from children exposed to arsenic and lead in a mining area. *Environmental Research* 93: 231-240.
- Zarazúa, G., Ávila-Pérez, P., Tejeda, S., Valdivia-Barrientos, M., Zepeda-Gómez, C., & Macedo-Miranda, G.** (2013). Evaluación de los metales pesados Cr, Mn, Fe, Cu, Zn y Pb en sombrerillo de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*) del curso alto del Río Lerma, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29 (Sup. 2): 17-24.

# Elementos críticos sobre las nanotecnologías en México

Critical elements on nanotechnologies in Mexico

—

Ángeles Ortiz-Espinoza<sup>1</sup>  
angeles.ortiz.espinoza@uaz.edu.mx  
ORCID: 0000-0002-9852-8342

Guillermo Foladori<sup>1</sup>  
12foladori@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7441-3233

Ericka Bracamonte Arámburo<sup>2</sup>  
ericka.bracamonte99@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-9386-8463

1 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS, ZACATECAS, MÉXICO

2 UNIVERSIDAD DE SONORA, HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO



Para citar este artículo:

Ortiz Espinoza, Ángeles., Foladori, G., & Bracamonte Arámburo, E. (2022). Elementos críticos sobre las nanotecnologías en México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a04>

## RESUMEN

Como parte del Proyecto Conacyt-Ciencia de Frontera: una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México, se realizó un cuestionario electrónico exploratorio sobre las investigaciones de nanotecnología para salud/medicina en el país. El propósito fue examinar la perspectiva de los expertos para, posteriormente, realizar entrevistas individuales de mayor profundidad. Dada la riqueza de los datos y el alcance global de las reflexiones, el presente texto busca exponer los resultados obtenidos y analizar las condiciones de las nanotecnologías en México con base en las respuestas. Dentro de los principales resultados se encontró la perspectiva generalizada sobre la necesidad de contar con un inventario actualizado de nanotecnologías en México, así como el desconocimiento de los investigadores en algunos temas de normalización y regulación. Del mismo modo, se observó que el principal inversor en investigación en nanomedicina es el Estado, habiendo poca colaboración de los investigadores con la iniciativa privada.

### Palabras clave:

*Nanotecnologías; salud; medicina; regulación; política pública.*

— *Abstract* —

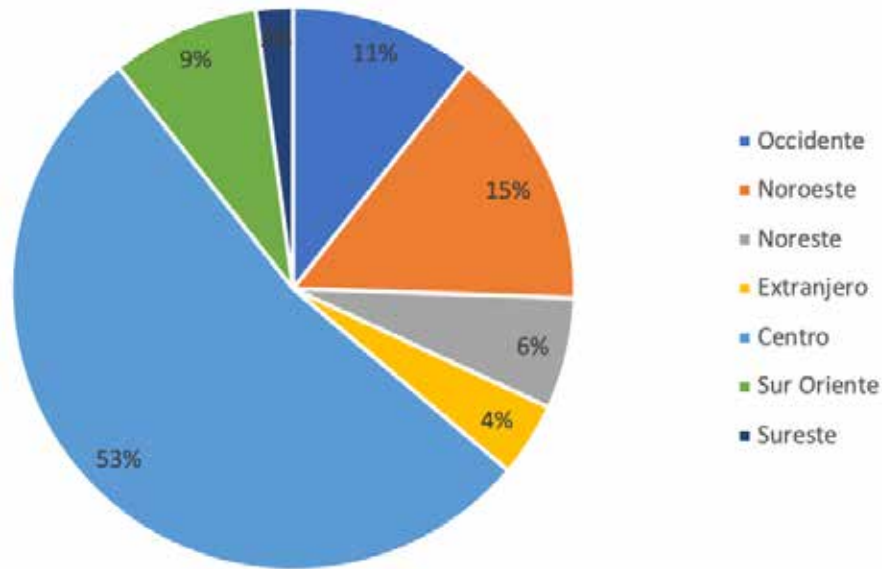
As a part of the Conacyt-Ciencia de Frontera Project: A critical review of nanotechnologies development in Mexico, an exploratory electronic questionnaire was carried out regarding research on nanotechnology for health/medicine in the country. The purpose was to examine the perspective of the experts to subsequently conduct individual interviews in greater depth. Given the data richness and the reflections' global scope, the objective of this text is to present the obtained results and analyze the nanotechnologies conditions in Mexico based on the answers. Among the main results, we found the generalized perspective on the need to have an updated inventory of nanotechnologies in Mexico, as well as the lack of knowledge of researchers in some standardization and regulation issues. In the same way, it is observed that the main investor in nanomedicine research is the State, with little collaboration between researchers and private initiative.

**Keywords:**

*Nanotechnologies; health; medicine; regulation; public policy.*

A finales de 2021, como parte del Proyecto Conacyt-Ciencia de Frontera 2019 No. 304320 *Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México*, se realizó el levantamiento, de manera electrónica, de un cuestionario exploratorio relativo a las investigaciones sobre nanotecnología para la salud/medicina en el país. El propósito fue examinar los temas y preguntas a partir de un amplio número de respuestas, para mejorarlo con el fin ulterior de realizar entrevistas individuales de mayor profundidad. Dada la riqueza de los resultados y el alcance global de las reflexiones, hemos decidido presentar aquí una sistematización. Los encuestados se seleccionaron a partir de la base de datos del proyecto mencionado sobre publicaciones científicas en el tema de autores con sede en México (Robles Belmont, 2021).

La metodología realizada partió del levantamiento de un cuestionario electrónico que constó de 68 preguntas divididas en seis módulos: el primero de ellos solicitaba información sobre el perfil del entrevistado, así como algunos datos generales acerca de la investigación realizada. En los módulos posteriores se incluyeron las siguientes temáticas: regulación, investigación y desarrollo, riesgos a la salud y al medio ambiente, y principales áreas de investigación. Se obtuvieron 47 respuestas de investigadores, la mayoría de los cuales se encuentra trabajando en la zona centro del país (ver figura 1). Luego del levantamiento, se llevó a cabo un análisis basado en la estadística descriptiva de cada uno de los módulos mencionados, vinculando dicha información con las distintas normativas y documentación relacionada con las temáticas tratadas, así como con datos de fuentes alternas al cuestionario que robustecieran los resultados obtenidos.



Nota: Centro: Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí. Noreste: Coahuila, Durango, Nuevo León. Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Sonora. Occidente: Aguascalientes, Jalisco, Michoacán. Sur oriente: Hidalgo, Puebla. Sureste: Tabasco.

Aunque un 4 % de los investigadores radican en el extranjero, sus trabajos de investigación se llevan a cabo en el contexto nacional.

Figura 1. Distribución regional de la investigación en nanomedicina en México. Fuente: Elaboración propia con base en el cuestionario relativo a las investigaciones sobre nanotecnología en México.

Las investigaciones abarcan diferentes aplicaciones de nanotecnología al sector salud/medicina y con distinto grado de potencial aplicación. La distinción entre ciencia básica y ciencia aplicada, que cobró fuerza desde mediados del siglo XX, ha quedado en desuso en las últimas décadas una vez que el término tecnociencia se ha consolidado y con ello la distinción entre ciencia y tecnología evanescido. Sin embargo, la distinción fue mantenida en el cuestionario debido a que aún se conserva en documentos oficiales y es común entre científicos de las ciencias físico naturales (Roll-Hansen, 2017). No obstante, lo anterior, más adelante se hará referencia a cómo la presión del mercado por rápidos retornos del capital invertido en Investigación y Desarrollo es lo que desvirtúa la distinción entre ciencia básica y aplicada, algo que es también mucho más marcado en los países donde el financiamiento es directa o indirectamente privado; algo que aún no ocurre en México.

De los encuestados, el 53 % consideró que su investigación corresponde al rubro de ciencias básicas mientras que un 34 % al rubro de ciencia aplicada; el resto declaró que sus investigaciones correspondían a ambos rubros. En este aspecto es importante mencionar que desde 2019 el Conacyt busca orientar la investigación hacia áreas de frontera científica que tengan impacto social. A medida que esta orientación general se cristalice en los proyectos de investigación es posible que modifique el uso de conceptos como ciencia

básica o aplicada. Para fines empresariales el término ciencia básica dejó de ser atractivo desde los años noventa; es posible que para fines político-sociales ocurra algo semejante, aunque bajo diferente interés estratégico.

La mayoría de las investigaciones se han desarrollado de manera grupal (94 %). De aquellos que respondieron que llevan a cabo investigaciones en colectivo, un 62 % dijo trabajar en equipos de hasta tres personas; un 24 % en grupos de entre cuatro y cinco investigadores, y un 14 %, de seis o más. Llama la atención la importante participación de estudiantes de licenciatura: el 97 % de los que afirmaron hacer investigación de manera grupal incluían en sus equipos de trabajo estudiantes de este nivel educativo, algo que podría incentivarse aún más integrando estas prácticas de manera flexible en los currículos académicos, como ocurre en otros países y universidades.

Además de esta breve introducción, la cual incluye los principales hallazgos del primer módulo del cuestionario, el presente texto se divide en cuatro secciones. Primero, revisa información referente a las principales áreas de aplicación y conocimiento. En seguida son presentados los datos obtenidos con respecto al tema de regulación de las nanotecnologías en México. Posteriormente, se muestran los resultados en cuanto a la producción, la investigación y el desarrollo de las nanotecnologías en el país. Por último, son expuestas algunas consideraciones finales.

## ÁREAS DE APLICACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO

Las nanotecnologías constituyen una amplia gama de tecnologías caracterizadas por manipular la materia a nivel atómico y molecular, convencionalmente entre 1 y 100 nanómetros. El propósito de los trabajos en el tema es explorar las nuevas funcionalidades que la materia puede manifestar en ese tamaño y que son diferentes de las que se conocen en escala macro. Se trata de un área de investigación con crecimiento acelerado a partir de este siglo y en muchos casos requiere de participación interdisciplinaria, tanto porque a nivel atómico se borran las tradicionales diferencias entre la química y la física y entre lo vivo y no vivo, como porque las aplicaciones pueden requerir de participación de las ingenierías (High Level Expert Group, 2004; Roco, 2003). Además, si consideramos los potenciales riesgos también novedosos a la salud y al ambiente, las ciencias sociales y humanas cobran un papel significativo. Por estas razones, la identificación de un área como salud/medicina no es simple. Se da el caso, por ejemplo, que investigación básica sobre propiedades de materiales en nanoescala susciten su potencial aplicación médica, aunque el punto de partida no iba más allá del conocimiento del efecto de la combinación de determinados materiales; "una solución en busca de problemas" (Wilsdon, 2004, p. 16).

No es casual que la mayoría de las respuestas ubiquen su investigación en más de un área de las nanomedicinas considerando la multifuncionalidad de las nanotecnologías. Con todo, el sector que convocó más respuestas es el de biofarma, donde se ubica la producción de fármacos con nanotecnología (incluyendo vacunas) y la entrega y liberación dentro del organismo; ambos aspectos constituyen una destacada ventaja del encapsulamiento nanométrico de los fármacos y su liberación en determinados órganos o células específicas y en momentos adecuados. El 74 % de las respuestas —las cuales no son mutuamente excluyentes— consolidó a la biofarma como el área de mayor interés en las investigaciones en nanomedicina en México. Por su parte, entre el 40 y el 47 % de las respuestas combinaron investigaciones en *implantes* con otros temas, destacando los sensores. Del mismo modo, en el área de *instrumentos* también sobresale el interés por biosensores y en el área de *diagnóstico* el énfasis está en la imagenología.

Es destacable que casi la mitad de todas las opciones de investigación (47 %) se inclinara por considerar los potenciales riesgos de las nanotecnologías a la salud y el ambiente, un tema pendiente a nivel mundial debido a que, como veremos más adelante, no hay legislación que trate a los nanomateriales como nuevas sustancias a fin de regular su control; la mayoría de los productos con nanotecnología no están etiquetados con los componentes nano que incluyen; no existe responsabilidad por parte de los productores en caso de efectos adversos y tampoco hay medidas para controlar y supervisar las importaciones. Los y las trabajadoras de empresas que manufacturan con nanotecnología no tienen información al respecto, por el desconocimiento y por las cláusulas de confidencialidad. Aún menos se sabe sobre los efectos de las nanopartículas en los ecosistemas. El desconocimiento generalizado sobre el tema de los riesgos se ve fortalecido por los propios cursos de posgrado en nanotecnología, cuyos programas tienden a resaltar los aspectos benévolos de las nanotecnologías, evadiendo los potenciales riesgos (Chemsec.org, s/f; ChemTrust, 2013).

Con información obtenida del cuestionario, se rescata que sólo el 36 % de las respuestas señalaron que existían en su institución proyectos relativos a la potencial toxicidad de las nanopartículas. Considerando que se trata de investigadores en áreas de la salud/medicina este porcentaje no es halagüeño.

Dado que la mayoría de las respuestas consideran importante que exista un registro nacional de investigación y desarrollo, y de empresas que producen con nanotecnologías, puede considerarse que la realización de un inventario, el monitoreo de la producción y la comercialización y la elaboración de medidas de regulación, son algunas de las asignaturas pendientes en México y que podría tener el apoyo de sectores importantes de investigación en nanotecnología, particularmente en el área de la salud.



## REGULACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO: LA PERSPECTIVA DE LOS INVESTIGADORES

La regulación de los materiales es una política reciente en la historia del desarrollo de la industria química. Si bien las primeras medidas en la materia se han llevado a cabo en los Estados Unidos y en Europa desde los años setenta, no fue sino hasta el 2006 con la regulación denominada *Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas* (REACH, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea que se dio un avance significativo. Esta reglamentación atiende los potenciales impactos de las sustancias químicas en la salud humana y en el medioambiente y puede considerarse una de las más avanzadas a nivel mundial.

Una vez en vigor, la REACH se enfrentó a un desafío: el estatus de los nanomateriales. Desde los años ochenta se sabe que varios materiales conocidos manifiestan propiedades físico-químicas novedosas cuando están en tamaño nanométrico, por ejemplo, materiales que no son reactivos en macroescala se convierten en reactivos en tamaño nano, mientras que otros que a nanoescala son conductores o semiconductores, se conocen por ser aislantes en tamaño mayor. Lo anterior es propio de la prevalencia de las fuerzas cuánticas debido a la mayor superficie externa relativa en relación a su masa, cuando la materia está en tamaño nanométrico. Esta funcionalidad es la razón del auge del financiamiento a la industria y la carrera por aplicar las nanotecnologías en los sectores económicos desde el año 2000 y a escala global (RS&RAE, 2004).

El desafío de la REACH está en que, como la materia en nanoescala manifiesta propiedades físico-químicas diferentes a la macroescala, es posible que también desarrolle diferente toxicología, consideración que fue señalada por algunos científicos desde los años noventa. A comienzos de la década del 2000, varias ONG ambientalistas denunciaban la entrada al mercado de productos de nanotecnologías sin un análisis toxicológico adecuado a su funcionalidad (ETC group, 2002); ya en 2004, una reunión de expertos de la Community Health and Consumer Protection de la Comisión Europea advirtió sobre los riesgos y la imposibilidad de derivar propiedades de la materia en macroescala a la microescala (Community Health and Consumer Protection, 2004).

En general, se utilizan las propiedades de los materiales en nanoescala en la industria de manera rápida y extensiva, pero no se asumen los riesgos a la salud y el ambiente con igual velocidad. Además, la industria insiste en que los exámenes macro son suficientes y replicables para el tamaño nano de la materia (e.g. Foladori & Invernizzi, 2021). Es hasta finales de la primera década del siglo XXI que la Unión Europea comienza

a introducir algunos criterios de reglamentación para ciertos productos con nanotecnologías (Figura 2)<sup>1</sup>.

**Tabla 1**

*Resumen de las principales reglamentaciones de nanotecnologías en la Unión Europea*

Fecha	Tema	Título	Principal reglamentación
2008, Dic.	Aditivos alimentarios	Sobre aditivos alimentarios	Evaluación previa, etiquetado
2009, Dic.	Cosméticos	Sobre productos cosméticos	Etiquetado
2011, Nov.	Alimentos	Sobre el suministro de información alimentaria a los consumidores	Etiquetado
2011, Ene.	Plásticos en contacto con alimentos	Sobre materiales y objetos plásticos	Evaluación previa. Etiquetado
2012, Jun.	Biocidas	Sobre el mercado y uso de productos biocidas.	Etiquetado e información específica
2015, Dic.	Alimentos	Sobre nuevos alimentos	Información específica
2017, Abr.	Medicina	Sobre dispositivos médicos	Requisito especial para autorización
2018, Dic.	Revisión de REACH	Nanoformas o nanosustancias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de nanoforma y grupo de nanoforma</li> <li>• Requerimiento de nuevos análisis técnicos</li> <li>• Reporte de cualquier nanoforma</li> <li>• Incorpora a los usuarios intermedios en el reporte</li> </ul>

Fuente: Foladori (2021)

Otros países como China, Irán, Taiwán, Tailandia y los Estados Unidos también tienen algunas reglamentaciones para las nanotecnologías. No es así en el caso de América Latina, que opta por dejar en manos de organizaciones privadas o semiprivadas normas voluntarias sobre las características y potenciales riesgos de los nanomateriales (Anzaldo Montoya, 2022; Anzaldo Montoya & Foladori, 2022).

En el ámbito académico y de investigación existen controversias sobre la necesidad de reglamentar los nanomateriales; mientras en el ámbito industrial la posición es de sistemática oposición porque la reglamentación es percibida como una dificultad comercial y como una traba al beneficio económico. Tal es así que la política de regulación avanza muy lentamente

1 "Los expertos del panel opinaron unánimemente que los efectos adversos de las nanopartículas no se pueden predecir (o derivar) de la toxicidad conocida del material a granel" (Community Health and Consumer Protection, 2004, p. 11).

mientras la entrada al mercado de productos nanotecnológicos es creciente y prácticamente sin barreras (DTU Environment *et al.*, s/f; The European Consumer Organisation, 2013; Woodrow Wilson Center, 2017).

En México no existe un registro de las empresas que utilicen nanocomponentes para producir, ni de las importaciones; tampoco existen atisbos de algún tipo de reglamentación. Por el contrario, la Secretaría de Economía se ha sumado a los lineamientos de los Estados Unidos que son de los más laxos (Foladori & Záyago Lau, 2014).

Dada la incertidumbre de los potenciales efectos tóxicos de las nanopartículas y el rápido incremento de productos comercializados que las incorporan y circulan en los mercados internacionales, se incluyó en el cuestionario un módulo sobre el tema. A continuación, se resumen los resultados de las cuatro preguntas del cuestionario relativas a temas regulatorios y de gobernanza de las nanotecnologías.

#### SOBRE EL REGISTRO DE EMPRESAS QUE TRABAJAN O COMERCIALIZAN NANOMATERIALES

Algunos países como Francia y Bélgica han instaurado como medida obligatoria un registro para empresas (públicas y privadas) y laboratorios de investigación que compran, venden o manipulan nanomateriales sea en estado puro, en combinaciones o incorporado a otros productos, y que implique la cantidad mínima de 100 gramos anuales de una sustancia que se considere en estado nanoparticulado (ChemSafetyPro, 2016)<sup>2</sup>. En este sentido, se preguntó a los investigadores acerca de la consideración de implementar en México un registro semejante.

Más del 90 % consideró importante o necesario un registro equivalente en México; y solo el 4 % de los encuestados respondió que no era necesario el establecimiento de un registro en dónde se consolide la información sobre la investigación, compra y manipulación de nanomateriales, similar al de países como Francia, Dinamarca, Noruega, Bélgica, Suecia.

---

2 Se refiere a una "sustancia producida intencionalmente a escala nanométrica que contiene partículas no unidas, en forma agregada o en forma de aglomerado, de las cuales el 50% son partículas que en la distribución del tamaño del número, tienen una o más dimensiones externas comprendidas entre 1 nm y 100 nm. (Esta proporción mínima podrá reducirse en casos concretos cuando esté justificado por motivos relacionados con la protección del medio ambiente, la salud pública, la seguridad o la competitividad. No obstante, los fullerenos, las escamas de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más de sus dimensiones externas inferiores a 1 nm deben considerarse sustancias en estado nanoparticulado)" (European Commission, 2011).

## SOBRE EL ETIQUETADO DE LOS PRODUCTOS DE LAS NANOTECNOLOGÍAS QUE ENTRAN AL MERCADO

Algunos países comenzaron a etiquetar los productos de las nanotecnologías a finales de la primera década del siglo. En diciembre de 2008, la Unión Europea impuso el etiquetado de los aditivos alimentarios, en 2009 de los cosméticos, en 2011 de los alimentos y de plásticos en contacto con ellos, y en 2012 de los biocidas (European Commission, varios años). Otros países como Taiwán, Irán, Tailandia (Karim & Munir, 2014) y Nueva Zelanda (EPA, 2012) también están etiquetando determinados productos con nanotecnologías. Estas medidas han obligado a países que exportan hacia estas regiones a etiquetar sus productos, incluido México, en donde algunas empresas ya lo están haciendo (*e.g.* Nivea en ciertos cosméticos).

Se argumenta que el etiquetado permite transparencia al consumidor, sin embargo, etiquetar no implica que exista prohibición de comercializar. No obstante, algunos productos que tempranamente fueron etiquetados están en vía de ser prohibidos por contener varios elementos químicos considerados tóxicos (Bergeson, *et al.*, 2022). De hecho, hay una amplia discusión sobre la utilidad de reglamentaciones como el etiquetado.

Siguiendo la discusión internacional, en el cuestionario realizado se pregunta a los investigadores si consideran pertinente establecer una reglamentación sobre el etiquetado de componentes nano en los productos comercializados. La mayoría (87 %) se inclina favorable al etiquetado.

Un comentario que destaca es acerca de la dificultad de etiquetar productos con elementos en tamaño nano cuando la potencial toxicidad es discutible. Otros comentarios se refieren a si el consumidor tiene condiciones para evaluar lo que son los nanomateriales. Colocar, por ejemplo, una etiqueta que explicita que los filtros solares contienen "TiO<sub>2</sub> Nano" o "ZnO Nano", no significa que el consumidor conozca los códigos de los elementos químicos y aunque la indicación aparezca en extenso (*e.g.* dióxido de titanio nano) no hay garantía que sepa el grado de riesgo a la salud de este elemento químico. Este tipo de incertidumbre sucede con todos los elementos etiquetados, pero no deja de ser un aspecto controvertido.

En aquel sentido, otros comentarios señalan que, de repetirse el término "nano" en etiquetas sobre el riesgo a la salud, podría crearse una asociación negativa alrededor de estos productos e, incluso, generar un rechazo a la información científica. Algunos de los investigadores encuestados están preocupados por la posibilidad de que se entorpezca la investigación y el desarrollo en general, por causa de quejas surgidas de la apreciación de los consumidores sobre determinados productos en particular. Como puede

verse, el etiquetado es un tema altamente discutible y que requiere de una posición oficial, algo que será acentuado por la previsible expansión de este tipo de requisitos en los mercados de países afluyentes.

### EL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN EN MÉXICO

El Principio de Precaución fue generalizado a nivel internacional luego de su aprobación en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992 (UN-GA, 1992). El principio establece que cuando existen indicios de potencial riesgo a la salud o el ambiente es necesario tomar medidas precautorias, aun cuando no existan evidencias científicas concluyentes. Varios países han reconocido el principio, siendo parte, por ejemplo, de la reglamentación de químicos (REACH) de la Unión Europea (European Union Legislation, 2000) y de la estrategia para las nanotecnologías (European Commission, 2004).

El principio de precaución tiene su fundamento en el hecho de que los análisis de toxicidad realizados en los laboratorios no son nunca concluyentes, debido a varias razones, como el hecho de lo reducido del tiempo de análisis, siendo que existen elementos que son bioacumulables y la manifestación de toxicidad sólo se presenta años o décadas después; o lo reducido de la cantidad de variables que se pueden utilizar, lo que contrasta con las miles o millones que potencialmente intervienen en un ser vivo, o la imposibilidad de analizar el impacto en un ecosistema, etc. La Agencia Ambiental de la Unión Europea compiló dos tomos con ejemplos de elementos químicos que sólo fueron reglamentados décadas después de haberse denunciado su toxicidad y por no aplicar la precaución (EEA, 2002, 2013).

El caso de los nanomateriales es particularmente crítico el principio de precaución. Debido a su amplia superficie en relación a su volumen los nanomateriales son más reactivos y esto sugiere que el impacto en los organismos vivos y en los ecosistemas tiene efectos desconocidos, y eventualmente de riesgo.

México ha suscrito varios convenios internacionales donde se acepta el principio de precaución, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. También participa en tribunales como la Corte Interamericana de Derechos Humanos donde el principio está incluido (DOF - Diario Oficial de la Federación, 2020), al igual que en el Tribunal Internacional del Derecho del Mar donde se ha designado un juez especializado. A nivel legislativo interno, este principio forma parte de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y del decreto sobre el glifosato (DOF - Diario Oficial de la Federación, 2020); y ha sido utilizado por la Suprema Corte de Justicia (Medida Precautoria -Maíz Transgénico-, 2021).

Tomando como base las consideraciones anteriores respecto del principio de precaución, se preguntó a los investigadores la pertinencia de que en México se utilizara dicho principio para regular los materiales nanoparticulados. A este respecto, el 85 % de las respuestas fueron favorables a incorporar el principio en la regulación de las nanotecnologías en México. Un 6 % se manifestó contundentemente en contra; algunos apoyándose en que el principio de precaución no se basa en evidencia científica, o sea, en análisis de laboratorio; o que podría entorpecer la investigación y desarrollo.

Entre los que apoyaron la incorporación del principio de precaución, hubo algunos comentarios condicionantes. Se señaló, por ejemplo, que existe una incertidumbre sobre la definición de nanopartícula, lo cual puede hacer que se aplique el principio a materiales que no manifiesten propiedades diferentes a los materiales en macroescala. También se advirtió respecto de la burocratización, que las medidas reglamentarias pueden conllevar.

#### NANOTECNOLOGÍAS: NORMAS VOLUNTARIAS Y/O REGULACIÓN OFICIAL

Las normas industriales surgen por la necesidad de que la materia prima se ajuste a criterios de calidad y homogeneidad para su comercio. Esta necesidad se incrementa con la globalización durante los años ochenta y noventa, cuando las normas industriales crecieron, como las de la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), impulsadas por las grandes corporaciones a fin de promover el libre comercio y reducir las barreras comerciales. Al crecer, opacan cualquier tipo de reglamentación estatal obligatoria (OECD & ISO, 2017).

En 2005, la ISO crea el Comité Técnico 229 (ISO TC-229) dedicado a nanotecnologías, a la fecha ha publicado cerca de 100 normas o estándares en la materia. Por su parte, los comités nacionales reproducen aquellas normas con mínimos ajustes o adecuaciones. En América Latina varios países (Brasil, México, Colombia, Perú, Argentina, Costa Rica y Chile) tienen un comité nacional y han comenzado a reproducir normas sobre nanotecnología (Anzaldo Montoya & Foladori, 2022).

México adoptó las normas sobre nanotecnologías en 2013, cuando la Secretaría de Economía absorbió los trabajos de normalización que había desarrollado el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. y en su lugar creó el Comité Técnico de Normalización Nacional en Nanotecnologías (CTNNN) bajo la coordinación del Centro Nacional de Metrología (CENAM). Cabe señalar que este último no es un órgano regulatorio, por lo que las normas emitidas son voluntarias. A la fecha, México ha publicado 19 normas de este tipo sobre nanotecnología (ISO NMX-R) (Anzaldo Montoya, 2022).

Una de las preguntas realizadas en el apartado de regulación versó sobre la consideración de si cumplir con las normas NMX para nanotecnología hacía innecesaria una regulación de las nanotecnologías en México. Los resultados arrojan una falta de conocimiento y entendimiento sobre el tema: el 23 % de los que respondieron el cuestionario declararon no saber del tema de normalización y regulación, mientras que un 40 % no reconoce la diferencia entre una norma voluntaria y una reglamentación obligatoria. Lo anterior indica que una política tendiente a informar a los investigadores de nanotecnologías sobre algunos aspectos jurídicos puede ser importante. Por lo que toca a las respuestas de “sí” y “no” de manera contundente, reflejan un porcentaje del 30 % para cada opción.

La regulación de las nanotecnologías está en discusión a nivel mundial; un ejemplo de ellos es la actualización de la reglamentación sobre materiales químicos en la Unión Europea y en China, donde se busca incluir capítulos especiales sobre nanotecnologías diferenciándolos de sus mismos elementos en tamaño macro (Foladori, 2021). Los nanomateriales pueden desarrollar toxicidades particulares, tanto para el ser humano como para el ambiente, por lo cual una regulación específica se considera necesaria y, por ello, es importante contar con la opinión de los investigadores y expertos en la materia.

#### PRODUCCIÓN Y EMPRESAS: INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La sección sobre producción y empresas, investigación y desarrollo incluye preguntas relativas a la relación de los investigadores con empresas. Del mismo modo se solicitó información sobre materia prima y su origen, así como sobre el equipo técnico utilizado.

El 40 % de los investigadores encuestados no registran colaboración con empresas u otros centros de investigación. Si a este porcentaje le sumamos un 26 % que reconoce no saber si existe este tipo de acuerdos en su centro/proyecto, es de suponer la necesidad de políticas públicas que induzcan a la vinculación institucional y al trabajo interdisciplinario que permita abordar las investigaciones desde diversas perspectivas, incluyendo redes que provean de financiamiento externo al estatal y convenios internacionales. La preocupación anterior se refuerza si consideramos que el 53 % de las investigaciones son dirigidas a ciencia básica, área que no genera mayor interés por parte de la empresa privada debido al resultado incierto o de largo plazo. La tendencia de la empresa privada y corporaciones no es a la investigación básica de manera directa, sino al seguimiento de las nuevas *start-ups* que resultan exitosas para asociarse o comprarlas o controlarlas mediante créditos condicionados, evitando así invertir en etapas de investigación de alto riesgo financiero (Tsarouva, 2022).



Lo anterior resulta de gran relevancia tomando en cuenta que, el último informe de la UNESCO, con datos de 2018, señala que América Latina invierte cerca del 0.6 % de su PIB en Investigación y Desarrollo, porcentaje inferior con respecto a la medición previa del 2015. La inversión de México es aún menor: para 2018 México sólo alcanzó 0.3 % del PIB, aun cuando el objetivo era llegar al 1 %. En contraste, los países desarrollados invierten alrededor del 2 % de su PIB y algunos hasta 3 %. (Unesco, 2021). Según el mismo informe, el 78 % de los gastos en Investigación y Desarrollo en México provienen de fuentes públicas, mientras que el financiamiento privado no llega al 18 %. Lo anterior difiere de otros países de la región como Brasil, donde el aporte privado fue de 48 % (Unesco, 2021).

La encuesta destaca en una sección previa que casi el 66 % afirmó que su investigación contaba con financiamiento, siendo que el 52 % del mismo era con recursos públicos (mayoritariamente del Conacyt), siguiendo el patrón de México donde el Gasto Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (GNCTI) se compone en su mayoría por recursos públicos. En 2019 fue del 89 % (Conacyt, 2019). Solamente un 10 % afirmó que su investigación contaba con apoyo del sector privado, del mismo modo que solo un 13 % de los encuestados declaró investigar en colaboración con una empresa privada. Esto es prácticamente una norma en América Latina, donde la empresa privada no invierte en Investigación y Desarrollo.

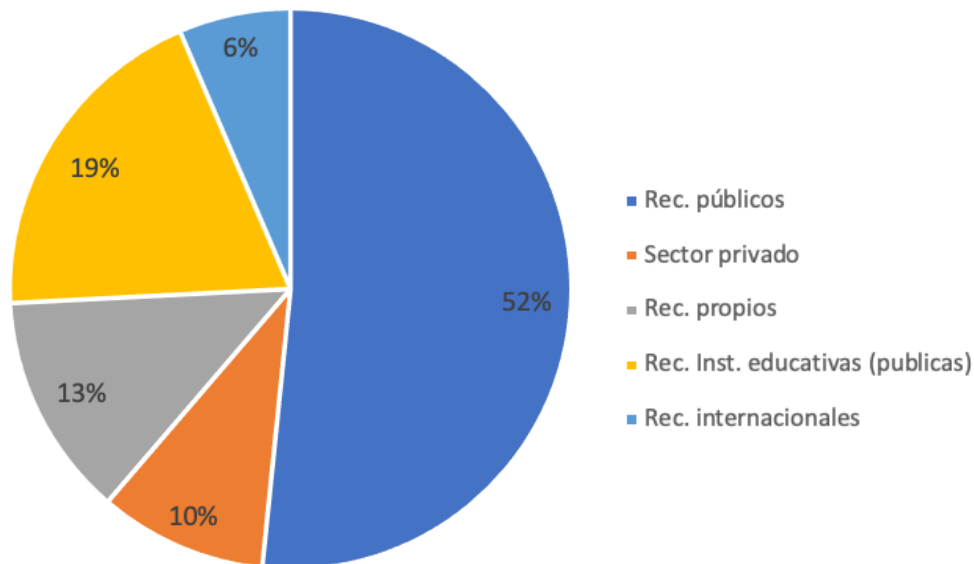


Figura 2. Fuentes de financiamiento para la investigación en nanomedicina. Fuente: Elaboración propia con base en el cuestionario relativo a las investigaciones sobre nanotecnología en México

Igualmente, el 34 % de las respuestas registra participación con otros centros o empresas y se reparte en iguales porcentajes entre centros de investigación



públicos y empresas privadas. Los centros y universidades públicas con las cuales se menciona algún tipo de colaboración son tres centros de Conacyt (CIDETEQ, CIATEJ e IPICYT) y cinco universidades (UNAM, IPN, UAQ, BUAP, y UASLP). En sólo un caso se señaló la vinculación con un centro de investigación pública extranjera.

En cuanto a investigaciones con colaboración empresarial la información es más escueta, pues algunas respuestas señalan que no pueden divulgar los nombres de las empresas con las que se trabaja por acuerdos de confidencialidad en los contratos. Este tipo de contrato puede considerarse un obstáculo para que el gobierno de seguimiento a las investigaciones con colaboración empresarial en el país.

Por otro lado, la mayoría de los proyectos de investigación en curso requieren de nano materia prima. La producción de este tipo de material con fines comerciales ha estado concentrada en grandes corporaciones químicas a nivel mundial. Particularmente en el caso de elementos de carbono (*e.g.* nanotubos, fibras) y de óxidos (*e.g.* titanio, zinc, aluminio). Existe poca información sistematizada a nivel mundial y las estimaciones por producto varían significativamente entre las fuentes. Un informe de la Comisión Europea de comienzos de la década del 2010 anotaba las siguientes sustancias nano con nuevas propiedades como las de mayor volumen de producción a nivel mundial: óxido de aluminio, titanato de bario, dióxido de titanio, óxido de zinc, óxido de cerio y nanotubos de carbono (European Commission, 2012).

Alguna de la nanomateria prima requiere de sofisticados laboratorios para producirla con fines industriales, de allí la tendencia a la concentración mundial (Científica, 2008). Las causas de ello es la sofisticación de la tecnología utilizada, que para fines comerciales de producción masiva deben resultar en productos exactamente homogéneos, para lo que existen pocas instalaciones, pero también es importante considerar que el auge de las nanotecnologías ocurre al comienzo de la primera década del siglo, cuando el grado de concentración del capital a nivel mundial, luego de la década de los noventa, era mucho más alto que en décadas anteriores y marca la diferencia con otras tecnologías como la biotecnología de los años ochenta, en que el capital no tenía ese grado de concentración (Foladori, 2018). Así, por ejemplo, en torno del 2010, estimaciones de la producción de nanotubos de carbono para comercialización a nivel mundial registraban un 66 % concentrada en cuatro corporaciones químicas (Patel, 2011).

Las investigaciones básicas pueden requerir de poca cantidad de materia prima y no necesariamente con los mismos estándares de homogeneidad que la que se destina a la comercialización industrial. Pero, el hecho de ser el punto de partida para la investigación y un recurso altamente demandado a nivel internacional, debe ser considerado en términos de política de ciencia

y tecnología de largo plazo. Siendo México el principal productor mundial de plata, un diagnóstico sobre las nanotecnologías realizado por el CIMAV en 2008 sugería que México podría convertirse en productor internacional de nanoplata, una sustancia altamente demandada en las investigaciones y producción industrial con nanotecnologías (CIMAV, 2008)<sup>3</sup>.

Las respuestas al cuestionario colocan a los metales y aleaciones como las nanomaterias primas más utilizada (30 %), seguida por polímeros y dendrímeros con 22 % y materiales cerámicos con 14 %: con estos tres tipos de materiales se alcanza un 66 % del total. Es necesario recordar que la pregunta se refiere solamente al tipo de materia prima y no a la cantidad, por lo que puede ocurrir que otro tipo, con menos usuarios, registre mayores volúmenes anuales.

Del mismo modo, se obtuvo información sobre el origen de la principal materia prima. Un 16 % responde tener fabricación propia, pero algunos de ellos la combina con compras en el mercado nacional e internacional. Cuando se trata de origen único, el 32 % indican la compra internacional y un 13 % el consumo en el mercado nacional. Es probable que estas diferencias estén estrechamente asociadas al tipo de materia prima, aun así, la dependencia del mercado extranjero es significativa. Esta situación ocurre en la mayoría de los países dado el grado de concentración de la producción de la nano materia prima como se indicó anteriormente. Lo anterior se ejemplifica con las respuestas que incluyeron la empresa vendedora, 75 % de las cuales corresponden a compras a Sigma-Aldrich.

Con respecto a los equipos utilizados, la mayoría de los más valiosos son de fabricación extranjera, lo cual es un reflejo de la dependencia financiera y técnica. En este último aspecto el 65 % de las respuestas señala que el equipo requiere de personal calificado extranjero para su mantenimiento. Vale la pena anotar que, en otros países no centrales, como Irán, el gobierno invirtió no solamente en investigación y desarrollo de nanotecnologías sino también en equipo sofisticado y hoy en día tienen un importante mercado internacional al cual venden.

## CONSIDERACIONES FINALES

La introducción de nuevas tecnologías es un hecho cotidiano a nivel mundial, dado el grado de acumulación histórica de conocimiento y desarrollo tecnológico. Esto coloca a los países en la difícil disyuntiva de cómo asumir

---

3 Para el lector interesado, el proyecto de Conacyt realizó un registro de empresas que utilizan nanotecnología por sector económico, y su sede está georeferenciada (Arteaga Figueroa, 2022); en algunos casos es posible suponer la nanomateria principal que utilizan por el producto que lanzan al mercado

tendencias mundiales prácticamente imposibles de evitar junto con la orientación hacia intereses nacionales y resguardando potenciales efectos perjudiciales tanto a la salud humana como al medioambiente.

El caso de las nanotecnologías en salud/medicina, que fue el objeto de este trabajo, ejemplifica la disyuntiva anterior. Por un lado, ya existe un amplio abanico de beneficios que las nanotecnologías pueden ofrecer al aplicarse en el sector. Por otro, no se conoce más que superficial y reducidamente los potenciales riesgos de estas y otras aplicaciones. La presión del mercado por transformar en beneficio económico las novedades tecnocientíficas dificulta cualquier política pública por considerar seriamente ese tipo de disyuntivas. Países que tienen menor cantidad de recursos y experiencia para evaluar los productos que entran al mercado mundial cada año y que cuentan con elementos químicos novedosos tienen la posibilidad de replicar lo que hacen los países más avanzados en lo que refiere a regulación de materiales. Este ha sido el caso de las nanotecnologías en México y América Latina, pero no en términos de reglamentación sino de códigos voluntarios como es de interés de las grandes corporaciones mundiales.

Vale destacar que la mayoría de las respuestas al cuestionario son favorables a considerar los riesgos de las nanotecnologías y a una reglamentación al respecto, pese a que a primera vista los proyectos de investigación no incluyen ningún tipo de exigencia en términos de revisión de la literatura en relación a potenciales riesgos de los productos con que se trabaja. Valdría la pena que fueran las propias universidades y laboratorios los que actualicen prácticas de seguridad de sus investigadores frente a la manipulación de nanomateriales y derivados

#### APOYOS

Esta investigación forma parte del Proyecto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) Ciencia de Frontera 2019, n.º 304320 “Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México acorde a las prioridades socio-económicas nacionales”, financiado por Conacyt y ejecutado por la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo (UAED), Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), México.

## REFERENCIAS

- Anzaldo Montoya, M.** (2022). *La ISO y las nanotecnologías en México. Una gobernanza subordinada*. Proyecto Conacyt Ciencia de Frontera 304320. <https://relans.org/wp-content/uploads/ISO-Mex-02-feb22.pdf>
- Anzaldo Montoya, M., & Foladori, G.** (2022). *Los estándares internacionales para las nanotecnologías como instrumento de gobernanza global*. Proyecto Ciencia de Frontera Conacyt, 2019 #304320. <https://relans.org/wp-content/uploads/Gobernanza-global-Normas-ISO-Monica-28-enero.pdf>
- Bergeson, Campbell, Avenue, P. C.** 2200 P., Washington, N. S. 100W, & Phone: 202-557-3800, D. C. 20037-1701. (2022, febrero 15). *EC Notifies WTO of Draft Amendment to Cosmetics Regulation to Prohibit Certain Nanomaterials*. Nano and Other Emerging Chemical Technologies Blog. <https://nanotech.lawbc.com/2022/02/ec-notifies-wto-of-draft-amendment-to-cosmetics-regulation-to-prohibit-certain-nanomaterials/>
- ChemSafetyPro.** (2016). *Regulations on Nanomaterials in EU and Nano Register 2016*. [http://www.chemsafetypro.com/Topics/EU/Regulations\\_on\\_Nanomaterials\\_in\\_EU\\_and\\_Nano\\_Register.html](http://www.chemsafetypro.com/Topics/EU/Regulations_on_Nanomaterials_in_EU_and_Nano_Register.html)
- Chemsec.org.** (s/f). *SIN List*. Recuperado el 10 de marzo de 2022, de <https://sinlist.chemsec.org/>
- ChemTrust.** (2013, abril). *Nanotechnology. A Chem Trust Position Paper*. <https://www.chemtrust.org/wp-content/uploads/CHEM-Trust-Nano-Policy-Paper-Apr13-FINAL.pdf>
- Científica.** (2008). *The Nanotechnology Opportunity Report 3rd. Edition*. Científica.
- CIMAV.** (2008). *Diagnóstico y prospectiva de la nanotecnología en México*. CIMAV (Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados). [http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/Estudios/Diagnostico\\_y\\_Prospectiva\\_Nanotecnologia\\_Mexico.pdf](http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Diagnostico_y_Prospectiva_Nanotecnologia_Mexico.pdf)
- Community Health and Consumer Protection.** (2004). *Nanotechnologies: A preliminary risk analysis on the basis of a workshop organized in Brussels on 1–2 march 2004 by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission*. European Commission. [http://europa.eu.int/comm/health/ph\\_risk/events\\_risk\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm).
- Conacyt.** (2019). *Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación*. Conacyt. <https://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion/informe-general-2019/4948-informe-general-2019/file>
- DOF - Diario Oficial de la Federación,** DOF: 31/12/2020 (2020). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020)
- DTU Environment,** Danish Ecological Council, & Danish Consumer Council. (s/f). *Welcome to The Nanodatabase*. The Nanodatabase. Recuperado el 11 de febrero de 2021, de <https://nanodb.dk/>

- EEA.** (2002). *Late lessons from early warnings: The precautionary principle 1896-2000—European Environment Agency*. European Environmental Agency. [http://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22](http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22)
- EEA.** (2013). *Late lessons from early warnings: Science, precaution, innovation*. European Environmental Agency. EEA Report No 1/2013. <http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>
- EPA.** (2012). *ERMA200782-CPGS-Document-as-Amended-July-2012.pdf*. Environmental Protection Authority. <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/hsno-ar/ERMA200782/e1f83f48fo/ERMA200782-CPGS-Document-as-Amended-July-2012.pdf>
- ETC group.** (2002). *No Small Matter! ¡No es poca cosa!* <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/191/01/nano-communicue76.pdf>
- European Commission.** (2004). *Towards a European Strategy for Nanotechnology*. European Commission. [http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/policy/nano\\_com\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/policy/nano_com_en.pdf)
- European Commission.** (2011). Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial. *Official Journal of the European Union*, L 275/38. [https://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/policy/commission-recommendation-on-the-definition-of-nanomater-18102011\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/policy/commission-recommendation-on-the-definition-of-nanomater-18102011_en.pdf)
- European Commission.** (2012). *Types and uses of nanomaterials, including safety aspects*. SWD(2012) 288 final. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012SC0288&from=EN>
- European Commission.** (varios años). *Reglamentaciones sobre etiquetado Nano en la Union Europea* (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&from=EN>, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1602233669537&uri=CELEX:32009R1223>, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1602233761242&uri=CELEX:32011R1169>, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02011R0010-20200923>, & <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1602233694620&uri=CELEX:32012R0528>, Eds.). European Commission.
- European Union Legislation.** (2000, febrero 2). *The precautionary principle*. Europa. Summaries of EU Legislation. [http://europa.eu/legislation\\_summaries/consumers/consumer\\_safety/l32042\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/consumer_safety/l32042_en.htm)
- Foladori, G.** (2018). Las nanotecnologías en la cadena de producción. En G. Foladori, N. Invernizzi, J. F. Osmá, & E. Záyago Lau (Eds.), *Cadenas de producción en las nanotecnologías en América Latina*. Universidad de los Andes.
- Foladori, G.** (2021). La regulación de las nanotecnologías. En J. Díaz Marcos, J. Mendoza González, R. Ponce Singüeza, & M. Casado (Eds.), *Libro blanco de*

*las nanotecnologías. Una visión ético-social ante los avances de la nanociencia y la nanotecnología* (1a ed.). Aranzadi Thomson Reuters, Pamplona.

- Foladori, G., & Invernizzi, N.** (2021). AgNano, the construction of occupational health standards. En S. Kumar (Ed.), *Silver Micro-Nanoparticles—Properties, Synthesis, Characterization, and Applications* (IntechOpen, pp. 141–162). IntechOpen. <https://www.intechopen.com/online-first/ag-nano-the-construction-of-occupational-health-standards-a-status-update>
- Foladori, G., & Záyago Lau, E.** (2014). La regulación de las nanotecnologías en México. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, 14. [http://www3.diputados.gob.mx/001\\_diputados/006\\_centros\\_de\\_estudio/04\\_centro\\_de\\_estudios\\_sociales\\_y\\_de\\_opinion\\_publica/003\\_accesos\\_directos/002\\_publicaciones/003\\_revista\\_legislativa](http://www3.diputados.gob.mx/001_diputados/006_centros_de_estudio/04_centro_de_estudios_sociales_y_de_opinion_publica/003_accesos_directos/002_publicaciones/003_revista_legislativa)
- High Level Expert Group.** (2004). *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*. EUR 21357. [http://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/ntw-report-alfred-nordmann\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/ntw-report-alfred-nordmann_en.pdf)
- Karim, E., & Munir, A. B.** (2014). Nanotechnology in Asia: A Preliminary Assessment of the Existing Legal Framework. *KLRI Journal of Law and Legislation*, 4(2), 169–223.
- OECD & ISO.** (2017). *ISO 26000 and OECD Guidelines. Practical overview of the linkages*. ISO. <https://www.iso.org/publication/PUB100418.html>
- Patel, V.** (2011, octubre 20). *Global carbon nanotubes market—Industry beckons*. Nanowerk. <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=23118.php>
- Robles Belmont, E.** (2021). *Desarrollo de la nanomedicina en México Análisis de la producción científica*. [https://relans.org/wp-content/uploads/ANEXO-2-Reporte\\_Nanomedicina\\_Mx\\_Sep2021-1.pdf](https://relans.org/wp-content/uploads/ANEXO-2-Reporte_Nanomedicina_Mx_Sep2021-1.pdf)
- Roco, M. C.** (2003). Converging science and technology at the nanoscale: Opportunities for education and training. *Nature Biotechnology*, 21(10), 1247–1249. <https://doi.org/10.1038/nbt1003-1247>
- Roll-Hansen, N.** (2017). A Historical Perspective on the Distinction Between Basic and Applied Science. *Journal for General Philosophy of Science*, 48(4), 535–551. <https://doi.org/10.1007/s10838-017-9362-3>
- RS&RAE.** (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. Royal Society : Royal Academy of Engineering.
- Medida Precautoria-Maíz Transgénico-**, No. 316/2021, Suprema Corte de Justicia de la Nación, La primera sala avala medida precautoria decretada en acción colectiva que suspende la emisión de permisos comerciales de liberación al ambiente de maíz transgénico (organismos genéticamente modificados), y restringe la emisión de permisos experimentales y piloto (2021). <https://www.internet2.scjn.gob.mx/red2/comunicados/noticia.asp?id=6624>
- The European Consumer Organisation.** (2013, diciembre 15). *ANEC/BEUC inventory of products claiming to contain nano-silver particles available on*

- the EU market.* <https://www.beuc.eu/publications/anebeuc-inventory-products-claiming-contain-nano-silver-particles-available-eu-market>
- Tsarouva, M.** (2022, enero 24). *Why Big Companies Buy Small Companies and Growing Startups.* ITechArt. <https://www.itechart.com/blog/5-main-reasons-big-companies-buy-small-companies/>
- Unesco.** (2021). *UNESCO. Informe sobre la ciencia 2021. La carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente.* UNESCO. <https://www.unesco.org/reports/science/2021/es>
- UN-GA.** (1992). *Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Annex I. Rio Declaration on Environment and Development.* <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>
- Wilsdon, J.** (2004). Nanotechnology, Risk, and Uncertainty. *IEEE Technology and Society Magazine*, 23(4), 16–21.
- Woodrow Wilson Center.** (2017). *Background. Inventory of Nano-companies.* <http://www.nanotechproject.org/cpi/about/background/>



# Políticas de inacción en la Universidad Veracruzana: impacto en los docentes

Inaction policy at Universidad Veracruzana: impact on professors

—

César Augusto Borromeo García  
cesar.bogc@gmail.com

Jorge Alejandro Fernández Pérez  
jafp58@prodigy.net.mx

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA,  
PUEBLA DE ZARAGOZA, MÉXICO



Para citar este artículo:

Borromeo García, C. A., & Fernández Pérez, J. A. (2022). Políticas de inacción en la Universidad Veracruzana: Impacto en los docentes. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a05>

## RESUMEN

La política de inacción es una decisión de una autoridad donde se conoce de un problema, pero se decide no actuar en consecuencia, sea cual sea el motivo. Mediante un estudio de corte cualitativo, donde se entrevistó a profesores de la Facultad de Idiomas de la Universidad Veracruzana, y a autoridades de alta jerarquía en Rectoría, se pudo notar que este tipo de políticas son normalizadas, e incluso promovidas, por las autoridades. La búsqueda del trabajo de investigación se limitaba originalmente a las tecnologías digitales para la enseñanza de idiomas, pero los resultados mostraron que las políticas de inacción se extienden más allá del equipamiento e infraestructura tecnológica.

### Palabras clave:

*Política pública; política educativa; TIC, docentes.*

— *Abstract*—

Inaction policy is a decision made by authorities where a problem is known, but they decide not to act on it, whatever the reason may be. Through a qualitative study, where professors of the Language Faculty at Universidad Veracruzana and high hierarchy authorities were interviewed, we could notice that these policies are common place, and even promoted by authorities. The focus of the original research was limited to digital technology for language teaching, but results showed that inaction policies extend far beyond equipment and technological infrastructure.

**Keywords:**

*Public policy, Education policy, ICT, teachers.*

Las decisiones, que toman las autoridades y que son planeadas para ser aplicadas a un grupo de la sociedad, suelen ser planeadas. En muchas ocasiones existe un trabajo de comprensión del problema a tratar, los efectos de la implementación de esta decisión y un análisis de necesidades. En otros casos, las decisiones son tomadas sin una planeación ni consideración de las personas a quienes estas decisiones impactarán. En otras ocasiones, la decisión es no decidir. Es decir, se sabe que existe un problema, pero se decide, conscientemente, no decidir qué hacer, no accionar. A grandes rasgos, esto es llamado una política de inacción. Es poco común ver estas políticas siendo aplicadas, debido a que no hay un documento oficial de la autoridad en que se declare que la política es de inacción. Sin embargo, cuando se analiza con cuidado, se escucha a impactados por las políticas y los generadores de las mismas, se puede comenzar a comprender la extensión del problema.

Este trabajo de investigación se desprende de la tesis doctoral *La tecnología en la enseñanza de idiomas: el caso de la Facultad de Idiomas de la Universidad Veracruzana*, donde se analiza el papel de las políticas educativas de la institución y su impacto en la labor de los profesores de la Facultad de Idiomas de la Universidad Veracruzana (FIUV), particularmente sobre el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). De forma inesperada, los resultados de la investigación se dirigieron hacia otros temas, no solo en el área de TIC. Este artículo presenta los resultados preliminares encontrados gracias a la intervención realizada. Cabe señalar que el foco de la investigación no considera la amplitud de las políticas educativas en su totalidad, solo las de TIC. Pero resulta interesante que la búsqueda de comprensión del problema original de investigación, que era el conocer el papel de las políticas educativas relacionadas a TIC en la FIUV, llevará a mostrar que el problema no solo se encuentra en las políticas relacionadas a TIC, sino en la falta de acción de la institución en diversos temas.

Ante esto, cabe mencionar que las preguntas de investigación de las cuales se desprende el artículo presente son ¿Cómo perciben los docentes la incorporación de las TIC en su disciplina y contexto? ¿De qué forma están impactando las políticas tecnológicas de la Universidad Veracruzana a la disciplina de enseñanza de idiomas en la Facultad de Idiomas? Y ¿Cuáles son las necesidades de los profesores en relación con las TIC?

De ahí que se hayan formulado los siguientes objetivos: Analizar de qué forma la Facultad de Idiomas de la Universidad Veracruzana ha incorporado las TIC, así como la opinión y necesidades específicas que tienen los docentes en torno a las TIC y Analizar la percepción de los docentes con relación a las TIC, que se implementan en su disciplina y contexto para, a su vez, explicar la forma en que las políticas sobre TIC de la Universidad Veracruzana han impactado la inclusión de las mismas en la

disciplina de enseñanza de idiomas e identificar las necesidades tecnológicas de los profesores de la Facultad de Idiomas de la UV.

Es importante recalcar que los resultados, los cuales son descriptivos, reflejan una parte de estas preguntas y objetivos. No obstante, es de vital importancia conocer cuáles fueron las preguntas y objetivos en la investigación principal para poder comprender cómo se llegó a la visión presentada en el presente documento.

Respecto a lo anterior, este artículo se enfoca en el análisis del segundo objetivo específico. Este se relaciona con el impacto de las políticas sobre TIC de la Universidad Veracruzana, sin embargo, después de la intervención, fue posible ver que las políticas realmente van más allá de solamente lo tecnológico. Es decir, es una práctica común que las políticas impactan a otras áreas.

## CONTEXTO

La Universidad Veracruzana (UV) es una institución con una matrícula de 87,388 estudiantes, 6,235 académicos, presencia en 27 municipios del Estado de Veracruz a través de 5 campus y 315 programas de estudio formal (UV, 2020). La Facultad de Idiomas cuenta con una matrícula de 2,753 estudiantes, entre programas de licenciatura, posgrado, educación continua y cursos de idioma abiertos al público, y una planta docente de 206 profesores. Se ubica en Xalapa, Veracruz, en la Unidad de Humanidades, un espacio compartido por las Facultades de Letras Españolas, Antropología, Historia, Sociología y Filosofía. Existe un edificio llamado Centro de Auto Acceso de la Facultad de Idiomas (CAAFI), el cual funciona para la comunidad de Idiomas y externos. El resto de los espacios son compartidos, al igual que la biblioteca, centros de cómputo y documentación, auditorios y algunos salones.

## MARCO CONCEPTUAL

Para poder comprender el trabajo realizado, es esencial abordar algunos términos que son clave. En esta sección se describen tres conceptos: política pública, política educativa y política de inacción.

La política pública es definida como todas las acciones de una autoridad, gubernamentales, escolares o institucionales, que tratan de impactar a un público. Se llevan a cabo a través de las acciones, inacciones, planeación y resultados que satisfarán o afectarán a los miembros de un grupo o sociedad (Aguilar, 2010; Ejea, 2011). Las políticas públicas están enfocadas en la vida de las personas, del pueblo y el mismo término sugiere que debe ser así. No obstante, existen instancias donde las políticas son dictadas desde un nivel jerárquico muy alto y los niveles más bajos son únicamente el objeto de la creación de políticas. Dicho de otra forma, se consultan poco las necesidades

de las personas a quienes impactarán. Así, el adjetivo ‘público’ no significa que sean elegidas por los impactados, sino que son enfocadas al público, a la gente, a la sociedad.

Las políticas educativas son un tipo de política pública cuyo foco primordial es el campo educativo. Alternativamente son llamadas políticas de/en educación. En este artículo se utilizará el término de política(s) educativa(s) para referirse a la misma. También es importante mencionar que el foco de este trabajo es la educación superior, por lo que este trabajo discutirá dichas políticas educativas. Esta clase de políticas no dista en mucho en su definición respecto a las políticas públicas, pues se desprenden de las mismas. Así, se pueden considerar como decisiones tomadas por actores relacionados a la educación con el fin de determinar las interacciones de los servicios escolares hacia la sociedad (Kent, 2009<sup>a</sup>: 26).

Estas políticas son dependientes de las políticas públicas debido a dos motivos: Primero, porque la educación sirve a la sociedad, principalmente el caso de la educación superior. Las decisiones que se realizan dentro de este nivel se vuelven importantes para la vida social porque son vistas como una institución al servicio de los problemas sociales (Kent, 2002). Por este motivo es que la inclusión de la sociedad en la toma de decisiones es vital. En segundo lugar, la cabeza de la institución, usualmente el rector, es visto también como un político (en el sentido de influencia en el gobierno). Si bien el rector no es elegido mediante métodos democráticos masivos, como se hace con un representante popular, sino por diversos procesos de gobierno interno de las universidades, sí existen muchos rectores con un peso político de importancia (Kent, 2009b; Kent y Acosta, 2009). Esto sucede porque la institución tiene una matrícula muy amplia, tiene un financiamiento muy alto, razón por la cual el rector puede tener un historial de puestos públicos, o que se dé la cercanía de la institución (o el rector) con figuras políticas, etc. Cualquiera sea el caso, una cantidad significativa de cabezas de instituciones, principalmente de instituciones de educación superior públicas, son consideradas una figura política, y por este motivo, su actuación debe ir acorde a esta visión.

Tras analizar esto, podemos considerar que las políticas educativas son decisiones que tienen la característica de ser dictadas desde y para el interior de una institución educativa. No obstante, debido a la importancia de la institución o de las figuras representantes de la misma, tienen influencia incluso hasta el exterior, en la sociedad. Se debe añadir que, a pesar de lo anterior, las políticas educativas no solo son dictadas desde el interior de las IES. En ocasiones, estas decisiones provienen de gobiernos y organismos nacionales e internacionales, se adaptan a cada institución y contexto, pero son ‘empujadas’ por entes externos.

Respecto a las políticas de inacción u omisión, debemos de enfatizar que dicho término no existe como tal. Es un concepto que se genera mediante un proceso de inacción, de donde proviene su nombre (Knoepfel, Larrue, Varone e Hinojosa, 2007). Bachrach y Baratz (1963), le llaman “no decisión” (p. 632) a todas aquellas decisiones de inacción (el decidir no decidir, o simplemente el no decidir). Lo anterior sucede porque se desea proteger algún interés personal, económico, político o institucional. Puede darse incluso cuando hay consciencia de que hay un problema que se debe atender, pero que, por uno u otro motivo, se ignora de forma deliberada. Se utiliza, a partir de aquí, el término “políticas de inacción”, con él se intentará combinar el hecho de que es una decisión consciente, más el hecho de que es una inacción voluntaria.

Estas políticas se dan a través de las mismas autoridades mencionadas anteriormente. Pero al contrario de las políticas que accionan, estas son el opuesto exacto: la inacción. Se crean cuando existe un problema dado, cuando ese problema es conocido entre los afectados, y cuando se sabe de su existencia en los niveles jerárquicos más altos, pero se decide no hacer nada. Knoepfel *et al*, lo llaman una “actitud pasiva” o la “no acción” (p. 12) por parte de los actores generadores de políticas. Una extensa formulación de este tipo de políticas se puede encontrar en Bachrach y Baratz (1963), quienes le llaman “no decisión” (p. 632) a todas aquellas decisiones de inacción (el decidir no decidir, o simplemente, el no decidir). Esto se puede dar debido a que se desea proteger un interés personal, económico político o institucional. Es decir, se puede dar con la consciencia de que hay un problema que atender, pero que, por uno u otro motivo, se ignora de forma deliberada.

## METODOLOGÍA

El proceso de recolección de información se llevó a cabo siguiendo un modelo cualitativo. El estudio es transversal, lo que permite conocer el estado actual del problema, y poder compararla en un futuro si así se desea. El análisis de datos se llevó a cabo siguiendo un método hermenéutico-interpretativo. El instrumento de recolección de información fue una guía de entrevista semi estructurada. A continuación se detallan estos elementos.

### *Enfoque de investigación*

Debido a que se desea comprender el problema con detenimiento y a profundidad para poder llegar a un nivel explicativo, la decisión fue seleccionar un enfoque cualitativo de investigación. Denzin y Lincoln (2011), señalan que seguir este enfoque permite una comprensión profunda del problema que se esté investigando, además de que es aplicable para diversos campos y disciplinas.



El modelo seleccionado fue el hermético-interpretativo. Esto se debe a los objetivos planteados para esta investigación, que se enfocan en la comprensión de las necesidades y las opiniones de los sujetos involucrados. Originalmente este modelo fue usado para la interpretación de textos (Grondin, 2008: 16-17). Pero los aportes de Schleiermacher, Dilthey y posteriormente Heidegger, permiten consolidar a la hermenéutica como la comprensión general de la vida en vez de una relacionada exclusivamente a los textos. En este modelo, la hermenéutica usa las dimensiones lingüísticas e históricas para la comprensión de los fenómenos humanos (Grondin, 2008: 20). Es en esta lógica de una hermenéutica contemporánea donde se coloca este trabajo de investigación.

### *Instrumento de recolección de información*

La entrevista fue elegida como la técnica de recolección de datos. En una entrevista, el investigador tiene a informantes clave (Taylor y Bogdan, 1994: 103), quienes son los testigos lo que se trata de observar, y lo cual le es imposible sin la visión de estos informantes. El instrumento mediante el cual se llevaron a cabo las entrevistas fue una guía de entrevistas. Esta es la herramienta de mayor importancia para el desarrollo de la entrevista y la obtención del objetivo y los específicos. La guía permitió que la entrevista fluyera de acuerdo a un plan más o menos definido, tal como menciona Keats (1992).

La construcción de la guía fue un proceso que se realizó con base en la etapa documental de la investigación y que incluyó el desarrollo de categorías, indicadores y preguntas. Los temas que se observaron como esenciales durante la revisión de literatura fueron: Políticas Educativas, Formación Docente, Tecnologías de la Información y la Comunicación, y Educación a Distancia. Estos temas formaron parte del estado del arte de la investigación. Asimismo, se consideraron los principios del método hermético-interpretativo para crear el instrumento acorde a las características de la población y el problema de investigación. Con lo anterior se aseguró que elección de los temas tratados y las preguntas de la entrevista tuvieran una fundamentación teórica, documental y metodológica.

### *Informantes clave (participantes)*

La población de la FIUV es de 206 académicos, planta que se distribuye en sus programas de la siguiente forma (Facultad de Idiomas UV, 2019): Lic. Lengua Inglesa: 75 académicos; Lic. en Lengua Francesa: 33 académicos; Lic. en Enseñanza del Inglés (modalidad virtual): 14 académicos; Mtria. en Didáctica del Francés: 7 académicos; Mtria. en Enseñanza del Inglés

como Lengua Extranjera: 9 académicos; Dr. en Estudios del Lenguaje y Lingüística Aplicada: 10 académicos; Departamento de Lenguas Extranjeras (DELEX): 58 académicos.

Se afinaron los criterios de elegibilidad de los entrevistados, los cuáles fueron: Ser un profesor, técnico, administrativo o directivo con cualquier tipo de contratación de forma ininterrumpida en la UV en el campo de la enseñanza de idiomas y con adscripción (actual o pasada) en la FIUV. Con estos se trató que varios profesores, que se encuentran jubilados o en puestos fuera de la facultad, pero dentro de la institución, tuvieran la oportunidad de participar en la investigación. Era importante considerar esto debido a que hubo profesores clave en la historia de la facultad, que su historia persona en la ella fue de interés especial, o porque el momento en que estuvieron en la misma resulta de importancia para entenderla, pero que por un motivo u otro ya no están ahí. Esto también permitió recabar información de todos los tipos de profesores: eventuales, de asignatura, basificados y tiempos completos, y de todas las edades y antigüedades.

La selección de informantes clave se dio mediante un proceso de 3 fases. La primera fue a través de una intervención en el mismo grupo de profesores (Borromeo, 2016, 2017). De aquí surgieron algunos nombres que forman parte de la planta docente o los tomadores de decisión en la facultad y la institución. La segunda fase fue una serie de pláticas informales con profesores y personas relacionadas con la facultad. Aquí se identificó una serie de distintos actores considerados clave para el desarrollo e integración de las TIC en la FIUV. La tercera fase de la selección se dio cuando algunos de los informantes clave durante las entrevistas sugirieron nombres de personas que tuvieron un papel recalable. Esto se considera recomendable por diversos autores (Izcara y Andrade, 2003; Taylor y Bogdan, 1994), puesto que las entrevistas son de corte cualitativo, y este tipo de cambios están permitidos, siempre y cuando se den para el beneficio y mejora de la información.

### *Construcción del instrumento*

Cada categoría resultó de la construcción del estado del arte y, a partir de ahí, surgieron distintos indicadores. Para pasar de los temas a los indicadores, se siguió el modelo de Cisterna (2005: 66), que sugiere un método de creación de categorías e indicadores que vayan de la mano de preguntas y objetivos. Siguiendo esta sugerencia, se llegó a los indicadores de cada categoría. A continuación se muestra el resultado de la categorización, una breve descripción de la misma, y los indicadores que emanaron de ella (ver Tabla 1):

**Tabla 1**  
*Temas, descripciones e indicadores*

Categoría y descripción	Indicadores
<p><b>Política educativa</b></p> <p>Son las decisiones que toma la Universidad Veracruzana en el área académica. El foco está en la docencia y TIC.</p> <p>Incluye también la forma en que los profesores las asimilan, si impactan su labor docente y desarrollo profesional dentro de la institución.</p> <p>También considera la participación de los profesores en discusiones sobre política, y los medios y formas de participación de los mismos.</p> <p>Finalmente, considera la apertura que tiene la institución para recibir quejas y sugerencias respecto a las políticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia de las decisiones institucionales (1.1 PE-IMPOR)</li> <li>• Discusiones internas sobre las necesidades (1.2 PE-DISCU)</li> <li>• Participación del profesorado en las decisiones (nivel, frecuencia, medios y oportunidades) (1.3 PE-PARTIC)</li> <li>• Atención de autoridades superiores a peticiones (1.4 PE-ATN-AUT)</li> </ul>
<p><b>Formación docente</b></p> <p>Son los elementos que configuran el desarrollo de los profesores dentro o fuera de la institución, y el impacto que ha tenido en la vida profesional y personal de los profesores. Igualmente, se considera la formación reciente que hayan realizado los profesores.</p> <p>Para la formación docente originada en la institución, se considera la pertinencia, frecuencia, calidad y oportunidades que se brindan para llevarla a cabo.</p> <p>La inversión económica y temporal resulta ser un tema de interés, así como la modalidad, la calidad y la pertinencia de la formación tomada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia de la formación docente (2.1 FD-IMPOR)</li> <li>• Formación reciente (2.2 FD-RECIENTE)</li> <li>• Fuente de formación (personal/institución/colaborativa) e inversión económica (2.3 FD-FUENTE)</li> <li>• Impacto de la formación (vida profesional y personal) (2.4 FD-IMPAC)</li> <li>• Pertinencia, calidad, frecuencia y oportunidades de la formación institucional (2.5 FD-CARAC_FD_INSTIT)</li> <li>• Modalidad de formación (presencial, virtual, otra) (2.6FD-MODE)</li> </ul>
<p><b>TIC en educación superior</b></p> <p>Se trata de las Tecnologías de la Información y la Comunicación que se han integrado en la educación superior, principalmente en la enseñanza de idiomas.</p> <p>Se consideró los conocimientos mínimos necesarios para estudiantes, egresados y ellos mismos respecto a las TIC, desde el punto de vista del profesor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TIC esencial en IES (3.1 TIC-ESENCIAL)</li> <li>• Conocimientos básicos (de estudiantes, profesores y graduados) (3.2 TIC_CONOC_BASIC) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidades de formación en TIC (3.3. TIC-OPORT_FORM)</li> </ul> </li> <li>• Impacto en calidad (3.4 TIC-IMPAC_QUAL) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto en interés (alumnado) (3.5 TIC-IMPAC_ALUM)</li> </ul> </li> <li>• Impacto en docencia, procesos docentes y administrativos (3.6 TIC-IMPAC_DOC_ADMON)</li> <li>• Disponibilidad de TIC (en mercado, institución, disciplina y facultad) (3.7 TIC-DISPON)</li> </ul>
<p><b>Educación a distancia</b></p> <p>Trata de la educación no tradicional, es decir, semi presencialidad (mixta) y la virtualidad total.</p> <p>Se abordan los elementos necesarios para estas modalidades educativas (TIC) que permiten esto, la disponibilidad de estas modalidades en la institución, la calidad, y el futuro que puede tener.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualidad de la disciplina en la EaD (4.1 EaD-ACTUAL)</li> <li>• TIC necesaria y disponible (4.2 EaD-TIC_NEC_DISP)</li> <li>• Modalidades empleadas (en FIUV) (4.3 EaD-MODE) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad vs presencial (4.4. EaD-QUAL)</li> </ul> </li> <li>• Futuro de la EaD en la disciplina (4.5 EaD-FUTURO)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Para la creación de preguntas se siguieron las sugerencias de diversos autores (Denzin y Lincoln, 2011; Flick, 2004; Keats, 1992; Rojas, 2011; Taylor y Bogdan, 1994) para esta etapa. Las preguntas que se generaron cubrieron un indicador y, a la vez, permitieron la obtención de información de uno

o más objetivos de investigación. El formato de la guía final contó con dos tipos de preguntas: principales y de apoyo. Se decidió tener una pregunta principal y poner algunas de apoyo. La principal guiaría la conversación y la pregunta de apoyo se realizaría solo cuando un tema particular y que fuera de interés no hubiera sido tocado por una pregunta principal.

### *Pilotaje y Entrevistas*

Se realizó una etapa de pilotaje de la guía de entrevistas con el fin de llevar a cabo modificaciones no previstas en la fase de creación. Fueron siete entrevistas a una población similar a la objetivo. A través de cada una de estas entrevistas, se modificó el instrumento y se afinaron detalles sobre el proceso de entrevista. De esta fase emergió la versión final de la guía utilizada con los informantes claves. El siguiente paso serían las entrevistas formales con los informantes clave.

Se realizaron 12 entrevistas. Fueron ocho a profesores, dos a profesores que también son tomadores de decisión en la FIUV, y dos a tomadores de decisión de un nivel jerárquico alto (Rectoría). Se requirió acceso a la Dirección de la Facultad de Idiomas de la Universidad Veracruzana para poder ingresar a invitar a los profesores. En el caso de los tomadores de decisión de alta jerarquía, se acudió a sus oficinas de forma personal y con un oficio formal de petición de entrevista. En cada entrevista se brindó un consentimiento informado, el cual debía ser firmado para aceptar la participación. El periodo de entrevistas fue entre el 06 de noviembre de 2019 y el 16 de enero de 2020. La duración promedio de cada una fue de una hora y 30 minutos.

### *Análisis de datos*

Para la transcripción de las entrevistas se utilizó el software en línea de Go Transcript. Ésta es una herramienta en línea de muy fácil uso. A pesar de ser en línea, el trabajo del audio y el texto es completamente local. Esto resultaba importante al considerar que la identidad y datos de los participantes estaban resguardados por el Consentimiento Informado. Se utilizó un proceso de *full verbatim*, palabra por palabra, o transcripción completa, incluyendo interjecciones, errores, correcciones, pausas, anotaciones o comentarios y otros elementos no verbales que se lograron capturar durante la entrevista. Aproximadamente cada hora de entrevista significó entre 8 y 10 horas de transcripción totalmente manual. Este proceso llevó aproximadamente 150 horas de trabajo.

Para el análisis de datos, se seleccionó *Atlas.Ti 6*, por ser de uso sencillo en Windows 10. Se requirió dividir cada caso (entrevistado) por separado y así tener un conteo separado de cuántos códigos se obtuvieron y también poder ver

qué categorías e indicadores se observó en cada caso. Administrativamente era más sencillo trabajar así. Finalmente, *Atlas.Ti* brindó la oportunidad para que pudiera trabajar con los casos, las categorías, los indicadores y los códigos de forma más independiente. Cabe resaltar que el papel de este software fue básicamente para dos fines: 1) codificación y 2) organización eficiente de la información. No se llevó a cabo uso de herramientas avanzadas del software.

El objetivo era lograr una identificación de los temas principales. Los más mencionados por los profesores y los que eran, por tanto, los más significativos para ellos. Se finalizó con los temas ordenados de mayores menciones a menores menciones así (ver Tabla 2):

**Tabla 2**  
*Resultado del conteo de menciones de cada indicador*

Indicador	Conteo	Indicador	Conteo	Indicador	Conteo
1.1 PE-IMPOR	713	3.5 TIC-IMPAC_ALUM	212	4.5 EaD-FUTURO	67
1.4 PE-ATN-AUT	600	1.2 PE-DISCU	211	3.3 TIC-OPORT_FORM	66
1.3 PE-PARTIC	440	3.1 TIC-ESENCIAL	207	4.4 EaD-QUAL	65
3.7 TIC_DISPON	317	2.4 FD-IMPAC	191	2.2 FD-RECIENTE	63
3.6 TIC-IMPAC_DOC_ADMON	259	2.1 FD-IMPOR	168	4.1 EaD-ACTUAL	61
2.3 FD-FUENTE	243	3.4 TIC-IMPAC_QUAL	123	4.2 EaD-TIC_NEC_DISP	51
2.5 FD-CARAC_FD_INSTIT	234	4.3 EaD-MODE	116	2.6 FD-MODE	49
3.2 TIC-CONOC_BASIC	225				

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados aún debían interpretarse. Por ello se recurrió a una nueva etapa de categorización (recategorización). En esta ocasión estaría basada en la interpretación, en la comprensión de lo que se considera como el centro de los comentarios. Ya no se organizaría mediante categorías apriorísticas, ahora sería considerando la experiencia, la investigación documental y, en lo verbalizado por los profesores, de comprenderlos en el contexto.

El segundo resultado fue que se obtuvieron 62 categorías emergentes, los que se consideran temas de importancia, y los cuales fueron descritos en completo en el trabajo de tesis. En este trabajo, sin embargo, nos enfocamos en algunos de ellos. La sección de resultados, a continuación, habla de estos temas.

## RESULTADOS

Una vez concluido el análisis, se llegó a una serie de resultados que son interesantes en conjunto, pero que se pueden observar con más claridad cuando se considera un eje importante: la política de inacción. Esto fue algo que permeó sin excepción alguna, todos los temas explorados, y que fue mencionado igualmente por todos los profesores, profesores/tomadores de decisión, y que fue confirmado (aunque no de forma oral, sino a través de la interpretación de circunstancias y respuestas), por los tomadores de decisión de alta jerarquía de la Universidad Veracruzana. De tal manera, cuando se considera una política de inacción u omisión como directriz de las autoridades institucionales, se puede comprender cómo impacta a los profesores la falta de acción o, como llamamos, política de inacción. A través de una mención de los diferentes ejemplos donde hay una inacción o una omisión, deseamos presentar que una de las políticas institucionales es, precisamente, la de no atender los problemas conocidos. Se mencionan tres áreas en las que se encontraron: infraestructura tecnológica, infraestructura física y contratación de personal. Estos temas se ordenaron de acuerdo con la importancia que le daban los profesores, ya sea de forma expresa mediante preguntas directas o a través de una interpretación.

### *Infraestructura tecnológica*

El tema más mencionado que impacta a los profesores es la infraestructura tecnológica. Esto incluye el equipamiento disponible para ellos en la FIUV, así como los medios y/o recursos existentes o faltantes para ocupar el equipo dentro de la facultad o de la institución.

Primero, los profesores mencionaron que el equipo es necesario. Que sus labores docentes de enseñanza del Inglés resultan poco fructíferas si no se implementan medios audiovisuales. Esto quiere decir que requieren del uso de audio y video como herramientas casi diarias. Mientras que algunos pueden sobrellevar el uso de estas herramientas implementando sus propios equipos (computadora, cañón y bocinas, principalmente), algunos otros no pueden y deben utilizar el limitado equipo que se encuentra en la FIUV. Esto, por supuesto, al estar limitado y al tener a tantos profesores que lo requieren, suele complicarse, más aún en los horarios más ocupados del día.

En respuesta a esto, un problema que ha aquejado a los profesores durante muchos años (décadas, a decir de algunos profesores), la FIUV llevó a cabo una compra de cañones, los cuales fueron instalados en 2019. Con esto, la Dirección de la facultad busca facilitar el acceso al equipo más complicado y costoso de conseguir para los profesores. Muchos de ellos ya tienen computadoras y las bocinas resultan ser periféricos de más fácil

acceso, además de ser económicas. Por este motivo, se buscó que la inversión, que superó los \$200,000 pesos mexicanos, fuera auténticamente significativa para sus actividades. A pesar de que los profesores agradecen la acción por parte de la Dirección, señalan que muchos no estaban de acuerdo con el plan, no lo apoyaron inicialmente y consideraban que existían otras necesidades que pudieron cubrirse con esa inversión.

La anterior iniciativa formaba parte de un plan de acción de la Dirección para su administración, el cual a la vez formó parte del plan Rectoral, el cual, igualmente, va acorde al Plan General de Desarrollo 2030 de la Universidad Veracruzana (UV, 2018). Es decir, esta acción de instalación de equipo es una decisión ya tomada para los docentes. Aguilar (2010) y Ejea (2011) sugieren que esto es normal, es decir, las decisiones son tomadas desde niveles jerárquicos superiores. Por este motivo, se considera que la institución sigue el paradigma establecido que no considera directamente a los impactados por las políticas que se les impondrán.

Esto resulta clave porque los profesores expresaron que la infraestructura tecnológica, incluyendo la falta de computadoras y particularmente la red de internet que tiene muchos fallos, ha de ser mejorada. Es un tema que ya se había mencionado 6 años atrás (Borromeo, 2016), pero que por alguna razón no ha sido realmente tratado. Esto significa mucho para los profesores, puesto que ellos cuentan con su equipo, pero les resulta complicado utilizarlo sin Internet, siendo que ellos requieren herramientas en línea, como traductores, diccionarios, audiovisuales o bases de datos. Esto resulta aún más problemático cuando se considera a los profesores que forman parte del programa virtual de la FIUV por sus necesidades particulares.

Cuando se les preguntó sobre si la conectividad es buena, los profesores mencionaron que es limitada y de baja calidad. Esto fue muy señalado por aquellos que forman parte del programa virtual, pues sus actividades requieren de una conexión estable y veloz. En algunas ocasiones, al no tener acceso a las redes de la institución, por cualquier razón que sea, han tenido que recurrir a utilizar datos móviles de sus celulares para conectarse a la plataforma, realizar video llamadas para asesorías e incluso para exámenes de grado. Y esto, si bien no es un problema que se presente diario, resulta una carga económica, administrativa y procesal para los involucrados. Como ejemplo de lo anterior, se presenta un testimonio de una trabajadora que fue entrevistada:

Por ejemplo, todos tenemos celulares. Y la gran mayoría tenemos el celular conectado a Telcel. Si me falla el internet en Humanidades, yo puedo... podría colgarme a Telcel. Con 3, 4 movimientos en mi teléfono. Usted le pregunta eso a un profesor y no lo sabe [...] cuando hablan [...] que falta infraestructura,



porque todo mundo quiere ver PCs cuando todo mundo trae una laptop. Sí. O trae un celular. (Mayte, comunicación personal)

Con esta respuesta, se infiere que se sabe que existe falta de equipamiento y que la infraestructura es deficiente. Pero las autoridades prevén que los profesores solventarán ese problema, aun cuando signifique una carga económica que debería ser tomada por la propia institución. Aunado a esto, tenemos la falta de interés por parte de la Dirección General de Tecnologías de Información (DGTI), quienes no respondieron a la petición de información sobre el papel de la institución en este tema. La falta de respuesta a la petición a través de medios formales (uno de ellos jamás respondido y el otro fuera del tiempo legal), solo demuestra que, en efecto, la institución, en este caso a través de la DGTI, tiene una política de inacción respecto a los temas que se sabe existen.

A través de las entrevistas quedó claro que los profesores requieren espacios físicos. Se carece de espacios suficientes para que todos los profesores miembros de la FIUV trabajen, ya sea independientemente, en grupo con colegas o con estudiantes. La FIUV, al localizarse en una Unidad compartida con diversas facultades y siendo la más amplia en cantidad de profesores y matrícula, requiere de una gran cantidad de espacios. Su crecimiento ha sido constante, tanto en sus programas de licenciatura, posgrado, educación continua y cursos de idioma al público. Lo anterior suma a la necesidad de espacios en la FIUV.

Debido a este crecimiento, los profesores carecen de cubículos, algunos tienen que compartirlo con hasta cuatro profesores, mientras que otros no tiene uno asignado. Tampoco existen espacios suficientes para que estos profesores puedan trabajar con colegas o con estudiantes. Existen algunos cubículos disponibles para profesores que pueden agendar, pero se limita su uso para asesorías que los estudiantes requieren de profesores del Centro de Auto Acceso de Idiomas. Es decir, no todos los profesores lo pueden usar y no lo pueden usar si no están acompañados del estudiante que solicita la asesoría.

Esta falta de espacios impacta las labores docentes y administrativas. La FIUV debe pedir espacios prestados para algunos cursos a las demás facultades de la Unidad de Humanidades. En ocasiones, es fácil conseguirlo, en otras, es complicado. En cualquier caso, se vuelve una deuda de favores que las demás facultades usan cuando requieren un favor similar. Y si bien no existe una enemistad, la realidad es que cuando se reparten los espacios disponibles (como cuando Pedagogía fue movida de sede), una vieja rencilla sobre que el Centro de Auto Acceso de idiomas fue construido en espacios comunes, sale a relucir, y los espacios que se reparten generalmente son repartidos en igual cantidad entre las facultades, no basados en su matrícula. Esto significa que



los nuevos espacios, ya sea porque los deja otra facultad o porque se crean de cero, son repartidos en igualdad y siguen siendo insuficientes.

La institución sabe de la falta de espacios pues las acreditaciones de los programas de estudio señalan, en sus recomendaciones, estas necesidades. Sin embargo, durante más de una década, la construcción de nuevos espacios es prácticamente inexistente, se han limitado a las modificaciones y/o renovaciones de espacios. Se puede creer que los problemas económicos tienen un papel de peso en este problema, no obstante, la UV invirtió cerca de 30 millones de pesos en la construcción de un edificio para las facultades de Matemáticas e Inteligencia Artificial, aunque el proyecto ha estado detenido desde hace años, lo que significa que ese dinero no fue invertido para que funcionara activamente. En vez de eso, se convirtió en dos obras inconclusas: una estructura metálica para un edificio, y un edificio en condiciones incompletas el cual no puede utilizarse. El plan es continuar este proyecto, pero con obras que han durado 6 años, esta inversión se comienza a ver más como un gasto, siendo que hay espacios donde su impacto habría sido inmediato, como en la Unidad de Humanidades.

Finalmente, cabe señalar que las autoridades critican que la inversión de recursos se detenga, y claman que se debe de continuar con la inversión para que no se vuelva un gasto y lo mencionan así en la entrevista concedida para este artículo:

“cuando uno planea, uno tiene que saber que si un peso inviertes, un peso recuperas. Porque en México estamos acostumbrados a hacer propuestas y a no pensar en el dinero que se va quedando tirado, tirado, tirado, tirado. Y un ejemplo claro es CONACYT. Tenemos becarios y de la noche a la mañana dice, "No, ya no hay dinero para las becas". "Perdón, espérate. Tú has estado invirtiendo en tantos estudiantes, tal". Ahora ya más o menos reaccionan y de pronto pues hay marcha atrás, justamente porque, perdón... así hayas pagado un año, pagaste un año. Y estás pagando un año en Inglaterra o en Francia. ¿Cuántos millones de pesos son esos? ¿Pues sabes qué? Te aprietas el cinturón y terminas de hacer la inversión. Porque eso es lo que te va a asegurar el producto. Y así es cuando uno planea”. (Mayte, comunicación personal)

Si bien esta autoridad no se encarga directamente de la administración de bienes muebles, inmuebles o recursos financieros, sí tiene un gran peso en las decisiones que estos actores tomen al respecto. Cuando añadimos que la Rectoría conoce de esta falta de espacios en la Unidad de Humanidades, pues hicieron la petición de acreditaciones donde señalan estas necesidades, podemos observar claramente una política de inacción, en este caso, sobre la infraestructura física. Esto afecta a profesores y estudiantes, y se

cree que no solo alcanza a la Unidad de Humanidades, sino que puede ser un problema generalizado en la institución.

### *Contratación de personal*

Finalmente, queda el tema de la contratación de personal. En esta área también resulta de importancia el recordar las acreditaciones de COAPEHUM que fueron hechas a los programas de licenciatura de la FIUV. En ellas se menciona igualmente que la facultad requiere de contratación de más profesores de tiempo completo. Estas acreditaciones vienen realizándose desde 2010, por lo que el problema cuenta con una omisión de al menos 10 años, pero puede ser aún más antigua.

Entre 2010 (anterior acreditación de los programas de Licenciatura en Lengua Inglesa y Lengua Francesa) y 2017 (reacreditación más reciente), la cantidad de profesores de tiempo completo en la FIUV sigue siendo la misma: 23, siendo un 39% del total del profesorado en 2010 y un 28% en 2017 (una tendencia decreciente). Pero los profesores de asignatura, suplentes y adscritos a otros programas académicos aumentaron de 35 (61%) a 59 (72%) entre los mismos periodos. Entendemos que la cantidad de profesores de tiempo completo no decreció en números absolutos, pero sí en relativos.

Lo anterior significa que en el tema de mejoramiento del profesorado, el discurso de la UV desde 2010 hasta la actualidad ha sido el de mejorar este aspecto. Pero la realidad es distinta. La política de la UV ha sido hablar sobre lo que sería ideal (aumentar la planta académica), pero se hace lo que conviene más o afecta menos a las finanzas institucionales (contratar a más profesores temporales). Contratar a un Profesor de Tiempo Completo significa brindar prestaciones laborales de ley, además de traducirse en un compromiso a largo plazo. Aunado a esto, debemos mencionar que no todas las horas de un profesor de tiempo completo son cargadas a docencia, sino que se deben cubrir todas las labores esenciales que la UV considera: docencia, tutoría, vinculación y difusión. Al contratar profesores de forma temporal y haciéndolo mediante concursos semestrales, se asegura que no hay una relación contractual a largo plazo, y que las horas que se pagan se dirigen exclusivamente a la docencia, siendo que las actividades extralaborales (tutorías, vinculación y difusión) no son pagadas, pero son las que más cuentan al momento de concursar por horas base o una plaza de tiempo completo.

Lo anterior se traduce en una omisión. La UV sabe que requiere más profesores de tiempo completo. Pero resulta menos problemático (en materia económica para la institución) contratar profesores eventuales y que se le pague solo las horas de docencia, ajustando los puntajes de concurso para obtener horas base y plazas de tiempo completo, para que las actividades extralaborales tengan un gran peso. Los profesores obtendrán dichas bases

solo cuando hagan esas labores por iniciativa propia. En vez de seguir las recomendaciones que volverían a sus programas educativos más fuertes, se van por el lado del ahorro de fondos económicos. La Facultad de Idiomas ha realizado peticiones continuas para la asignación de plazas de tiempo completo a la Secretaría Académica de la institución, como señala el documento de Transparencia folio 242/2020 del sistema Mkatsiná UV. Sin embargo, durante 9 años no han recibido respuestas positivas, más allá de reasignar las vacantes por jubilación. La Secretaría Académica, al ser la responsable de este tema, ha llevado a cabo una política de inacción. Los motivos que señala la propia FIUV respecto a la negativa se relaciona con la falta de recursos económicos de la institución. Al momento de escritura de este artículo, y con la pura intención de seguimiento al problema (pues no es foco de la investigación principal que da origen a este artículo), no se ha obtenido respuesta por parte de la Secretaría Académica respecto a cuántas plazas de tiempo completo han sido creadas de 2010 a la fecha (folio 241/2020 del sistema Mkatsiná UV). No obstante, contratar a más profesores interinos y facilitar la entrada de estos profesores, a la vez que dificulta la asignación de bases de horas y plazas de tiempo completo, se puede considerar que va en contra de las necesidades de las facultades. Además, no se está caminando para cumplir con los planes de mejora del profesorado establecidos en el Plan General de Desarrollo 2030.

## CONCLUSIONES

Respecto a lo encontrado en esta investigación, al menos en tres áreas la Universidad Veracruzana se ha llevado una serie de políticas de inacción u omisión, por lo que cabe preguntarse: ¿En qué otros aspectos y temas se adopta una política de inacción u omisión? ¿Qué acciones y actividades se han estado afectando debido a la negatividad de la institución de actuar en consecuencia de los problemas que, como demostramos, se conocen? ¿Cuántos problemas, además, no se conocen porque no existen mecanismos de atención de profesores si no se sigue un camino institucional jerárquico? Todas estas preguntas resultan auténticamente intrigantes y son un resultado de la investigación realizada. Por este motivo, y debido a su alcance, no es posible intentar responderlas acertadamente. Podemos realizar una suposición fundamentada en evidencia y aventurarnos a pensar que los problemas son muchos.

No obstante, consideramos que el papel de esta investigación es poner la luz del reflector sobre el problema raíz de varias situaciones: que existe una política de inacción que no permite que se resuelvan aspectos que llevan años denunciándose.

Finalmente, es necesario mencionar que el hecho de omitir decisiones pone en jaque la operación de la propia institución en términos de calidad. Se vuelve innegable que dejar de lado temas clave produce dudas entre los involucrados respecto a sus posibilidades de lograr una mejor interacción y atención en la institución. Esto es igual para estudiantes, profesores, administradores y sociedad en general. De tal forma, el hecho de que la institución tenga políticas de inacción se vuelve un problema sistémico y social, en donde la confianza que se le tiene se va perdiendo y, por tanto, la calidad va decreciendo. Esta acumulación de incidencias solo va en aumento, lo que produce problemas más enraizados y difíciles de tratar en el futuro, problemática que se refleja en infinidad de instituciones públicas del país.

## REFERENCIAS

- Aguilar, L. F.** (2010). Introducción. En L.F. Aguilar (Comp.). *Política pública*. pp. 17-60. México DF: Siglo XXI.
- Bachrach** y **Baratz, M. S.** (1963). Decisions and nondecisions: An analytical framework. *The American political science review*. 57(3), pp. 632-642. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/1952568>
- Borromeo, C. A.** (2016). *Los profesores de Lengua Inglesa y la implementación académica de las TIC*. [Tesis de maestría]. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Borromeo, C. A.** (2017). El círculo vicioso del uso de las tecnologías en profesores de Lengua inglesa. En R. López, D. Hernández, y A.J. Bustamante (Coords.), *Háblame de TIC 4*, pp. 143-160. Argentina: Brujas.
- Cisterna, F.** (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), pp. 61-71. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/299/29900107.pdf>
- Denzin, N.** y **Lincoln, Y.** (2011) (Coords.). *El campo de la investigación educativa*. Gedisa.
- Ejea, G.** (2011). *Política pública, cambio institucional y calidad educativa*. UAM.
- Facultad de Idiomas UV.** (FIUV). (2019). *Cuarto informe de actividades 2018-2019*. Recuperado de: <https://www.uv.mx/idiomas/files/2020/01/IV-Informe.pdf>
- Flick, U.** (2004). *Triangulation. Eine Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Grondin, J.** (2008). *¿Qué es la hermenéutica?*. Herder.
- Izcara, S.P.** y **Andrade, K.L.** (2003). *La entrevista en profundidad: Teoría y práctica*. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Keats, D.** (1992). *La entrevista perfecta*. Editorial PAX.
- Kent, R.** (2002). Las políticas de evaluación. En R. Kent (Comp.), *Los temas críticos de la educación superior en América Latina en los años noventa*. Estudios comparativos, pp. 169-253. Fondo de Cultura Económica.
- Kent, R.** (2009a). Una visión conceptual de los procesos de cambio en las políticas y los sistemas de educación superior. En R. Kent (Coord.), *Las políticas de educación superior en México durante la modernización*, pp. 13-38. ANUIES.
- Kent, R.** (2009b). Las políticas públicas y la educación superior en el estado de Puebla. En R. Kent (Coord.), *Las políticas de educación superior en México durante la modernización*, pp. 205-250. ANUIES.
- Kent, R.** y **Acosta, A.** (2009). Jalisco: La disputa sobre la legitimidad de la acción gubernamental. En R. Kent (Coord.), *Las políticas de educación superior en México durante la modernización*, pp. 135-176. ANUIES.

- Knoepfel**, Larrue, C., Varone, F. e Hinojosa, M. (2007). Hacia un modelo de análisis de políticas públicas operativo. Un enfoque basado en actores, sus recursos y las instituciones. *Ciencia política*, 3 (Enero-Junio), Pp. 6-29.
- Rojas**, I.R. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación - Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de educar*, 12(24), pp. 277-297. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>
- Taylor**, S.J. y Bogdan, R. (1994). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. España: Paidós.
- UV**. (2018). *Programa de Trabajo Estratégico. Pertenencia y pertinencia*. Recuperado de: <https://www.uv.mx/documentos/files/2019/05/pte-2017-2021.pdf>
- UV**. (2020). *UV en números*. Recuperado de: <https://www.uv.mx/informacion-estadistica/files/2019/06/UV-en-numeros.pdf>
- Zubieta**, J., Bautista, T. y Quijano, A. (2012). *Aceptación de las TIC en la docencia. Una tipología de los académicos de la UNAM*. Miguel Ángel Porrúa.

# Aplicación del software libre como herramienta para el desarrollo de sistemas en gestión de mantenimiento de equipos informáticos

Application of open-source software as a tool for systems development in maintenance management of computer equipment

—

Samantha Elizabeth Trujillo Morocho<sup>1</sup>  
elizabeth.trujillo.ec@gmail.com

Ángel Polivio Huilca Loyola<sup>1</sup>  
gelohl@hotmail.com

Richar Neboth Muyulema Erazo<sup>2</sup>  
rimuer1@gmail.com

1 INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR SAN GABRIEL, RIOBAMBA, ECUADOR

2 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA, ECUADOR



Para citar este artículo:

Trujillo Morocho, S. E., Huilca Loyola, Ángel P., & Muyulema Erazo, R. N. (2022). Aplicación del software libre como herramienta para el desarrollo de sistemas en gestión de mantenimiento de equipos informáticos. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a06>

## RESUMEN

En los últimos años, los equipos informáticos en las instituciones de educación superior se han convertido en elemento clave para el acceso a la información y servicios, el hardware como el software, son elementos imprescindibles para mantener la información convirtiéndose en un activo de las empresas e instituciones. La presente investigación permitió desarrollar un sistema para el inventario y registro de mantenimiento de los equipos informáticos para el Instituto Tecnológico Superior “San Gabriel” de la ciudad de Riobamba-Ecuador. Fue desarrollado a través de la metodología de Proceso Unificado a través del lenguaje de programación Java y el gestor de base de datos MYSQL. Con la implementación del sistema se cumplió en un 90% con los planes de mantenimiento en el departamento de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) de la institución.

### Palabras clave:

*Sistema informático; Mantenimiento; Software de código abierto.*



— *Abstract*—

In recent years, computer equipment in higher education institutions has become a key element for access to information and services, hardware and software are essential elements to maintain information, becoming an asset of companies and institutions. The present investigation has allowed the development of an inventory and maintenance record system for of the computing equipment for the "San Gabriel" Higher Technological Institute of the city of Riobamba-Ecuador. It was developed through the waterfall methodology through the Java programming language and the MYSQL database manager. With the implementation of the system, the 90% of the maintenance plans were fulfilled in the department of information and communication technologies (ICT) of this institution.

**Keywords:**

*Computer system; Maintenance; Open-Source Software.*

El mantenimiento es una actividad que toda empresa o institución debe realizar de acuerdo a normas y técnicas establecidas (Cantos, 2018), para evitar riesgos en la pérdida de información y de dispositivos, y con el objetivo de preservar los equipos a lo largo de su vida útil, con la mayor disponibilidad posible al menor costo, de la mano con las recomendaciones del fabricante.

Suárez *et al.* (2015) y Andreu (2018), coinciden en que el lenguaje de programación Java es ampliamente usado en el ámbito empresarial, destacándose la programación de aplicaciones de escritorio y web, son aplicaciones que se han extendido tanto por su fácil despliegue a los clientes, su desarrollo no excesivamente complicado, fácil actualización y su seguridad, tanto para el cliente como para el servidor.

Para Boasberg *et al.* (2019), las medidas y acciones que se toman para mantener un equipo informático en adecuado funcionamiento, sin que se produzca volcado de memoria o emita mensajes de errores con frecuencia, puede ser alguno de los dos tipos de mantenimiento como son el preventivo y el correctivo, cuando se aplican lo primero que se debe determinar es el tiempo de uso y retraso tecnológico del mismo.

El propósito del Instituto Tecnológico San Gabriel es brindar servicios de calidad al sector estudiantil de la provincia de Chimborazo, según informes del Departamento de Tecnologías de Información y Comunicación, la institución cuenta con una red de equipos informáticos formado por 40 computadores tanto de escritorio como personales; además cuentan con 5 impresoras distribuidas en toda la institución, la situación problemática que se identifica mediante observación directa es que la institución cuenta con un plan de mantenimiento, pero este no se cumple con total normalidad debido a diferentes factores.

Con base en lo expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema para el inventario y registro de mantenimiento de los equipos informáticos del Instituto Tecnológico Superior “San Gabriel” de la ciudad de Riobamba, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización del área de estudio*

La presente investigación se desarrolló en el departamento de tecnologías de la información y comunicación (TIC) del Instituto Tecnológico Superior “San Gabriel” ubicado en la parroquia Veloz, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador.

### *Metodología*

Para el desarrollo de este sistema, se manejaron dos propuestas dentro de la parte investigativa, una preliminar en la que se llevó a cabo el proceso de levantamiento de información donde inicia el proceso investigativo a nivel teórico, conceptual y legal en donde se revisaron fuentes bibliográficas de Scielo, Scopus, Latindex, donde se destacan autores como Ferro (2020) o Rosenfeld & Irazábal (2016), los cuales especifican, desde el punto de vista judicial, la protección del hardware. A través de esta síntesis se logró la comprensión de las variables de estudio (plan de mantenimiento, registro de equipos informáticos) y que son la base que determinan la solidez para abordar el problema, por otro lado, el uso de la metodología Proceso Unificado propuesta por García & Vásquez (2019), en la cual el foco de la investigación se inicia en la fase de Concepción, donde se evalúa el manejo actual y la obtención de información operacional básica, para luego iniciar con la Elaboración del sistema de mantenimiento, su Construcción y Transición. De acuerdo a Zumba (2018) estos procesos permiten desarrollar sistemas de forma rápida, en la programación se utilizó el lenguaje Java así como el gestor de base de datos MySQL. Como entorno de desarrollo integrado (IDE) se utilizó Netbeans, cabe indicar que todas las aplicaciones utilizadas son software libre.

Se aplicó entrevistas a seis usuarios que tiene a cargo un equipo informático dentro de la institución para determinar con qué frecuencia se encuentra con un mal funcionamiento en cuanto a hardware y software, de la misma forma se aplicó la observación con fichas, en las que por cada llamado de un usuario que solicitaba la ayuda por un inconveniente en el equipo se procedía a registrar.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo del sistema de gestión de mantenimiento de equipos informáticos se plasmaron las etapas de: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición.

#### *Etapas de Inicio*

En esta etapa se realizó el estudio de alcance del proyecto en donde se evaluaron los costos, la rentabilidad y la factibilidad, el estudio de viabilidad dio como resultado una descripción general y lista de casos de uso como: registro de bienes de equipos informáticos, responsables, usuarios, asignación de bienes a usuarios, equipos a dar mantenimiento, usuario que lo efectúa y reportes.

### *Etapa de Elaboración*

Esta etapa permitió generar una solución específica en base a los casos de uso de la etapa anterior, dando como resultado un plan de diseño detallado como: interfaces, botones del tipo: Guardar, cerrar, regresar, buscar, imprimir.

Se definieron los mensajes que aparecerán en formato ventana de Windows de acuerdo a lo siguiente:

- Cuando el usuario ha ingresado mal el nombre de usuario y contraseña.
- Cuando en los formularios no se ha ingresado ninguna información.
- Al ingresar los datos y enviarlos a guardar.
- Cuando se crea un nuevo usuario y contraseña de confirmación, no es igual al principal.
- Cuando se crea un nuevo responsable y la cedula o DNI es incorrecta.

Con fundamento de lo anterior se realizaron las interfaces para el entorno Windows por tratarse de una aplicación de escritorio, por lo que se diseñó en base de menús, etiquetas, cajas de texto, botones, botones de opción, entre otros formando así una interfaz amigable, los entornos de trabajo fueron Netbeans como entorno de desarrollo integrado (IDE), Java como lenguaje de programación y MySql como gestor de base de datos. En base a lo anterior la pantalla principal quedaría establecida de acuerdo a la figura 1.



Figura 1. Ventana principal sistema de gestión de mantenimiento de equipos informáticos.  
Fuente: Elaboración propia

### *Etapa de Construcción*

En esta etapa se crearon varios bucles iterativos en los que los casos de uso se fusionan secuencialmente en función de los factores de riesgo del

proyecto. Por ejemplo, este enfoque permite versiones anteriores del sistema que satisfacen el caso de uso principal. Los cambios en los requisitos no se fusionan hasta el comienzo de la siguiente iteración.

### *Etapa de Transición*

En esta etapa se desarrolló una primera versión del sistema y se culminó con un sistema en fase de producción. Posteriormente el producto final fue enviado a los usuarios del departamento de TIC (ver tabla 1), una vez implementado el sistema la primera prueba es la de aceptación, esta prueba permitió determinar si el software cumple con lo definido en la etapa de inicio, ósea los requerimientos, una vez que superaron esta fase se procedió a otras pruebas de validación.

A continuación, se presentan los resultados de validación del software de mantenimiento mediante encuestas aplicadas al personal del área de TIC. Se aplicó la evaluación a través de la guía técnica para la evaluación de software de (Largo, 2005), en la tabla 2 se puede apreciar los criterios en los cuales ésta se basa.

**Tabla 1**  
*Docentes y directivos*

Institución	Docentes	Directivos	Total
Instituto Tecnológico "San Gabriel"	5	1	6

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2**  
*Evaluación del Software*

Ámbito	Descripción
Utilidad	Aspectos relacionados con lo que cumple
Interfaz	Aspectos relacionados a la interfaz
Técnicos	Aspectos relacionados a la funcionalidad

Fuente: Adaptación (Medina-chicaiza, 2018)

La evaluación propuesta para este sistema permite conocer su utilidad, si cumple o no con los requisitos establecidos, si la interfaz es intuitiva, que contenga un alto grado de usabilidad, que facilite al máximo la transmisión de información e interacción, el ámbito técnico es aquella característica de los sistemas que permiten constatar que el sistema sea liviano, es decir, bajos requerimientos de hardware, que sea fácil de instalar, que sea escalable.

Seguidamente se presenta el rango de puntuación que maneja la prueba de aceptación del usuario manejadas por métricas de calidad de software de acuerdo a López *et al.* (2016), en el cual se manejan 18 preguntas que abarcan la adaptación del cuadro 2, los criterios de evaluación en esta métrica va desde el 1 al 3 respectivamente.

En la tabla 3 se exponen las evaluaciones obtenidas a todo el personal del área de TIC de la institución, docentes y directivos, con el objetivo de trazar directrices de trabajo y mejorarlas en cuanto a mantenimiento preventivo y correctivo de equipos informáticos se refiere.

**Tabla 3**  
*Evaluación a personal TIC*

PREGUNTA	Calificación del 1 al 3 (3=Excelente, 2=bueno, 1=malo)						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
1. ¿Hay términos en idiomas diferentes mezclados?	3	3	3	3	3	2	2.83
2. ¿Es simple el vocabulario utilizado?	3	2	3	3	3	3	2.83
3. ¿Se proporciona tiempo suficiente para realizar las entradas por teclado?	3	2	3	3	2	3	2.67
4. ¿Hay algún tipo de asistencia para los usuarios que hacen uso del sistema por primera vez?	3	3	3	3	2	3	2.83
3. ¿El sistema es fácil de operar para alguien que no recibió capacitación en su operación?	3	2	3	3	3	2	2.67
6. ¿Se entienden la interfaz y su contenido?	3	2	3	3	3	3	2.83
7. ¿Resulta fácil identificar un objeto o una acción?	3	3	2	3	3	2	2.67
8. ¿Resulta fácil entender el resultado de una acción?	1	3	2	3	3	3	2.50
9. ¿Está diseñada la interfaz para facilitar la realización eficiente de las tareas de la mejor forma posible?	3	2	1	3	2	3	2.33
10. ¿Son apropiados los mensajes presentados por el sistema?	3	2	3	1	3	3	2.50
11. ¿Actúa el sistema en la prevención de errores?	2	3	3	3	2	3	2.67
12. ¿El sistema informa claramente sobre los errores presentados?	3	2	3	2	3	3	2.67
13. ¿Se utiliza mensajes y textos descriptivos?	3	2	2	3	3	3	2.67
14. ¿Permite una cómoda navegación dentro del producto y una fácil salida de éste?	2	3	3	3	2	3	2.67
15. ¿Se permite al usuario personalizar la interfaz?	3	2	3	1	2	2	2.17
16. ¿Se proporciona información visual de dónde está el usuario, qué está haciendo y qué puede hacer a continuación?	2	2	2	3	2	2	2.17
17. ¿Existe atajos del teclado?	3	3	3	3	3	3	3.00
18. ¿Se presenta al usuario la información que sólo necesita?	2	3	3	3	3	3	2.83
Promedio Total							2.64

Fuente: Adaptación de Medina-chicaiza (2018) y López *et al.* (2016)

De acuerdo a los puntajes obtenidos de la evaluación medida a través de los parámetros, utilidad, interfaz y técnica, se obtuvo una evaluación buena con una calidad aceptable, lo cual hace que sea de fácil instalación, acceso y manejo, para cualquier tipo de usuario del área de TIC.

## CONCLUSIONES

La técnica de evaluación aplicada al desarrollo de sistemas en gestión de mantenimiento de equipos informáticos, permite obtener de forma cualitativa una apreciación muy buena en calidad y aceptabilidad del sistema desarrollado a través de software libre.

Todo tipo de programa informático de gestión y administración es considerado como modelo de calidad de software en nuestro país, además de eso, permite obtener puntuación evaluatoria para fines de acreditación académica por los entes educativos, por ende, el software desarrollado para el control de mantenimiento encaja dentro de las consideraciones establecidas, permitiendo que los procesos mejoren continuamente con su implementación.

La metodología de Proceso Unificado con sus cuatro etapas, iterativas, estructuradas y adaptables, permitieron el desarrollo del sistema de acuerdo a las necesidades de la institución. El resultado es un sistema incremental y modular para posibles cambios a futuro.

Al desarrollar el sistema a través de software libre se permite conocer que Java como lenguaje de programación, es una plataforma óptima para el desarrollo de aplicaciones de escritorio y con excelente trabajo en sus interfaces gráficas, las funciones y código fuente que se utilizaron son sencillos para que otros usuarios lo puedan entender y modificar en caso que sea necesario para posteriores mantenimientos de código o incrementos modulares.

La presente investigación contribuye en hacer énfasis en el uso de metodologías adaptables cuando se desarrolla software con requerimientos organizacionales específicos, el uso de software libre como lenguaje de desarrollo para sistemas de gestión que sirven como medio evaluatorio cuantitativo en acreditaciones educativas en nuestro país, aplicar métricas de software adaptadas por autores de nuestro medio, finalmente, ser una herramienta para registro de equipos de cómputo y planes de mantenimiento en el departamento de TIC de nuestra Institución.

## REFERENCIAS

- Andreu, L.** (2018). "Desarrollo de una aplicación web en java usando" *GWT material design* ", para el control y mantenimiento de plantas solares fotovoltaicas. Universitat Politècnica de València
- Boasberg, J.**, The Department of Education, Academy, T., Academy, R., Trakt, S. S., Quinot, G., Liebenberg, S., Miller JC, I. I. I., Walton, T. F., Hickman, K. E., Rawls, J., Lords, H. O. F., Of, O., Lords, T. H. E., Appeal, O. F., Judgment, F. O. R., Cause, I. N. T. H. E., Policy, C., Court, F. C. L., ... SOUTHEASTERN, H. (2019). Mantenimiento Preventivo De Computadoras En. In *Duke Law Journal* (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cantos, K.** (2018). *Diseño de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo*. Issue, 261.
- Ferro, J.** (2020). *Perito Judicial en Mantenimiento y Protección del Hardware*. <https://books.google.com.ec/books?id=TVnMDwAAQBAJ&pg=PA25-5&dq=mantenimiento+de+computadoras&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC-cygmppsAhUBr1kKHW1KAd44ChDoATAAegQIABAC#v=onepage&q=mantenimiento+de+computadoras&f=false>
- García, F. & Vásquez, A.** (2019). *Introducción al Proceso Unificado*. Edit. Grial. Salamanca
- Largo, C.** (2005). *Guía técnica para evaluación de software*. 1–41. <https://fddocuments.mx/document/guia-tecnica-para-evaluacion-de-software-558bodf1ae752.html?page=1>
- López, A. V., Sánchez, A. & Montejano, G. A.** (2016). Definición de Métricas de Calidad para Productos de Software. *XVIII Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)* 4700. 483–488. <http://www.unsl.edu.ar>
- Medina-Chicaiza, R. P.** (2018). Evaluación de software educativo: una aplicación en e- actividades para disortografía. *Revista Iberoamericana de producción académica y gestión educativa*.
- Rosenfeld, D., & Irazábal, J.** (2016). *Computabilidad, complejidad computacional y verificación de programas*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Suárez, Y., Medina, D. & Hernández, P.** (2015). Sistema automatizado para la gestión del mantenimiento de equipos (módulos administración y solicitud de servicio). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 24, 85–90.
- Zumba, J. P.** (2018). Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 20–33. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.2018.651>



# Satisfacción del turista de Temazcal en Cozumel

Tourist satisfaction of Temazcal in Cozumel

—

Jesús López Ruiz

Romano Gino Segrado Pavón

María de Jesús Moo Canul  
romanogino@hotmail.com

UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO, COZUMEL QUINTANA ROO, MÉXICO



Para citar este artículo:

López Ruiz, J., Segrado Pavón, R. G., & Moo Canul, M. de J. (2022). Satisfacción del turista de Temazcal en Cozumel. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a07>

## RESUMEN

En México, el baño del temazcal forma parte de los usos y costumbres históricos, promocionado como actividad turística para la relajación y liberación del estrés. El objetivo general del estudio fue revelar los factores más importantes asociados con la satisfacción de los turistas luego de la experiencia del temazcal en la isla de Cozumel. Se aplicó el método cuantitativo, con una encuesta a usuarios del temazcal en la isla de Cozumel, en 2018. Como resultado se encontró que la combinación de contrastantes permite lograr un elevado nivel de satisfacción. Los responsables de la mercadotecnia podrán diseñar e impulsar estrategias apropiadas para este segmento de mercado.

### Palabras clave:

*Temazcal; turismo; experiencia; satisfacción; Cozumel.*

— *Abstract*—

In Mexico, the temazcal bath is part of the historical uses and customs and is also promoted as a tourist activity for relaxation and stress release. The general objective of this study was to reveal the most important factors associated with tourist satisfaction after the temazcal experience on the island of Cozumel. The quantitative method was applied, with a survey of temazcal users on the island of Cozumel, in 2018. As results, the combination of contrasting allows to achieve a high level of satisfaction. Marketers will be able to design and promote appropriate strategies for this market segment.

**Keywords:**

*Temazcal; tourism; experience; satisfaction; Cozumel.*

La satisfacción tiene una importancia relevante en las personas, porque independientemente del carácter positivo o negativo que implique, influye en las decisiones presentes y futuras. En el sector turístico, las experiencias positivas contribuyen de múltiples formas a la satisfacción y bienestar psicológico de las personas, creando una ventaja competitiva para los destinos, al favorecer la repetición de la estadía, así como la recomendación de boca en boca, mayor probabilidad de lealtad y beneficios comerciales.

Medir el nivel de satisfacción es crucial para el éxito del servicio turístico (Chen *et al.*, 2011; Meng *et al.*, 2008), especialmente en un contexto de competencia entre destinos, ya que permite priorizar las estrategias y acciones vinculadas a las fortalezas y debilidades detectadas, para contribuir a los objetivos establecidos. Para Alegre y Cladera (2009) es un factor importante para la consolidación de relaciones comerciales a largo plazo porque contribuye a la imagen atractiva del destino y reduce la inversión en promoción turística.

En el caso del turismo de SPA [acrónimo del latín *Salus Per Aqua* (Frost, 2004)], se considera una nueva tendencia del mercado internacional (Mak *et al.*, 2009), con amplia popularidad y un crecimiento acelerado a nivel mundial (Kamata y Misui, 2015; Okech, 2014) debido a los cambios demográficos, una mayor esperanza de vida y al envejecimiento social. En este sentido, evaluar la satisfacción permite mejorar rápidamente los productos y servicios, para lograr experiencias más memorables y placenteras.

Dentro de este segmento de mercado, en México el temazcal (traducción literal “casa de sudor”) es una forma de spa tradicional que combina el baño de vapor con hierbas aromáticas y rituales aborígenes, integrando estímulos contrastantes para los cinco sentidos en un ambiente saludable y agradable. Según Cohen y Bodeker (2008) el atractivo principal es la experiencia de relajación, liberación de estrés o bienestar general.

Esta actividad turística se ha incorporado en diversos destinos, entre los cuales se encuentra Cozumel, como parte de la transición hacia la prestación de servicios que involucran experiencias (Gilmore y Pine II, 1998), para complementar a los productos y servicios turísticos principales. Sin embargo, a pesar de la amplitud de la investigación con respecto a la satisfacción asociada al spa como actividad turística (Anaya-Aguilar *et al.*, 2021; Meng *et al.*, 2008; Perić *et al.*, 2018), para el temazcal hay escasos estudios vinculados con la satisfacción de los turistas.

El servicio de un temazcal es más que simplemente el baño de vapor, ya que implica proporcionar una experiencia gratificante y regocijadora, así como una utilidad corporal, lo cual puede resultar difícil de lograr, debido a los múltiples factores involucrados, aspectos culturales, idioma, experiencias, expectativas, creencias, entre otros aspectos relacionados con los turistas, donde el nivel de satisfacción es un indicador de un servicio eficaz y eficiente, así como una referencia para conservar o atraer nuevos usuarios, mientras

que la insatisfacción puede causar el cese de la fidelidad, la ruptura de la relación comercial o la ausencia de recomendación para el servicio o la empresa. Así, la segmentación del mercado mediante las características más importantes para un segmento concreto, puede ser parte de una estrategia afinada para la comercialización y atender de forma más completa y con mayor nivel de calidad, las necesidades de los turistas.

Determinar los atributos principales que contribuyen a la satisfacción de los turistas también ayuda a tener los elementos para proporcionar una imagen diferenciadora y consolidar un valor de marca que puede asociarse con el destino (Tung y Ritchie, 2011), también facilitará el diseño de productos y servicios para el segmento de mercado y permitirá influir en la decisión de retorno (Huh *et al.*, 2006). Por lo tanto, la pregunta de investigación fue: ¿Cuáles son los factores más importantes asociados con la satisfacción de los turistas luego de la experiencia del temazcal en la isla de Cozumel?

El objetivo general de este trabajo es revelar los factores más importantes asociados con la satisfacción de los turistas luego de la experiencia del temazcal en la isla de Cozumel. Por lo anterior, este estudio contribuye con la literatura académica del turismo con el análisis de la satisfacción turística en un segmento innovador, además de que para la toma de decisiones empresariales, proporciona información para el diseño de estrategias de mercadotecnia para crear las condiciones que faciliten un nivel elevado de satisfacción y apoyar la repetición de las visitas.

## SATISFACCIÓN TURÍSTICA

No existe una definición unánime del concepto “satisfacción” (González *et al.*, 2007), por la subjetividad que es inherente al fenómeno, pero hay consenso de que se trata de una evaluación o interpretación personal, parcial o total, usualmente cargada de un significado positivo o negativo, relacionado a un estímulo emocional o externo, vinculado a un producto, servicio o experiencia, que puede combinarse con los antecedentes personales, sociales y culturales del turista.

Se han propuesto múltiples modelos teóricos para explicar la satisfacción del turista (Bigné y Andreu, 2004; Kozak *et al.*, 2005; Maunier y Camelis, 2013), aunque la aplicación del modelo cognitivo-afectivo es el más extendido en la literatura científica (Weaver y Lawton, 2011; Žabkar *et al.*, 2010) que explica el fenómeno con base al desempeño o rendimiento favorable del producto o servicio y la combinación con factores psicológicos afectivos (emocionales) que implica un juicio o evaluación cuyo resultado es positivo (conformidad o satisfacción) o negativo (disconformidad o insatisfacción) posterior a la experiencia.

De forma simple, este modelo sugiere que la satisfacción surge como una combinación entre el conocimiento y las emociones de los turistas, al finalizar una experiencia relacionada al producto o servicio vinculado (Kotler y Keller, 2012). Así, factores como el precio, colores, tiempo, distancia, cantidad, se combinan con sentimientos, recuerdos, impresiones y detalles, para un enfoque multidimensional, en el que debe considerarse el resultado, pero también cada una de las partes y del conjunto. El contexto descrito reconoce la paradoja de un elevado nivel de satisfacción que surge de un rendimiento bajo o servicio deficiente, o viceversa, atribuible al carácter eminentemente psicológico y personal del juicio asociado.

En el caso del spa, según Campón-Cerro *et al.* (2020) y Lee *et al.* (2012), las experiencias turísticas vinculadas al agua correlacionan positivamente con la satisfacción, al estimular sensaciones de bienestar, relajamiento y regocijo. Para Alén (2018) la satisfacción es un predictor parcial o indirecto de la intención de comportamiento, mientras que la insatisfacción es un motivador para cambiar de productos o servicios y comentarios negativos boca en boca (Su y Hsu, 2013). En la contraparte, la satisfacción positiva influye en la intención de repetición de la visita (Han *et al.*, 2017), los comentarios favorables y la percepción de valor en la experiencia (Abubakar y Mavondo, 2014; Maunier y Camelis, 2013).

El carácter subjetivo, individual y el entorno de la experiencia hacen que medir la satisfacción sea un proceso sin una escala única, debido a la combinación de atributos como la limpieza, amabilidad, confianza, comunicación, actividades, amenidades, que son comunes en los centros de spa y temazcal, aunque se han realizado propuestas de medición sistemática al respecto (Lagrosen y Lagrosen, 2016; Lo *et al.*, 2015; Silvestri *et al.*, 2017) según la revisión bibliográfica realizada.

Se han publicado diversos estudios que analizaron los factores que atraen a los turistas a los spas. Un ejemplo es la investigación de Rodrigues *et al.* (2020), quienes realizaron un análisis de contenido, por medio de un software especializado, de 1254 comentarios de turistas en páginas web. Como resultados, los atributos clave para la satisfacción son el baño de vapor, el personal, la habitación, la ubicación y la piscina.

Otro ejemplo es la investigación de Han *et al.* (2018) para analizar la relación entre lealtad, experiencias y satisfacción en los spa de Tailandia, por medio de una encuesta a 558 visitantes. Se realizó un análisis factorial con factores como precio, variedad de servicios, tratamientos, terapeutas y colaboradores, facilidades. Como resultado se estableció que las características del producto, las experiencias y la satisfacción están relacionadas y contribuyen a la satisfacción y fidelidad hacia el destino.

Un estudio en Grecia (Weaver y Lawton, 2011) evaluó a 207 clientes de diez centros de spa en relación a las variables que influyen en la satisfacción. La

encuesta se diseñó con base en el modelo SERVQUAL y se aplicó un análisis factorial cuyo resultado establece que la atención, la confianza del servicio, los alimentos, la comodidad, la honestidad y la empatía son los aspectos que permiten predecir mejor el nivel de satisfacción. De forma similar, el estudio de Tsai *et al.* (2012) reveló que el servicio, la confianza y en especial el entorno, influyen en la satisfacción y la recomendación.

En consecuencia, para comprender la satisfacción del turista en la experiencia del temazcal, se diseñó un cuestionario propio con una adaptación de los ítems y la redacción de los mismos, para que reflejen las características de los productos y servicios asociados al destino de Cozumel.

## MÉTODO

El estudio de caso se aplicó en dos temazcales de Cozumel, cuya principal actividad económica es el turismo, que en 2019 representó una derrama económica de \$1,272.200.000 dólares norteamericanos (SEDETUR, 2020). La infraestructura turística de este destino comprende un aeropuerto internacional, tres terminales internacionales de cruceros, una terminal marítima de transbordadores de vehículos y otra terminal marítima de pasajeros. Existen 66 establecimientos de hospedaje registrados, con una oferta de 4 701 cuartos disponibles (SEDETUR, 2020). También destacan más de 800 empresas prestadoras de servicios turísticos, 423 tiendas de artesanías y 225 establecimientos de servicios de comidas y bebidas [restaurantes, cafeterías, neverías, centros nocturnos, discotecas, bares, entre otros] (INEGI, 2017). En el sector del turismo de salud existen cinco temazcales (observación de campo, 2019) que brindan servicios.

La investigación fue descriptiva, con una recolección de datos cuantitativos durante los años 2017 y 2018. La técnica utilizada consistió en una encuesta a través de la aplicación de un cuestionario anónimo y confidencial, redactado en idioma inglés, para determinar el nivel de satisfacción, en sentido negativo o positivo, de los aspectos que intervienen en el baño de temazcal. Para evitar sesgos, la recolección de información se efectuó siguiendo un procedimiento estandarizado, con la finalidad de que cada persona encuestada responda en igualdad de condiciones.

Se llevó a cabo una prueba piloto con 31 cuestionarios, que permitió algunas correcciones menores en algunas frases. Como segunda prueba piloto, el cuestionario se aplicó en otros temazcales de Cozumel, por lo que se hicieron leves modificaciones con el fin de generalizarlo y ajustarlo al ambiente e instalaciones de los temazcales. Las preguntas fueron diseñadas y redactadas cuidadosamente para evitar incomodidades o incurrir en alguna falta a la moral, considerando temas interculturales.

El cuestionario se diseñó para ser aplicado de forma rápida y al finalizar el servicio, de forma a que no implicara una demora de tiempo y evitar rechazos, ya que los turistas suelen tener horarios establecidos para distintas actividades durante su estadía en la isla. En todos los casos, siempre se solicitó consentimiento verbal de los participantes y se explicó el motivo del cuestionario.

A los resultados se aplicó el análisis factorial exploratorio (AFE) ortogonal de varianza máxima, utilizado con frecuencia para el desarrollo y validación de test, especialmente en las áreas sociales (Méndez Martínez y Rondón Sepúlveda, 2012), debido a su versatilidad en la exploración del conjunto de variables latentes o factores comunes que explican las respuestas a los ítems de un test (Lloret-Segura *et al.*, 2014). La prueba de validación KMO fue de 0.731 y la esfericidad de Barlett fue de 0.0000, confirmado la validez del AFE.

Se realizó la prueba del Alfa de Cronbach, que es una medida de validación de respuestas relacionadas con un mismo tema (Domínguez-Lara y Merino-Soto, 2015), cuyo resultado fue de 0.726 con diez ítems de escala tipo Likert, por lo que el conjunto de ítems se considera válido. Los datos fueron analizados con el software de procesamiento estadístico JASP 0.14.

## RESULTADOS

De los 164 turistas que respondieron el cuestionario durante el 2018, 63% fue mujer. El rango de edad estuvo entre los 18 y 66 años de edad, predominando jóvenes de 27 a 34 años, con 66 personas (40%). El 78% provino de Estados Unidos de América, mientras que 23% restante provino de diversos países, entre los que destacaron México y Canadá. El 50% ha repetido su visita a Cozumel en dos o más ocasiones. Con respecto a la experiencia previa en el temazcal, 37 turistas (22%) indicaron que habían participado previamente en, al menos, una sesión, aunque sólo un 5% fue en Cozumel.

Se consultó a los participantes acerca de sus motivaciones para participar en la sesión del temazcal, y 71 personas (43%) indicaron que fue para “Desintoxicación y purificación”, 26 personas (16%) eligieron la opción “Probar algo diferente”, 12 (7%) personas marcaron “Actividades holístico espirituales” y 11 personas (7%) señalaron “Liberar tensión y relajación”. El resto de las respuestas fueron ampliamente diversas. También se preguntó a los participantes respecto al cumplimiento de las expectativas y 99 turistas (60%) respondieron que “Superó mis expectativas”, mientras que 16 personas (10%) indicó que “Cumplió ampliamente”, mientras que 45 personas (27%) eligieron la opción “Cumplió”.

Respecto a los elementos tangibles de la experiencia, 80 personas (50%) respondieron que “el guía” es el factor destacado, mientras que 35 respuestas (21%) señalaron el “calor y vapor” y 34 respuestas (21%) indicaron “el ambiente”. En la contraparte, entre los elementos intangibles la opción



“Aromas (copal y té de hierbas)” recibió 47 respuestas (29%), mientras que “Sensación de renacimiento o rejuvenecimiento” obtuvo 45 (27%). La “Sensación de relajación” tuvo 26 respuestas (16%) y “Ejercicios y dinámicas durante la sesión”, 21 respuestas (13%).

La explicación que los colaboradores brindaron a los turistas de forma previa a cada una de las experiencias del temazcal, fue el aspecto con la calificación más elevada entre los criterios para medir de forma descriptiva la satisfacción, ya que obtuvo una suma de 4.95/5, mientras que el servicio de atención presencial resultó con 4.93/5. En tercer lugar, el guía, con 4.92/5 (ver Tabla 1).

**Tabla 1**

*Resultados descriptivos del cuestionario de satisfacción del temazcal*

Ítem	Válido	Media	Desv. Estándar
Ambiente	164	4.762	0.441
Instalaciones	164	4.494	0.622
Guía	164	4.921	0.399
Explicación	164	4.951	0.364
Servicio de atención en Internet	164	4.817	0.860
Servicio de atención presencial	164	4.939	0.652
Duración de experiencia	164	4.659	0.488
Frutas y bebidas	164	4.860	0.365
Hombre de fuego	164	4.695	0.668
Camino	164	4.671	0.792

Para evaluar la estructura subyacente del análisis descriptivo, se aplicó la prueba estadística AFE y los aspectos tangibles (el tiempo, los alimentos, las instalaciones, el ambiente) fue el factor más importante (17%). Como segundo factor, las actividades complementarias del camino y hombre de fuego (14%). El tercer factor fue el espíritu de servicio, con la atención personalizada y en Internet (13%). El cuarto factor fue la confianza, representada por el guía del temazcal (12%). En conjunto, los cuatro factores alcanzaron el 56% de la varianza total explicada.

**Tabla 2**  
*AFE del cuestionario de satisfacción del temazcal*

Ítems	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Uniqueness
Duración de experiencia	0.712				0.378
Frutas y bebidas	0.601				0.634
Instalaciones	0.552				0.617
Ambiente	0.520				0.595
Camino		0.972			-0.004
Hombre de fuego		0.486			0.557
Servicio de atención presencial			0.894		0.188
Servicio de atención en Internet			0.424		0.754
Guía				0.983	0.003
Explicación					0.714

Nota: realizado con rotación Varimax

Finalmente, para conocer las percepciones que tuvieron los participantes en el baño de temazcal, se realizó la pregunta: “¿Cómo describiría su experiencia posterior a su sesión de temazcal?” y 37 personas (23%) manifestaron la opción “Reconexión con mi interior y el ambiente”; 36 personas (22%) marcaron “Profunda relajación”; otras 29 (18%) eligieron “Intensa purificación”, mientras que 22 usuarios (13%) indicaron “Difícil de describir con palabras”.

## DISCUSIÓN

Durante el 2018 se realizaron 164 cuestionarios con una validez del 100%, para revelar los factores más importantes asociados con la satisfacción de los turistas, luego de la experiencia del temazcal en la isla de Cozumel, por medio de un análisis factorial exploratorio, que determinó que algunos factores son más importantes desde la percepción del turista y contribuyen más a su satisfacción general.

De acuerdo con los resultados, los tres factores principales que influyen en la satisfacción son los atributos tangibles (tiempo, alimentos, instalaciones, ambiente), los atributos de complementos (camino y hombre de fuego) y el atributo del espíritu de servicio (atención presencial y por Internet). Como variable aislada, las instalaciones recibieron el nivel de satisfacción más bajo, aunque no implicó insatisfacción por parte de los turistas. Estos factores merecen un seguimiento cuidadoso para consolidar los aspectos favorables y, en la contraparte, mejorar aquellos atributos donde se perciben deficiencias.

Como atractivo turístico vinculado al bienestar o la salud, el temazcal resulta un tanto difícil de comprender por la mayoría de los turistas extranjeros,

dado que les es desconocido, existe poca información en Internet acerca del mismo, y, como sucede en algunos casos, se ha desvirtuado al convertirlo en una forma de prácticas y creencias espirituales para diversificar la oferta turística.

Como contribución teórica, el estudio amplía la muy limitada literatura sobre el temazcal y la satisfacción, al proporcionar una comprensión explicada de los factores generales que pueden considerarse importantes en distintos aspectos de un producto o servicio (Petrick *et al.*, 2001), aunque los resultados deben ser interpretados con precaución, ya que la muestra de conveniencia no permite generalizaciones, pero los resultados son útiles y pueden influir en los temazcales para sus estrategias de gestión y mercadotecnia.

Entre las implicaciones prácticas para los gestores del turismo de salud en temazcal, los resultados ayudarán a aumentar la satisfacción y fidelidad de los turistas, así como aumentar el nivel de calidad, al priorizar y aplicar los recursos y capacidades para mejorar los factores más críticos. A nivel de microempresas, las instalaciones adecuadas y confortables, la capacitación para la comunicación, el compromiso con el servicio y el trato personalizado, son muy importantes en el nivel de satisfacción.

Como limitación, cuando se analizan atributos que se combinan en tiempo y espacio para un grupo de personas, se debe reconocer la posibilidad de que existan interacciones entre los factores, situación que no se evaluó en esta investigación, ya que no se observó varianza compartida. Sin embargo, en la práctica del temazcal, podría suceder que un atributo influya sobre otros atributos, como, por ejemplo, el calor del sauna y el sabor de las bebidas refrescantes. Como fortaleza, se destaca que la muestra se constituyó por turistas reales que tuvieron la experiencia completa del temazcal, así como con todo el equipo de colaboradores que brindaban los servicios. También, a diferencia de otros cuestionarios de satisfacción altamente estructurados, este estudio enfatizó el lenguaje sencillo y natural, con descripciones ajustadas a los usos y costumbres del servicio del baño de temazcal.

Para futuras investigaciones, es recomendable evaluar el nivel de satisfacción, considerando atributos como las expectativas, el precio, el valor, servicio, calidad, efectos físicos, disfrute, la intención de la repetición de la experiencia, y la motivación para elegir la actividad. También se podría evaluar la validez del cuestionario SPAQUAL para el baño de temazcal, con las adaptaciones correspondientes a esta actividad.

## CONCLUSIÓN

Esta investigación aporta conocimientos acerca de la satisfacción en los turistas de temazcal y los resultados permiten afirmar que la actividad representa una experiencia satisfactoria para los usuarios, donde los factores

más importantes que intervienen están vinculados a los atributos tangibles. Las empresas deben utilizar estas características para aumentar la calidad y maximizar la satisfacción, para apoyar la competitividad y favorecer la lealtad.

Las categorías identificadas como significativas para la satisfacción del segmento de mercado del temazcal proporcionan información y ayudan a la comprensión sistemática de esta experiencia a nivel teórico, mientras que, al nivel práctico, se podrán mejorar las condiciones de gestión e instalaciones, así como estrategias para ampliar la atractividad de esta actividad y dirigir las expectativas hacia las características del servicio.

## REFERENCIAS

- Abubakar, B. y Mavondo, F.** (2014). Tourism Destinations: Antecedents to Customer Satisfaction and Positive Word-of-Mouth. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 23(8), 833–864. <https://doi.org/10.1080/19368623.2013.796865>
- Alegre, J. y Cladera, M.** (2009). Analysing the effect of satisfaction and previous visits on tourist intentions to return. *European Journal of Marketing*, 43(5/6), 670–685. <https://doi.org/10.1108/03090560910946990>
- Alén, E.** (2018). Reflections on “assessing tourist behavioral intentions through perceived service quality and customer satisfaction”. *Journal of Global Scholars of Marketing Science*, 28(4), 358–362. <https://doi.org/10.1080/21639159.2018.1509364>
- Anaya-Aguilar, R., Gemar, G. y Anaya-Aguilar, C.** (2021). Validation of a Satisfaction Questionnaire on Spa Tourism. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph18094507>
- Bigné, J. E. y Andreu, L.** (2004). Modelo cognitivo-afectivo de la satisfacción en servicios de ocio y turismo. *Modelo Cognitivo-Afectivo De La Satisfacción En Servicios De Ocio Y Turismo*(21), 89-120. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1143456>
- Campón-Cerro, A. M., Di-Clemente, E., Hernández-Mogollón, J. M. y Folgado-Fernández, J. A.** (2020). Healthy Water-Based Tourism Experiences: Their Contribution to Quality of Life, Satisfaction and Loyalty. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph17061961>
- Chen, C. M., Lee, H. T., Chen, S. H. y Huang, T. H.** (2011). Tourist behavioural intentions in relation to service quality and customer satisfaction in Kinmen National Park, Taiwan. *International Journal of Tourism Research*, 13(5), 416–432. <https://doi.org/10.1002/jtr.810>
- Cohen, M. y Bodeker, G.** (2008). *Understanding the Global Spa Industry: Spa Management*. BH.
- Domínguez-Lara, S. A. y Merino-Soto, C.** (2015). ¿Por qué es importante reportar los intervalos de confianza del coeficiente alfa de Cronbach? *Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales, Niñez Y Juventud*, 13(2), 1326–1328. <https://revistaumanizales.cinde.org.co/rlcsnj/index.php/Revista-Latinoamericana/article/view/2030>
- Frost, G. J.** (2004). The spa as a model of an optimal healing environment. *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)*, 10 Suppl 1, S85-92. <https://doi.org/10.1089/1075553042245908>

- Gilmore, J. H. y Pine II, J. (1998).** Welcome to the experience economy. *Harvard Business Review*, 78(4), 97–105. <https://store.hbr.org/product/welcome-to-the-experience-economy/98407?sku=98407-HCB-ENG>
- González, M. E. A., Comesaña, L. R. y Brea, J. A. F. (2007).** Assessing tourist behavioral intentions through perceived service quality and customer satisfaction. *Journal of Business Research*, 60(2), 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2006.10.014>
- Han, H., Kiatkawsin, K., Jung, H. y Kim, W. (2018).** The role of wellness spa tourism performance in building destination loyalty: the case of Thailand. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 35(5), 595–610. <https://doi.org/10.1080/10548408.2017.1376031>
- Han, H., Kiatkawsin, K., Kim, W. y Lee, S. (2017).** Investigating customer loyalty formation for wellness spa: Individualism vs. collectivism. *International Journal of Hospitality Management*, 67, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.07.007>
- Huh, J., Uysal, M. y McCleary, K. (2006).** Cultural/Heritage Destinations: Tourist Satisfaction and Market Segmentation. *Journal of Hospitality & Leisure Marketing*, 14(3), 81–99. [https://doi.org/10.1300/J150v14n03\\_07](https://doi.org/10.1300/J150v14n03_07)
- INEGI. (2017).** *Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2017/702825095130.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095130.pdf)
- Kamata, H. y Misui, Y. (2015).** Why Do They Choose a SPA Destination? The Case of Japanese Tourists. *Tourism Economics*, 21(2), 283–305. <https://doi.org/10.5367/te.2014.0450>
- Kotler, P. y Keller, K. (2012).** *Dirección de marketing (14a. ed.)*. Pearson Educación. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4870055>
- Kozak, M., Bigné, E. y Andreu, L. (2005).** Satisfaction and Destination Loyalty. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 5(1), 43–59. [https://doi.org/10.1300/J162v05n01\\_04](https://doi.org/10.1300/J162v05n01_04)
- Lagrosen, Y. y Lagrosen, S. (2016).** Customer perceptions of quality – a study in the SPA industry. *European Business Review*, 28(6), 657–675. <https://doi.org/10.1108/EBR-05-2016-0070>
- Lee, M., Han, H. y Lockyer, T. (2012).** Medical Tourism—Attracting Japanese Tourists For Medical Tourism Experience. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 29(1), 69–86. <https://doi.org/10.1080/10548408.2012.638564>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A. y Tomás-Marco, I. (2014).** El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales De Psicología*, 30(3). <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Lo, A., Wu, C. y Tsai, H. (2015).** The Impact of Service Quality on Positive Consumption Emotions in Resort and Hotel Spa Experiences. *Journal of*

- Hospitality Marketing & Management*, 24(2), 155–179. <https://doi.org/10.1080/19368623.2014.885872>
- Mak**, A. H. N., Wong, K. K. F. y Chang, R. C. Y. (2009). Health or self-indulgence? The motivations and characteristics of spa-goers. *International Journal of Tourism Research*, 11(2), 185–199. <https://doi.org/10.1002/jtr.703>
- Maunier**, C. y Camelis, C. (2013). Toward an identification of elements contributing to satisfaction with the tourism experience. *Journal of Vacation Marketing*, 19(1), 19–39. <https://doi.org/10.1177/1356766712468733>
- Méndez-Martínez**, C. y Rondón-Sepúlveda, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. *Revista Colombiana De Psiquiatría*, 41(1), 197–207. [https://doi.org/10.1016/S0034-7450\(14\)60077-9](https://doi.org/10.1016/S0034-7450(14)60077-9)
- Meng**, F., Tepanon, Y. y Uysal, M. (2008). Measuring tourist satisfaction by attribute and motivation: The case of a nature-based resort. *Journal of Vacation Marketing*, 14(1), 41–56. <https://doi.org/10.1177/1356766707084218>
- Okech**, R. N. (2014). Promoting the Spa Tourism Industry: Focus on Coastal Resorts in Kenya. *Athens Journal of Tourism*, 1(1), 53–63. <https://doi.org/10.30958/ajt.1-1-4>
- Perić**, G., Gašić, M., Stojiljković, M. y Nešić, I. (2018). The impact of employee satisfaction on the tourist satisfaction with the services of spa tourism. *Ekonomika Poljoprivrede*, 65(2), 617–632. <https://doi.org/10.5937/ekoPolj1802617P>
- Petrick**, J. F., Morais, D. D. y Norman, W. C. (2001). An Examination of the Determinants of Entertainment Vacationers' Intentions to Revisit. *Journal of Travel Research*, 40(1), 41–48. <https://doi.org/10.1177/004728750104000106>
- Rodrigues**, H., Brochado, A. y Troilo, M. (2020). Listening to the murmur of water: essential satisfaction and dissatisfaction attributes of thermal and mineral spas. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 37(5), 649–661. <https://doi.org/10.1080/10548408.2019.1633986>
- SEDETUR**. (2020). *Indicadores Turísticos Enero - Diciembre 2019*. SEDETUR. <https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/indicadores/Indicador-Tur-Dic-2019.pdf>
- Silvestri**, C., Aquilani, B. y Ruggieri, A. (2017). Service quality and customer satisfaction in thermal tourism. *The TQM Journal*, 29(1), 55–81. <https://doi.org/10.1108/TQM-06-2015-0089>
- Su**, L. y Hsu, M. K. (2013). Service Fairness, Consumption Emotions, Satisfaction, and Behavioral Intentions: The Experience of Chinese Heritage Tourists. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 30(8), 786–805. <https://doi.org/10.1080/10548408.2013.835228>
- Tsai**, H., Suh, E. y Fong, C. (2012). Understanding Male Hotel Spa-Goers in Hong Kong. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 21(3), 247–269. <https://doi.org/10.1080/19368623.2012.624295>

- Tung, V. W. S. y Ritchie, J. B. (2011).** Exploring the essence of memorable tourism experiences. *Annals of Tourism Research*, 38(4), 1367–1386. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2011.03.009>
- Weaver, D. B. y Lawton, L. J. (2011).** Visitor Loyalty at a Private South Carolina Protected Area. *Journal of Travel Research*, 50(3), 335–346. <https://doi.org/10.1177/0047287510362920>
- Žabkar, V., Brenčič, M. M. y Dmitrović, T. (2010).** Modelling perceived quality, visitor satisfaction and behavioural intentions at the destination level. *Tourism Management*, 31(4), 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.06.005>



# Deshidratación osmótica de *Carica papaya* var. Maradol: Transferencia de masa y análisis sensorial

Osmotic dehydration of *Carica papaya* var. Maradol: Mass transfer and sensorial analysis

—

Cyntia María D' Aquino de los Santos<sup>1</sup>

cynthia.daquino.san@cobach.edu.mx • ORCID: 0000-0002-2768-5033,

María Celina Luján-Hidalgo<sup>2</sup>

maria.lh@tuxtla.tecnm.mx • ORCID: 0000-0002-5720-9652

Lucía María Cristina Ventura-Canseco<sup>2</sup>

lucia.vc@tuxtla.tecnm.mx • ORCID: 0000-0001-6983-0430

Miguel Abud-Archila<sup>2</sup>

miguel.aa@tuxtla.tecnm.mx • ORCID: 0000-0002-4509-7964

1 COLEGIO DE BACHILLERES DE CHIAPAS, TUXTLA GUTIÉRREZ, MÉXICO

2 TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN, TUXTLA GUTIÉRREZ, MÉXICO.



Para citar este artículo:

D Aquino de los Santos, C. M., Luján Hidalgo, M. C., Ventura Canseco, L. M. C., & Abud Archila, M. (2022). Deshidratación osmótica de Carica papaya var. Maradol: Transferencia de masa y análisis sensorial. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a08>

## RESUMEN

*Carica papaya* var. Maradol es un producto fresco importante cultivado en Chiapas, México. Sin embargo, su vida de anaquel es muy corta por lo que podrían ser procesadas para incrementar su vida útil. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura y concentración de sacarosa de la solución osmótica sobre la pérdida de agua y ganancia de solutos durante la deshidratación osmótica de rebanadas de papaya. Para esto, rebanadas de 5 mm de espesor se deshidrataron por osmosis en soluciones de sacarosa a 40, 50, 60 y 70°Brix mantenidas a 50, 60 y 70°C durante 6 h, guardando una proporción sólidos:solución de 1:5 (peso:volumen). La pérdida de agua y ganancia de solutos fueron ajustados con la ecuación de Azuara para obtener las difusividades efectivas de agua y sacarosa. El análisis sensorial de las muestras se llevó a cabo usando una prueba hedónica de nueve puntos. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las difusividades promedio para el agua variaron entre  $4 \times 10^{-10}$  y  $7.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ; mientras que para la sacarosa fueron de  $3.62 \times 10^{-10}$  a  $8.4 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . El análisis sensorial mostró que la deshidratación osmótica influyó significativamente la aceptación de la papaya. La deshidratación osmótica usando una solución osmótica a 50°C, a 50°Brix durante 6 h permitió obtener papayas con una pérdida de agua de 49%, una ganancia de sacarosa de 14% y un buen nivel de aceptación. Estas condiciones de procesamiento incrementan la vida en anaquel de la papaya y podrían ser utilizadas para propósitos industriales.

### Palabras Clave:

*Difusividad efectiva; pérdida de agua; ganancia de solutos; prueba hedónica.*

— Abstract—

*Carica papaya* var. Maradol is an important product fresh cultivated in Chiapas, México. However, papaya shelf life is very short, for that, these could be processed to extend it. Osmotic dehydration could be used to extend shelf life. The aim of this work was to evaluate the effect of temperature and sucrose content in an osmotic solution on water loss and solid gain during osmotic dehydration of papaya slices. For that, papaya slices of 5 mm of thickness were dehydrated by osmosis in sucrose solutions to 40, 50, 60 and 70°Brix maintained to temperatures of 50, 60 and 70°C during 6 hours, keeping a proportion solid:solution of 1:5 (weigh:volume). The water loss and solids gain were adjusted with Azuara's equation to obtain the water and sucrose average effective diffusivities. The sensory analysis of the samples was carried out using a hedonic test of 9-point scale and the results were analyzed by an analysis of variance and mean using the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Water average effective diffusivity varied between  $4 \times 10^{-10}$  and  $7.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ; while for the sucrose diffusivity was  $3.62 \times 10^{-10}$  to  $8.4 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . The results of the sensory analysis showed that osmotic dehydration had a significant effect on the preference of the papaya. The osmodehydration process to 50°Brix at 50°C during 6 h allowed to obtain papaya slices with water loss of 49%, a solids gain of 14% and a good pleasure level acceptable. These conditions of processing increase the shelf life of papaya and could be used for industrial purpose.

**Keywords:**

*Effective diffusivity; water loss; solid gain; hedonic test.*

El secado es un método de conservación comúnmente utilizado en la industria de alimentos, cuyo objetivo primordial es aumentar la vida útil de estos por evaporación del agua. En la actualidad, el proceso de deshidratación de frutas y verduras se lleva a cabo principalmente utilizando aire caliente y liofilización. La deshidratación por liofilización conserva en gran medida la calidad de los alimentos, sin embargo, es un proceso que es muy caro con respecto a otros procesos de deshidratación. Por el contrario, el secado o deshidratación con aire caliente puede causar una serie de cambios importantes en los alimentos como por ejemplo, cambios en el color (reacciones enzimáticas y no enzimáticas) y el sabor; así como cambios de textura y calidad nutricional de los mismos, por mencionar algunos. El secado con aire caliente disminuye significativamente la aceptación de la papaya deshidratada en comparación con la fruta fresca (Abud-Archila *et al.*, 2002). Estas características sensoriales son importantes, ya que son las que definen el grado de aceptación del producto por parte del consumidor (Radojćin *et al.*, 2022).

En las últimas décadas, el secado osmótico, a presiones atmosféricas o de vacío (Saleena *et al.*, 2021) es una alternativa para el procesamiento de productos perecederos para preservar, en gran medida la calidad del producto final. Este consiste en la eliminación de agua por inmersión del alimento en una solución osmótica como, por ejemplo, una solución con concentraciones elevadas de azúcar o de NaCl. La deshidratación osmótica es un proceso complejo en donde diversos parámetros influyen: el tipo y concentración del agente osmótico, la temperatura y agitación de la solución osmótica, el tiempo de inmersión, la relación fruta:solución osmótica, así como la forma, tamaño y estructura del tejido (Bashir *et al.*, 2020), sin embargo, la temperatura y concentración del agente son primordiales en la transferencia de masa.

La deshidratación osmótica mejora la vida útil de los alimentos y los productos obtenidos presentarán, dependiendo de las condiciones del proceso, características sensoriales atractivas y "similares" al producto original antes de su procesamiento. Durante el procesamiento de alimentos, el color y la textura de los alimentos han sido estudiados principalmente como atributos sensoriales, siendo el color uno de los que más influye en la aceptación de un producto, sin olvidar el sabor. Lopez *et al.* (2021), puntualiza que el agente osmótico juega un rol muy importante en los atributos sensoriales y físicos del producto. Además, diversos trabajos fueron reportados en donde el secado osmótico previene los cambios indeseables en el color, como en el caso del plátano y manzanas (Krokida *et al.*, 2000a), papaya (Islam *et al.*, 2019), así como en las verduras, como patatas y zanahorias (Krokida *et al.*, 2000b). Si bien, el secado osmótico previene los cambios de color, el tiempo de proceso también es importante. En ese sentido, la pérdida de color de

las uvas se minimizaba cuando el tiempo de deshidratación osmótica fue corto, según lo reportaron Nsonzi y Ramaswamy (1998). En cuanto al grado de aceptación global de un producto, Romero-Bello (1995) y Madamba y López (2002) reportaron que el secado osmótico permite obtener productos con un buen grado de aceptación global para el caso de piña y mango, respectivamente. Durante el secado osmótico, se puede identificar la transferencia de masa entre la fruta y la solución osmótica (Saleena *et al.*, 2021). La transferencia de masa (pérdida de agua y ganancia de sólidos) durante la deshidratación osmótica ha sido modelada por varios autores (Azuara *et al.*, 1992; Lazarides *et al.*, 1997; Waliszewski *et al.*, 2002; Islam *et al.*, 2019). Los modelos basados en la teoría de la difusión (ley de Fick), la termodinámica irreversible, la difusión multicomponente y el flujo hidrodinámico han sido discutidos a fondo por Shi y Le Maguer (2002).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la temperatura, la concentración de la solución osmótica y el tiempo de impregnación sobre la pérdida de agua, la ganancia de sólidos y la aceptación por prueba hedónica, de las rebanadas de papaya y modelar la pérdida de agua y la ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materia Prima*

Frutos de papaya Maradol (*Carica papaya*) del mismo tamaño y sin ningún tratamiento postcosecha fueron proporcionados por la empresa AGROMOD SA de CV del rancho San Juan en Villa de Acala, Chiapas, México. Los frutos, con cerca del 90% de color amarillo-naranja, fueron lavados con agua y jabón y pelados manualmente. Posteriormente, tras la eliminación de las semillas, se obtuvieron rebanadas de 25 x 20 mm con 5 mm de espesor. La humedad inicial de la papaya fresca fue determinada en horno de vacío a 60°C durante 48 h o hasta peso constante.

### *Deshidratación osmótica*

Los trozos de papaya se sumergieron en una solución de sacarosa a temperatura controlada manteniendo una proporción fruta:solución osmótica (p:v) de 1 a 5. Los trozos de papaya se mantuvieron sumergidos en la solución de sacarosa en agitación continua durante 6 h a temperatura controlada con la ayuda de una parrilla de calentamiento con agitación magnética. Posteriormente, se realizó un muestreo cada 30 min para el seguimiento de la cinética de deshidratación. Para lo cual, aproximadamente 10 g de papaya fueron extraídos del sistema cada 30 min y se determinó el peso (0.001 g)

con ayuda de una balanza electrónica. Después, las muestras se lavaron con agua destilada para eliminar la sacarosa superficial y el agua residual se retiró con papel absorbente. El contenido de humedad de las muestras se determinó finalmente en horno de vacío a 60°C durante 48 h o hasta que la variación del peso no fuera mayor que 0.001 g.

Durante la cinética de deshidratación osmótica, la pérdida de agua (WL) de la muestra se calculó con la ecuación (1):

$$WL = \frac{P_o X_o - P_t X_t}{X_o} \quad (1)$$

donde  $P_o$  es el peso inicial de la papaya;  $P_t$  es el peso (en gramos) de papaya en el tiempo  $t$ ,  $X_o$  es el contenido de humedad inicial (g agua / g inicial, base húmeda) y,  $X_t$  el contenido de humedad de la papaya en el tiempo  $t$  (g agua / g inicial, base húmeda).

La ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica fue también determinada con ayuda de la ecuación (2):

$$SG = \frac{W_o MS_o - W_t MS_t}{X_o} \quad (2)$$

donde  $MS_o$  es la fracción inicial de materia seca (g / g inicial) y  $MS_t$  es la fracción de materia seca en el tiempo  $t$  (g / g inicial).

El efecto de la temperatura y concentración de azúcar de la solución osmótica fue evaluado utilizando un diseño experimental factorial con tres repeticiones. Las concentraciones de azúcar estudiadas fueron de 40, 50, 60 y 70°Brix, mientras que la temperatura de la solución fue de 50, 60 y 70°C. Un total de 36 tratamientos fueron realizados.

#### Modelo matemático

La cinética de deshidratación osmótica (pérdida de agua y ganancia de sólidos) de la papaya fue modelada utilizando un modelo empírico (ecuación 3) según lo reportado por Azuara *et al.* (1992) y Solgi *et al.* (2021).

$$\frac{WL}{WL_\infty} = \frac{s_1 t}{1 + s_1 t}$$

$$\frac{SG}{SG_\infty} = \frac{s_2 t}{1 + s_2 t} \quad (3)$$

donde WL y SG son la pérdida de agua y ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica, t es el tiempo,  $WL_{\infty}$  and  $SG_{\infty}$  son la pérdida de agua y ganancia de sólidos del tejido en equilibrio; y,  $s_1$  y  $s_2$  son los parámetros empíricos del modelo (ecuación 3) a identificar.

Estos parámetros empíricos ( $s_1$  y  $s_2$ ) fueron identificados para cada cinética, utilizando el método Simplex modificado (Van Nieuvwenhuijzen *et al.*, 2001) a través de la minimización de la función objetivo, denominada error (ecuación 4):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (WL_{exp} - WL_{sim})^2}{n}} \quad y \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (SG_{exp} - SG_{sim})^2}{n}} \quad (4)$$

donde n es el número de valores y los subíndices “exp” corresponden a valores experimentales, y el subíndice “sim” corresponde a los valores simulados por el modelo.

Finalmente, la difusividad ( $D_i$ ) del agua y de los sólidos, en función de los parámetros empíricos (s), se calcularon mediante la ecuación 5 (Waliszewski *et al.*, 2002):

$$D_i = -\frac{4L^2}{\pi^2 t} \ln \left\{ \frac{\pi^2}{8} \left[ 1 - \frac{s_i t}{1 + s_i t} \right] - \frac{1}{9} \left[ \frac{\pi^2}{8} \left( 1 - \frac{s_i t}{1 + s_i t} \right)^9 \right] \right\} \quad (5)$$

con  $i=WL$  o  $SG$

Para cada cinética, se identificaron valores  $s_1$  y  $s_2$ , los cuales se utilizaron para calcular la difusividad instantánea ( $D_i$ ) en el tiempo t. Las difusividades efectivas del agua y la sacarosa finalmente se expresaron como un promedio de resultados instantáneos (Azua *et al.*, 1992).

#### *Evaluación de la aceptación de la papaya osmodeshidratada mediante una prueba hedónica*

Después del secado osmótico, todas las muestras se almacenaron en refrigeración (aproximadamente a 5°C). Antes de la prueba sensorial, las muestras se dejaron equilibrar a temperatura ambiente (aproximadamente 30°C) durante 2 h. Posteriormente, una prueba hedónica estructurada de nueve puntos fue utilizada para determinar el nivel de aceptación de las muestras según Wichchukit y O'Mahony (2022). Debido a la cantidad de muestras a evaluar (12 tratamientos), el análisis sensorial se llevó a cabo en tres sesiones en días diferentes para evitar el cansancio del consumidor. Todas las muestras fueron evaluadas por 80 jueces no entrenados. La

evaluación sensorial se llevó a cabo en un supermercado de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Los resultados fueron analizados con un análisis de varianza bidireccional ( $p < 0.05$ ) y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey con ayuda del programa Statgraphics plus XV1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Pérdida de Agua y Ganancia de Sólidos*

La pérdida de agua y la ganancia de solutos han sido identificados como los principales factores que modifican la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica. La pérdida de agua y la ganancia de sólidos de la papaya fueron influenciados por el tiempo de proceso, la temperatura y la concentración de sacarosa (Figuras 1 y 2). La pérdida de agua y la ganancia de solutos aumentan rápidamente en las dos primeras horas, pero después de tres horas, estos valores se mantuvieron casi constantes hasta el término del proceso (6 h), para todas las condiciones de procesamiento. Estos resultados fueron consistentes con la literatura (El-Aouar *et al.*, 2006). Los resultados también muestran que la pérdida de agua (después de 6 h de procesamiento) varió entre 34% y 70%; mientras que la variación de la ganancia de sólidos fue del 10% a 25%, dependiendo de la concentración de sacarosa y la temperatura de la solución (Figura 1).

La pérdida de agua (Figura 1a) y la ganancia de sólidos (Figura 2a) aumentaron con la temperatura de la solución. Esto podría explicarse porque al incrementar la temperatura de la solución, la permeabilidad del tejido de la papaya posiblemente aumentó facilitando la pérdida de agua. Además, la pérdida de agua disminuyó cuando se utilizó una concentración de sacarosa baja (40°Brix, Figura 1b). Lo anterior podría explicarse porque el gradiente de concentración de sacarosa entre la papaya y la solución osmótica fue menor. Sin embargo, la ganancia de sólidos aumentó cuando una concentración de sacarosa baja fue utilizada (40°Brix). La fuerza motriz para el transporte de humedad de los tejidos a la solución es proporcionada por la mayor presión osmótica de la solución concentrada (Radojćin *et al.*, 2022).



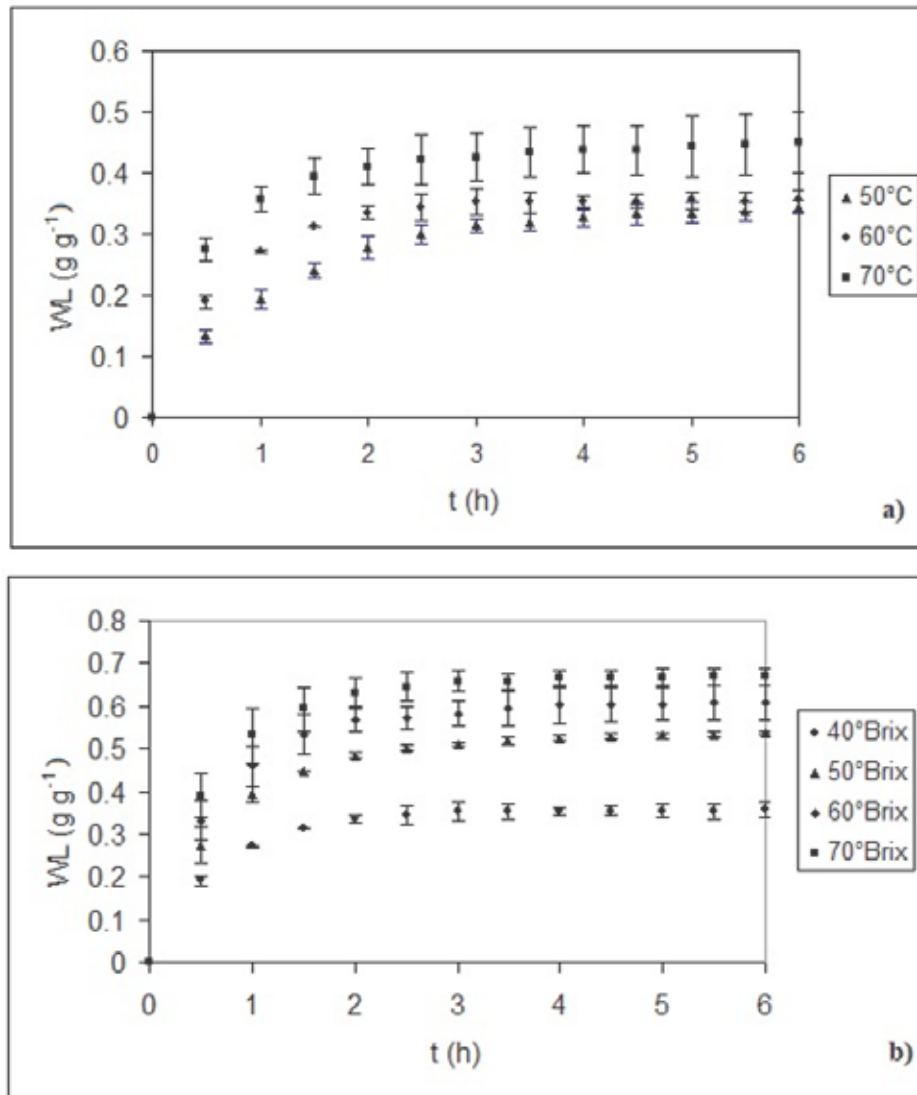


Figura 1. Pérdida de agua (WL) durante la deshidratación osmótica de papaya a 40°Brix (a) y 60°C (b).  
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, cuando la concentración de sacarosa en la solución es mayor, la tasa de impregnación probablemente aumenta más rápido en los primeros minutos del proceso provocando la acumulación de sacarosa en la parte exterior de la muestra. En este caso, la acumulación de sacarosa en la superficie de la papaya formó, probablemente, una película semipermeable en la papaya evitando la salida del agua y la entrada de sacarosa. Resultados similares a los nuestros fueron encontrados por Saputra (2001) y Waliszewski *et al.* (2002) para deshidratación osmótica de piña. Pero resultados diferentes para la papaya fueron reportados por Rodrigues *et al.* (2003) quienes publicaron que la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de papaya

incrementa con la temperatura y concentración de la solución osmótica. Las diferencias se podrían atribuir a los aditivos (ácido cítrico o láctico y al lactato del sodio o al cloruro de calcio) utilizados por estos autores en la solución osmótica, compuestos que no fueron utilizados en este trabajo. Además, las diferencias encontradas también podrían atribuirse a la variedad del fruto, así como a las condiciones del suelo y ambientales en donde las papayas fueron cultivadas.

Por otro lado, la pérdida de agua (WL) y ganancia de solutos (SG) reportados en este trabajo son más altas que los publicados por Jain *et al.* (2011), quienes encontraron para papaya que la WL fue de 28% y la SG fue del 4% cuando la deshidratación se efectuó a 600Brix, 37°C y 4.25 h de deshidratación osmótica. Las diferencias pueden deberse a que estos autores utilizaron 37°C en el proceso de deshidratación, lo cual resultó en la disminución de la transferencia de masa. Además, estos autores utilizaron una relación volumen de jarabe:peso de fruta de 4:1 (mL:g) y el tiempo de deshidratación osmótica fue de 4.25 h.

Durante la deshidratación osmótica, la sacarosa se impregna en la papaya y, al mismo tiempo, la papaya pierde agua. Entonces, cuando una proporción jarabe:fruta (v:p) utilizada es baja, por ejemplo 4:1, es decir, 4 mL de solución por cada gramo de fruta, la solución osmótica es diluida por la pérdida del agua de la papaya en las primeras horas del proceso provocando un gradiente de sacarosa inferior entre la solución y la papaya. Esto provoca la disminución de la tasa de impregnación y de deshidratación de la fruta.

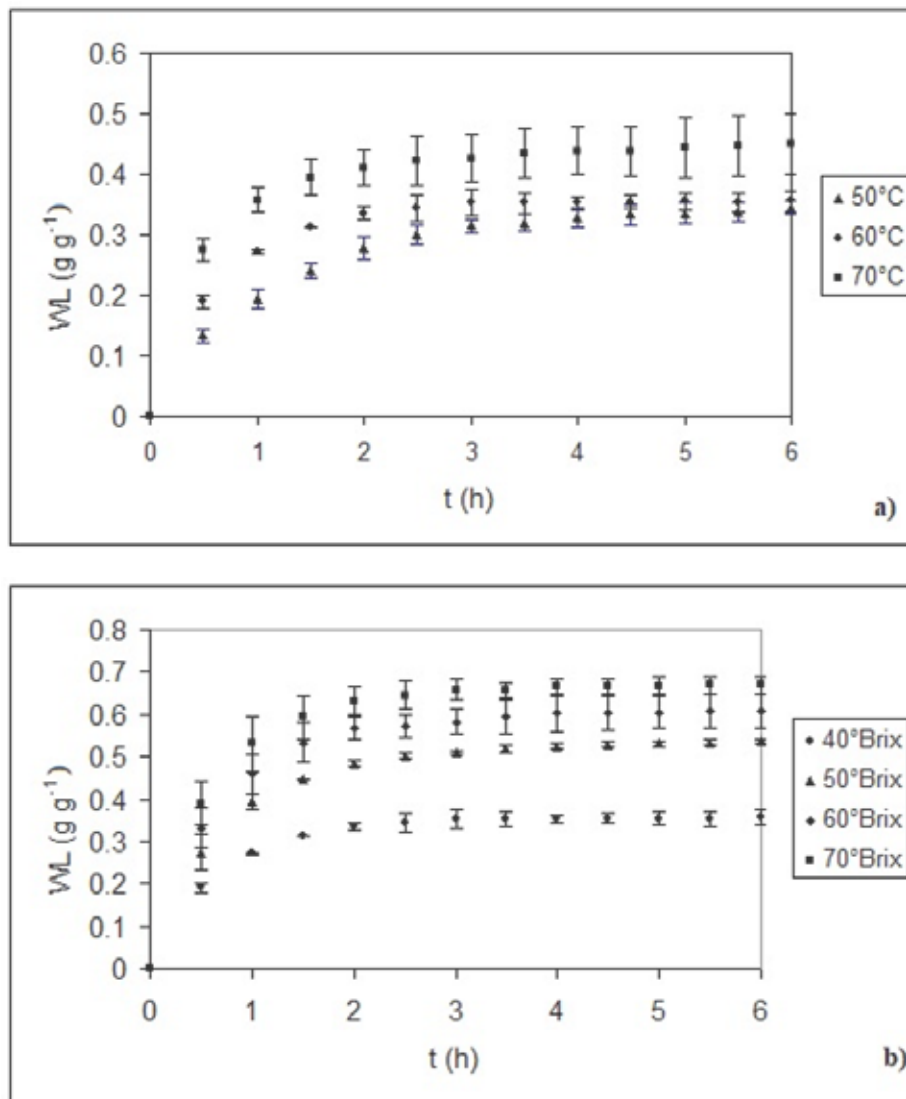


Figura 2. Ganancia de sólidos (SG) durante la deshidratación osmótica de la papaya a 50°Brix (a) y 60°C (b). Fuente: Elaboración propia

### Modelado de la Pérdida de Agua y Ganancia de Sólidos

Los parámetros  $s_1$  y  $s_2$  del modelo de Azuara, identificados para cada cinética, se muestran en la Tabla 1. Los resultados variaron entre 1.91 y 5.05 para la pérdida de agua con un error máximo de 3.7% y; entre 1.5 y 5.86 para la ganancia de sólidos con un error máximo del 1.7%. La calidad del ajuste se puede observar en la Tabla 1 representado como el error de predicción ( $\sigma$ ), así como también en las gráficas de la Figura 3, donde el modelo (ecuación 3) simuló muy bien la cinética de deshidratación osmótica en términos de pérdida de agua y ganancia de sólidos. Las gráficas muestran

que el incremento de temperatura provoca un aumento en la velocidad de pérdida de agua y ganancia de sólidos, sobre todo durante las primeras 2 h del proceso. Posteriormente, las curvas tienden a un comportamiento *quasi* estable, lo cual es debido probablemente a que, durante las primeras horas del proceso, la transferencia de masa se incrementa. Después, la velocidad de movimiento de solutos se reduce, hasta un grado tal en el que los sólidos acumulados en la superficie ya no permiten mayor pérdida de agua.

**Tabla 1**

Valores de  $s_1$  y  $s_2$  para pérdida de agua y ganancia de sólidos respectivamente del modelo empírico (ecuación 3)

Concentración de sacarosa (°Brix)	Temperatura (°C)	$s_1$	$\sigma$ (error)	$s_2$	$\sigma$ (error)
40	50	1.91	0.0226	1.61	0.0109
40	60	3.90	0.0206	1.58	0.0146
40	70	4.16	0.0136	1.50	0.017
50	50	3.18	0.0261	3.42	0.0082
50	60	3.26	0.0268	3.04	0.0108
50	70	5.05	0.0177	3.06	0.0087
60	50	3.52	0.0273	4.88	0.0042
60	60	3.77	0.0303	3.23	0.0087
60	70	3.91*	0.0256	2.66	0.007
70	50	3.29	0.0372	3.44	0.007
70	60	4.35	0.0316	5.86	0.0059
70	70	4.82	0.0244	3.63	0.0063

$\sigma$  fue calculada con la ecuación 4

Fuente: Elaboración propia

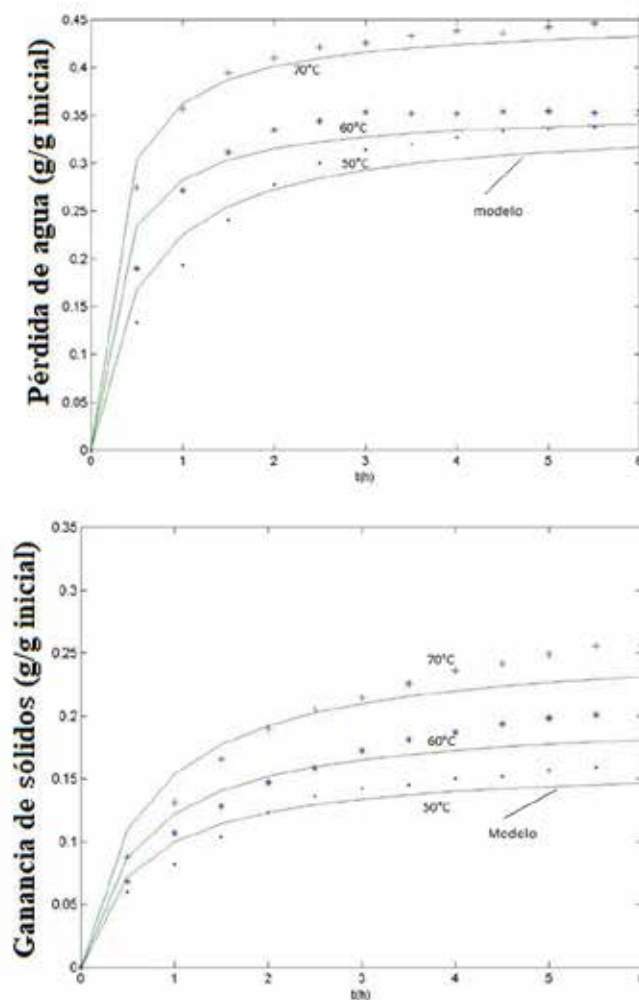


Figura 3. Pérdida de agua y ganancia de sólidos experimental y predicha durante la deshidratación osmótica de papaya a 40°Brix y diferentes temperaturas (•50°C, \* 60°C, + 70°C, - modelo).

Fuente: Elaboración propia

Los valores de difusividad efectiva del agua y de los sólidos (sacarosa) se obtuvieron mediante la ecuación 5. Los valores de difusividad aumentaron con la concentración de sacarosa, sin embargo, estos disminuyeron a altas concentraciones (60 y 70°Brix). Esto podría deberse a que se formó una capa de sacarosa en la superficie de la papaya, impidiendo la difusión del agua y azúcar como se explicó anteriormente. Las difusividades efectivas medias calculadas con la ecuación 5 fueron entre  $4 \times 10^{-10}$  y  $7.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para la pérdida de agua y entre  $3.62 \times 10^{-10}$  y  $8.4 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para ganancia de sólidos. Estos valores son semejantes a los reportados por Solgi *et al.* (2021) para la deshidratación osmótica de *Ziziphus jujuba*, con difusividades efectivas de entre  $2.7$  y  $5.96 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Sin embargo, estos valores son 10 veces menores que los reportados por Islam *et al.* (2019), quienes reportaron

valores de difusividad efectiva promedio para la pérdida de agua y la ganancia de solutos de  $2.25 \times 10^{-9}$  a  $4.31 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  y de  $3.01 \times 10^{-9}$  a  $5.61 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente durante la deshidratación osmótica de papaya. Las diferencias se podían atribuir a que ellos utilizaron una relación fruta:solución de 1:4 (p/v) y la duración del proceso osmótico fue de 240 min, además de que ellos utilizaron otra variedad de papaya. Mendoza y Schmalko (2002) encontraron una difusividad efectiva del agua aproximadamente 2 veces mayor ( $13 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) que los encontrados en esta investigación para rebanadas de papaya con 10 mm de espesor a diferencia de los 5 mm de espesor utilizados en este trabajo. Para el caso de la difusividad de la sacarosa, Mendoza y Schmalko (2002), reportaron una difusividad de  $34.7 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para papaya. La diferencia podría atribuirse a que estos autores utilizaron rebanadas de 10 mm de espesor y la transferencia de masa fue en una sola cara de la rebanada, así como también esos autores utilizaron otra variedad de papaya.

### *Evaluación Sensorial de la Papaya Osmodeshidratada*

La escala hedónica es una prueba comúnmente utilizada para la determinación del grado de aceptación de un producto como lo reportó Guadalupe-Tapia (2022) y López-Quevedo (2022). El análisis de varianza de los resultados de la prueba hedónica de la papaya osmodeshidratada se muestra en la Tabla 2. En esta Tabla 2 podemos observar que el valor de distribución F calculado es mayor al valor F de tablas, lo que indica que hay diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos y los jueces que realizaron la evaluación. Estos resultados son diferentes a los reportados para el análisis sensorial de piña osmodeshidratada (Romero-Bello, 1995) y mango osmodeshidratado (Madamba y López, 2002), cuyos autores encontraron que no había diferencia estadística significativa entre sus tratamientos. Esta diferencia se atribuye a que Romero-Bello (1995) usó una prueba hedónica de 5 puntos y nosotros una prueba de 9 puntos; mientras que Madamba y López (2002) llevaron a cabo el análisis de aceptación con únicamente 10 jueces.

**Tabla 2**

*Análisis de varianza para el grado de aceptación de papaya osmodeshidratada a diferentes condiciones de concentración de sacarosa y temperaturas*

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Var	F-ratio	F (0.05)
Tratamiento	11	71.053	6.459	3.3	1.8
Jueces	79	228.3073	2.8899	1.476	1.3
Residuales	869	1701.0302	1.957		
Total	959	2000.3906			

Fuente: Elaboración propia



La prueba de Tukey, representada en la Tabla 3, muestra que los productos con mayor aceptación fueron la muestra F (50°Brix, 70°C) y B (50°Brix, 50°C) y de menor aceptación fue la muestra H (60°Brix, 60°C).

**Tabla 3**

*Prueba de Tukey para el grado de aceptación promedio de papaya osmodeshidratada a diferentes condiciones de procesamiento*

Código del Tratamiento	Concentración de sacarosa (°Brix)	Temperatura (°C)	Grado de aceptación promedio
F	50	70	7.1875 a
B	50	50	7.0625 a
J	40	70	6.8875 abc
A	40	50	6.875 abc
D	60	70	6.825 abc
I	50	60	6.7375 abc
C	70	60	6.7125 abc
E	40	60	6.5625 abc
G	70	50	6.525 abc
L	70	70	6.4875 abc
K	60	50	6.3125 bc
H	60	60	6.2625 c
DMS			0.10

Letras minúsculas iguales al lado del valor del grado de aceptación significa que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos. DMS=Diferencia mínima significativa.

Fuente: Elaboración propia

Para las muestras F y B se obtuvo una calificación superior a 7, es decir, los jueces lo calificaron como "me gusta moderadamente"; y para la muestra H "me gusta ligeramente". Sin embargo, en la misma Tabla 3 se observa que la diferencia entre los tratamientos es *solo* de un punto de la escala hedónica, lo que indica que todas las muestras tuvieron una buena aceptación y que, probablemente, el juez consumidor tiene dificultades para identificar si existen diferencias entre los tratamientos. Esto sugiere que el producto tiene un grado de aceptación muy bueno. La prueba de Tukey para jueces no se llevó a cabo porque los jueces no estaban entrenados. De los resultados anteriores, se recomienda secar la papaya de 5 mm de espesor durante 6 h a 50°Brix y 50°C, lo que provocará una pérdida de agua del 49% y una ganancia de sólidos del 14%, obteniendo un producto con un nivel de aceptación razonable con vistas a la comercialización de un producto de papaya osmodeshidratada con una vida en anaquel no menor a 3 meses a temperatura ambiente. Además, este tratamiento es el

que permitirá el menor consumo de energía ya que se requerirá de menor calentamiento para mantener el proceso a 50°C.

### CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la pérdida de agua y la ganancia de sólidos de las rebanadas de papaya durante la deshidratación osmótica fueron afectadas por el tiempo del proceso, la concentración de sacarosa y la temperatura de la solución. El modelo matemático simuló la pérdida de agua con un error promedio a 3.7% y 1.7% para la ganancia de sólidos. Este modelo podría utilizarse para predecir el proceso osmótico a otras condiciones. La difusividad efectiva promedio del agua varió entre  $1.4 \times 10^{-10}$  y  $2.7 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>; mientras que la difusividad de la sacarosa cambió de  $1.25 \times 10^{-10}$  a  $2.4 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Los resultados mostraron que la temperatura y la concentración de sacarosa de la solución durante la deshidratación osmótica de papaya tuvieron un efecto en la aceptación sensorial de la papaya Maradol. El mejor tratamiento que aumentó la pérdida de agua y disminuyó la ganancia de sólidos fue el 50°Brix con 50°C durante 6 h de proceso.



## REFERENCIAS

- Abud**-Archila, M., Coutiño-Zapién, F.C., Ventura-Canseco, C., Ruiz-Cabrera, M.A. y Grajales-Lagunes, A. (2002). *Efecto del secado convectivo sobre la calidad sensorial de la papaya Maradol (Carica papaya)*. In Actas del 2º. Congreso Español de Ingeniería de Alimentos (cd-rom). Lleida: Universitat de Lleida. ISBN 84-8409-162-7.
- Azuara**, E., Cortes, R., Garcia, H.S. y Beristain, C.I. (1992). Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second Law. *International Journal of Food Science and Technology*, 27 (3), 409-418.
- Bashir**, N., Sood, M. y Bandral, J.D. (2020). Food preservation by osmotic dehydration-A Review. *Chemical Science Review and Letters*, 9(34), 337-341.
- El-Aouar**, A., Moreira Azoubel, P., Barbosa, J. y Xidieh-Murr, F. (2006). Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (Carica papaya L.), *Journal of Food Engineering*, 75 (2), 267-274.
- Guadalupe** -Tapia, M. (2022). *Influencia de la deshidratación osmótica de las habas frescas (Vicia faba L.) sobre el tiempo de secado*. Universidad Agraria del Ecuador. Tesis.
- Islam**, M.Z., Das, S., Monalisa, K. y Sayem, A. (2019). Influence of osmotic dehydration on mass transfer kinetics and quality retention of ripe Papaya (Carica papaya L) during drying. *AgriEngineering*, 1 (2), 220-234.
- Jain**, S., Verma, R., Murdia, L., Jain H. y Sharma G. (2011). Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. *Journal of Food Science and Technology*, 48, 211-217.
- Krokida**, M., Karathanos, V. y Maroulis, Z. (2000a). Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*, 18 (4&5), 937-950.
- Krokida**, M., Kiranoudis, C., Maroulis, Z. y Marinos-Kouris, D. (2000b). Effect of pretreatment on color of dehydrated products. *Drying Technology*, 18 (6), 1239-1250.
- Lazarides**, H., Gekas, V. y Mavroudis, N. (1997). Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. *Journal of Food Engineering*, 31, 315-324.
- Lopez**, M., Morais, R. y Morais, A. (2020). Flavonoid enrichment of fresh-Cut apple through osmotic dehydration-assisted impregnation. *British Food Journal*, 123 (2), 820-832.
- López-Quevedo**, C. (2022). *Efecto de la osmodeshidratación mediante lactosuero aplicado al banano (Musa x paradisiaca)*. Universidad Agraria del Ecuador. Tesis.
- Madamba**, P. y Lopez, R. (2002). Optimization of the osmotic dehydration of mango (*Magnifera indica* L.) slices. *Drying Technology*, 20 (6), 1227-1242.

- Mendoza, R.** y Schmalko, M. (2002). Diffusion coefficients of water and sucrose in osmotic dehydration of papaya. *International Journal of Food Properties*, 5 (3), 537-546.
- Nsonzi, F.** y Ramaswamy, H. (1998). Quality evaluation of osmo-convective dried blueberries. *Drying Technology*, 16 (3-5), 705-723.
- Radojćin, M.**, Ivan Pavkov, I., Kovačević, D., Predrag Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., Kešelj, K. y Gere, A. (2021). Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review. *Processes*, 9, 132. <https://doi.org/10.3390/pr9010132>
- Ramaswamy, H.** y Nsonzi, F. (1998). Convective-air drying kinetics of osmotically pre-treated blueberries. *Drying Technology*, 16 (3-5), 743-759.
- Rodrigues, A.**, Cunha, R. y Hubinger, M. (2003). Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing, *Journal of Food Engineering*, 59 (2-3), 129-135.
- Romero-Bello, M.** (1995). *Efecto del proceso de deshidratación osmótica en el cambio de color de hojuelas de piña*. Tesis Master, Instituto Tecnológico de Veracruz, México, 154 p.
- Saputra, D.** (2001). Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology*, 19 (2), 415-425.
- Saleena, P.**, Jayashree, E. y Anees, K. (2021). Recent developments in osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. *The Pharma Innovation Journal*, SP-11 (2), 40-50.
- Shi, J.** y Le Maguer, M. (2002). Osmotic dehydration of foods: Mass transfer and modeling aspects. *Food Reviews International*, 18 (4), 305-335.
- Solgi, V.**, Khavarpour, M. y Ariaai, P. (2021). Kinetic modeling of mass transfer during osmotic dehydration of Ziziphus jujube. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 11 (2), 45-58. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22287086.2021.11.2.5.9>
- Van Nieuwenhuijzen, N.**, Zareifard, M. y Ramaswamy, H. (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*, 19 (3&4), 525-545.
- Waliszewski, K.**, Delgado, J. y García, M. (2002). Equilibrium concentration and water and sucrose diffusivity in osmotic dehydration of pineapple slabs. *Drying Technology*, 20 (2), 527-538.
- Wichchukit, S.** y O'Mahony, M. (2022). The 9-point hedonic and unstructured line hedonic scales: An alternative analysis with more relevant effect sizes for preference. *Food Quality and Preference*, 99, 104575. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104575>.

DOCUMENTO  
ACADÉMICO

# Geopolítica e innovación: La creación de valor en Querétaro<sup>i</sup>

—

Víctor M. Castaño  
meneses@unam.mx; vmcastano@ai.org.mx

CENTRO DE FÍSICA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA, U.N.A.M.-  
JURIQUILLA, ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ACADEMIA DE INGENIERÍA  
ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA



Para citar este artículo:

M. Castaño, V. (2022). Geopolítica e innovación: La creación de valor en Querétaro. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a09>

## GEPOLÍTICA Y TOMA DE DECISIONES

La Geopolítica es “la ciencia que, a través de la Geografía Política, los Estudios Regionales y la Historia, estudia la causalidad espacial de los sucesos políticos y sus futuros efectos” o, en otras palabras, permite entender, desde una visión global (espacial y temporalmente hablando) los orígenes de los aparentemente incomprensibles fenómenos mundiales contemporáneos, como la crisis en Ucrania, los conflictos en el Oriente Medio, la presencia de los Zetas en el Golfo de México o la dinámica industrial en Querétaro y el Bajío y, aún más relevante, cómo esos incidentes “aislados”, que pueden parecer lejanos o inconexos entre sí, llegarán a afectar una decisión política, económica, social, o inclusive tecnológica, en cualquier lugar del orbe y, así, poder tomar las decisiones pertinentes en un contexto local o regional<sup>1,2</sup>. La “Teoría del Mundo Pequeño”<sup>3,4</sup> reafirma la increíble conectividad que personas, sucesos y locaciones geográficas están constantemente generando y modificando, a través de redes dinámicas en muy variadas áreas del conocimiento y el desarrollo económico<sup>5-6</sup>.

Desde el punto de vista de planeación y de toma de decisiones, empero, la Geopolítica es muy relevante ya que permite generar una visión, que conduce a pasar de un escenario de “futuro obligado” a uno de “futuro deseado”, en el que se posibilite a un país, a un estado, a una sociedad o una empresa, el diseñar no sólo a dónde se quiere llegar, sino cómo y cuándo. La Geopolítica, en resumen, representa una poderosa arma de planeación y toma de decisiones, global e históricamente fundamentada.

### *Ciencia, tecnología e innovación en la Geopolítica del siglo XXI*

La Geopolítica moderna nace, como ciencia, hacia finales del siglo XIX, coincidiendo, de forma por demás interesante, con el surgimiento de la ciencia y la tecnología como motores del desarrollo económico, fenómeno que se había iniciado con la Revolución Industrial. El siglo XX fue, así, testigo tanto de un ingente crecimiento de la ciencia y la tecnología, sin precedente en la Historia de la Humanidad, como de cambios geopolíticos también inéditos.

La situación cien años después, en este principio del siglo XXI, ha evolucionado de tal forma que no existe duda alguna sobre el papel que la ciencia y la tecnología juegan en las sociedades modernas, sino en cómo aterrizar esos conocimientos y desarrollos en beneficios colectivos, siendo

la innovación el concepto que está ya ha tomado un papel preponderante como el agente efectivo del cambio.

En otras palabras, la prosperidad de un país, región o estado que se precie de moderno y competitivo, debe descansar no sólo en la ciencia y la tecnología, sino, y muy acentuadamente, en la innovación. Lo más importante, empero, es comprender con claridad que ciencia, tecnología e innovación tienen motivaciones y metas muy diferentes e intentar juzgar a alguna de ellas con los criterios de las otras, no sólo resulta inútil, sino peligroso, ya que la innovación, contrariamente a la ciencia y la tecnología, no contiene al conocimiento como un objetivo sustancial *per se*, sino al liderazgo, en cualquiera de sus vertientes.

Un elemento que vale la pena remarcar es que se debe crear, para la articulación correcta de la triple hélice ciencia-tecnología-innovación, una figura diferente a la del científico y la del tecnólogo: la del buscador de conocimiento, individuo con una visión no necesariamente técnica, sino geopolítica.

#### *Innovación abierta vs. Innovación cerrada*

Si bien el término “innovación” se ha convertido casi en un cliché en la toma de decisiones geopolíticas hoy en día, la realidad es que continua representando un concepto importante que constantemente se está adecuando y mejorando. En efecto, la innovación como estrategia de desarrollo forma ya parte de los esquemas macroeconómicos mundiales y hay un enorme interés por la generación de modelos de innovación alternativos. Uno de esos modelos, que está adquiriendo una gran importancia en fechas recientes, es el de “innovación abierta”<sup>7</sup>, en contraste con la innovación tradicional, que sería “cerrada”. La diferencia primordial en la innovación abierta es que considera que lo fundamental no es generar internamente la innovación del sector de mercado donde se opere, sino en tener acceso a ella, a través de convenios, alianzas, empresas conjuntas (*joint ventures*) y todo el tipo de asociación en redes que se pueda imaginar. La filosofía básica es que no necesitamos poseer todo el talento, pero sí tener acceso a él, donde quiera que se encuentre. Esto, aparentemente muy simple, está representando una revolución en el campo de los negocios, la inteligencia tecnológica y la toma de decisiones.

En particular, la innovación abierta recalca la importancia de contar, más que con activos materiales (edificios, equipos, recursos humanos y materiales, etc.), con redes altamente dinámicas y accesibles que posibiliten el acceso a los recursos, donde estos se hallen. Lo relevante, entonces, no es necesariamente crear “hardware”, sino inventar un “software” que articule los recursos de manera eficiente y abierta.

### *El Local Innovation System (LIS) Program*

En este tenor, hace alrededor de una década, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) creó un interesante programa (LIS)<sup>8</sup> a lo largo de los elementos que se han bosquejado en los párrafos anteriores, con una vertiente de desarrollo regional. Las preguntas básicas que se plantea este programa son:

1. ¿Cuál es el papel que la innovación juega en el impulso a la competitividad y el desarrollo regionales?
2. ¿Cómo las Instituciones de Educación Superior (IES) y los Centros Públicos de Investigación (CPI) pueden promover las capacidades regionales de innovación?

El LIS incluye IES y CPI de Estados Unidos, Finlandia, Inglaterra, Japón, Taiwán y Noruega, que han derribado varios mitos asociados con la relación academia-industria como, primero, el que las IES y CPI no tienen, en la práctica, significado económico, más que en las economías muy desarrolladas. Segundo mito, muy popular, es el que el licenciamiento de patentes es el mecanismo para que las IES y los CPI logren impacto económico. El tercer mito es el que la transferencia de tecnología de la academia a la industria se da, preferentemente, mediante instrumentos de protección de propiedad intelectual. Como contrapropuesta a estos mitos, el LIS plantea 4 acciones que han demostrado, al menos en su caso, efectividad económica: la educación (con énfasis en competencias), la generación de espacios (físicos y virtuales), la resolución de problemas propuestos por y para la industria y la constitución de reservorios de conocimiento. La instrumentación de estas acciones llevó al MIT a crear otra dependencia, muy exitosa también, el Industrial Performance Center (IPC)<sup>9</sup> que realiza 4 labores específicas:

1. Creación local de nuevas industrias
2. Trasplante de industrias de otras regiones a la localidad
3. Diversificación de industrias locales
4. Modernización de industrias maduras

### *La innovación abierta en Querétaro*

A partir de los elementos teóricos antes expuestos, cabe ahora la reflexión sobre la pertinencia de crear un “Centro de Prospectiva e Innovación” en Querétaro, que podría integrarse al LIS de MIT. El primer punto a remarcar es el riesgo de tomar decisiones basadas en datos aislados, como el número de empresas localizadas en el Estado, cuántos investigadores residen en

Querétaro, las naciones que están creando centros similares, etc. Un paso tan potencialmente importante debe fundamentarse en un análisis geopolítico lo más completo posible, para lo cual una herramienta de inicio interesante son los Road Maps tecnológicos<sup>10</sup> cuya efectividad ha sido probada en varios casos exitosos de planeación de desarrollo tecnológico nacional y regional en diversos campos del conocimiento<sup>11</sup>.

La segunda lección a recordar es el que, además del “hardware”, un Sistema Estatal de Innovación<sup>12-13</sup>, de preferencia “abierto”<sup>10,12</sup> debe asegurar la disponibilidad del “software” que logre instrumentar los recursos que se están poniendo en juego. Adicionalmente, los criterios de evaluación deben ser diferentes para ciencia, tecnología e innovación, lo que conduce, obligadamente, a la creación de instrumentos de medición pertinentes a cada caso. Otro aspecto importante a considerar es el de la gobernanza de la innovación, desde una perspectiva global<sup>14</sup> y cómo se pueden generar redes de conocimiento que estén ligadas a redes de innovación, lo que no es siempre el caso<sup>15</sup>.

Finalmente, los perfiles de los innovadores implican competencias que ni un tecnólogo ni un científico poseen y que, más que añadir presión a las evaluaciones a los que los actuales actores del Sistema de Innovación Estatal, significa el articular redes y nubes de colaboración y competitividad. La cuestión, en una palabra, no es qué, sino cómo.



## REFERENCIAS

1. J.J. Grygiel, (2006), *Great Powers and Geopolitical Change*, Johns Hopkins University Press
2. G. Friedman, (2010), *The Next 100 Years*, Anchor Books
3. J. Travers, M. Stanley, (1969), *An Experimental Study of the Small World Problem*, *Sociometry* 32, No. 4, 425-443
4. M. Gladwell, (2000), *The Law of the Few. The Tipping Point*, Little Brown
5. V.M. Castaño, G. Lara, (1996), Organización de redes regionales de información científica y tecnológica en *El desarrollo regional en México, Colección: La Región Hoy*, S. Rodríguez, M. Camarena y J. Serrano (editores), 1, 49
6. V.M. Castaño, (2005), UNIDO y las redes de tecnología emergente, *Evolución Empresarial COPARMEX*, 11, 16
7. H.W. Chesbrough, (2003), *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press
8. Local Innovation Systems Project. *Industrial Performance Center*. Massachusetts Institute of Technology. <http://web.mit.edu/lis/>
9. MIT Industrial Performance Center. *Innovation. Productivity. Competitiveness*. <http://ipc.mit.edu/>
10. W. Helwegen, L. Escoffier, (2013). *Nanotechnology Commercialization for Managers and Scientists*, Pan Stanford Publishing
11. H. Jeffrey, J. Sedgwick, C. Robinson, (2013), Technology roadmaps: An evaluation of their success in the renewable energy sector, *Technological Forecasting & Social Change* 80, 1015-1027
12. V.M. Castaño y A.C. Rangel, (2010), La administración de la tecnología. Parte 1, *Serendipia* 14, 13
13. E.L. Rincón, (2004), El Sistema Nacional de Innovación: Un análisis teórico-conceptual, *Opinión* 20, 94-117
14. M. Anzaldo, M. Chauvet y L. Maldonado, (2014), Fondos públicos para la investigación en nanotecnologías en México y el cambio de paradigma de la política de CTI, *Interciencia* 39, 8
15. D. Fajardo, H. Ochoa, L. García y V.M. Castaño, (2014), La traducción del conocimiento en cáncer cervicouterino: ¿Una brecha entre la investigación sobre las causas y la investigación sobre la atención al paciente?, *Reports Public Health* 30, 415

---

i Para ampliar más el tema, puede consultarse:  
J.L. Lucío y M. Torres (Coords.). (2017). *Presente y Futuro de la Ciencia en México. Retos y Perspectivas de la Física*. Academia Mexicana de las Ciencias. Ciudad de México. [http://cccencias.mx/librospfc/m/presente\\_futuro\\_retos.pdf](http://cccencias.mx/librospfc/m/presente_futuro_retos.pdf)