



# KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 28

Número 62

Septiembre-Diciembre 2022

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
División Académica de Ciencias Biológicas





**TRABAJO DE CAMPO: PROFESORA DE LA DACBioI-UJAT EN LA COLECTA DE MUESTRAS DE POLEN DE *Rizophora mangle*.**  
Laguna de Términos; Campeche; México.

*Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez*



# UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

## DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio  
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea  
Secretario de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez  
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Mtro. Jorge Membreño Juárez  
Secretario de Servicios Administrativos

Mtro. Miguel Armando Vélez Téllez  
Secretario de Finanzas

Dr. Arturo Garrido Mora  
Director de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Ana Rosa Rodríguez Luna  
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

M. en A. Emilio Ocampo Morales  
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez  
Coordinadora de Docencia, DACBioI-UJAT

M.C.A. Yessenia Sánchez Alcudia  
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

## COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina †  
Editor fundador

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo  
Editor ejecutivo y encargado

Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Dr. Jesús García Grajales

Dra. Carolina Zequeira Larios

Dr. Rodrigo García Morales

Dra. María Elena Macías Valadez-Treviño

Ocean. Rafael García de Quevedo Machain

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña

Dr. Nicolás Álvarez Pliego

Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez

Dr. Marco Antonio Altamirano González Ortega

Dra. Rocío Guerrero Zárata

Dr. Eduardo Salvador López Hernández

Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Dra. Melina del Carmen Uribe López

Dr. José Guadalupe Chan Quijano

Dra. Martha Alicia Perera García

Editores asociados

Dra. Ramona Elizabeth Sanlúcar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anacleto Rosas

Dra. Ena Edith Mata Zayas

M. en Pub. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez

Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez

M. en C. Leonardo Noriel López Jiménez

Dra. Violeta Ruiz Carrera

Correctores de pruebas

M.Arq. Marcela Zurita Macías-Valadez

M. en C. Sulma Guadalupe Gómez Jiménez

Traductoras

L.I.A. Ervey Baltazar Esponda

Soporte técnico institucional

Srta. Ydania del Carmen Rosado López

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Apoyo técnico

## CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Lilia María Gama Campillo

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT - México

Dr. Roberto Carlos González Focil

Jefe del Departamento de Revistas Científicas, UJAT - México

Dra. Juliana Álvarez Rodríguez

División Académica de Ciencias Económico Administrativas, UJAT - México

Dr. Jesús María San Martín Toro

Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

# KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto:



**Revistas Universitarias (<https://revistas.ujat.mx/>)**

Portal electrónico de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



**Repositorio Institucional (<http://ri.ujat.mx/>)**

Plataforma digital desarrollado con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la UJAT.



**Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal ([www.latindex.ppl.unam.mx](http://www.latindex.ppl.unam.mx))**

Red de instituciones que reúnen y diseminan información sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en Iberoamérica.



**PERIÓDICA (<http://periodica.unam.mx>)**

Base de datos bibliográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con registros bibliográficos publicados América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



## Nuestra portada:

De micropartículas, hongos, esporas, murciélagos hasta viruela símica.

## Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo (División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT).

## Fotografías de:

Imagen alusiva al número publicado y de uso libre en la red.

KUXULKAB', año 28, No. 62, septiembre-diciembre 2022; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <https://revistas.ujat.mx>; [kuxulkab@ujat.mx](mailto:kuxulkab@ujat.mx). Editor responsable: Fernando Rodríguez Quevedo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 09 de septiembre de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBioI y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



# Editorial

## Estimados lectores:

Desearo se encuentren bien, en esta oportunidad nos dirigimos para presentar el tercer número de **Kuxulkab'** para este 2022; seguimos trabajando y reforzando esfuerzos para mantener nuestra presencia. Este número, cuenta con cuatro aportaciones donde, tenemos información respecto a diversos procesos de contaminación y su consecuencia; así como un tema de importancia internacional en el punto de las enfermedades virales.

En exposición a la forma de trabajo en la revista, proporcionamos una sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS DISPERSADAS POR MURCIÉLAGOS FRUGÍVOROS EN SELVAS DEL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO**»; texto en el cual se presenta una de las funciones ecológicas de los murciélagos, la dispersión de semillas, así como la mención de las especies detectadas.

«**AEROALÉRGENOS (*Curvularia*, *Nigrospora* & *Torula*) EN UNA ZONA URBANA DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO**», aportación que manifiesta la forma en que las esporas son capaces de desencadenar problemas respiratorios como la rinitis alérgica, razón por la cual son considerados aeroalérgenos.

«**PRESENCIA DE POLÍMEROS EN MAMÍFEROS MARINOS: MICROPLÁSTICOS RECURRENTES Y SUS CARACTERÍSTICAS**»; participación que describe el tipo de polímeros observados en mamíferos marinos, así como su distribución, color, morfología, tamaño, reportados en los últimos cuatro años.

«**VIRUELA SÍMICA: CASOS EMERGENTES**»; texto producto de una revisión documental alusivo a las características clínicas de la enfermedad, su epidemiología y las acciones de la Organización Mundial de la Salud.

La consolidación de este número es un esfuerzo en conjunto con autores, evaluadores, editores asociados y demás miembros del comité editorial de esta revista. Agradecemos, a cada uno de ellos, su apoyo y entusiasmo de colaborar en la divulgación de la ciencia con estándares de calidad emanados por esta casa de estudios. Esperamos vernos pronto.

*Arturo Garrido Mora*  
DIRECTOR DE LA DACBIOL-UJAT

*Fernando Rodríguez Queredo*  
EDITOR EJECUTIVO DE KUXULKAB'

# Contenido

## **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS DISPERSADAS POR MURCIÉLAGOS FRUGÍVOROS EN SELVAS DEL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO** e4892

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS DISPERSED BY FRUIT BATS IN JUNGLES OF THE HUMID MEXICAN TROPICS

Sara Salazar Arias, Nelly del Carmen Jiménez Pérez, Rodrigo García Morales & Eduardo Javier Moguel Ordóñez

## **AEROALÉRGENOS (*Curvularia*, *Nigrospora* & *Torula*) EN UNA ZONA URBANA DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO** e5062

AEROALLERGENS (*Curvularia*, *Nigrospora* & *Torula*) IN A URBAN AREA OF VILLAHERMOSA, TABASCO, MEXICO

Marcela Alejandra Cid Martínez, Jesús Ronaldo Hernández González & José Ángel Gaspar Génico

## **PRESENCIA DE POLÍMEROS EN MAMÍFEROS MARINOS: MICROPLÁSTICOS RECURRENTES Y SUS CARACTERÍSTICAS** e5277

THE PRESENCE OF PLASTICS IN MARINE MAMMALS: COMMON TYPE MICROPLASTICS AND THEIR FEATURES

Isaí de la Cruz Marín, Berenice Pérez García, Gabriel Núñez Nogueira & Mórvila Cruz Ascencio

## **VIRUELA SÍMICA: CASOS EMERGENTES** e5192

MONKEYPOX: EMERGING CASES

Marcela Alejandra Cid Martínez



# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS DISPERSADAS POR MURCIÉLAGOS FRUGÍVOROS EN SELVAS DEL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO

## MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS DISPERSED BY FRUIT BATS IN JUNGLES OF THE HUMID MEXICAN TROPICS

Sara Salazar Arias<sup>1</sup>, Nelly del Carmen Jiménez Pérez<sup>2✉</sup>, Rodrigo García Morales<sup>3</sup> & Eduardo Javier Moguel Ordóñez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). <sup>2</sup>Bióloga por la UJAT; Doctora en Ciencias en Sistemática por el Instituto de Ecología (INECOL A.C.). Su área de interés es la sistemática de angiospermas, florística de bosques tropicales y botánica económica de plantas tropicales. Profesora-investigadora y curadora de la Colección de Plantas Vasculares del Herbario UJAT en la DACBiol-UJAT. <sup>3</sup>Ecólogo por la UJAT; Maestro en Ciencias Ambientales por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT); Doctor en Biodiversidad y Conservación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Interesado en el estudio de los patrones de diversidad de especies en paisajes antropizados. Investigador del Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad (CCGS A.C.). <sup>4</sup>Agrónomo por el Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT); Maestro en Ciencias en Agrometeorología por el Colegio de Postgraduados (COLPOS). Colaborador del cuerpo académico «Conservación y gestión ambiental» de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) en la UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ njimenezp@hotmail.com

 <sup>1</sup> 0000-0002-8386-9961  <sup>2</sup> 0000-0002-6500-100X  <sup>3</sup> 0000-0001-7417-8192  <sup>4</sup> 0000-0002-1641-6794

### Como referenciar:

Salazar Arias, S.; Jiménez Pérez, N.C.; García Morales, R. & Moguel Ordóñez, E.J. (2022). Caracterización morfológica de semillas dispersadas por murciélagos frugívoros en selvas del trópico húmedo mexicano. *Kuxulkab'*, 28(62): e4892, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.4892>

### Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>  
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>  
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/4892>

### DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.4892>

### Resumen

Los murciélagos frugívoros cumplen una función ecológica muy importante, ya que consumen una gran cantidad de frutos y excretan las semillas durante el vuelo, de esta manera dispersan una diversidad de plantas provenientes tanto de sistemas primarios como pioneros en hábitats conservados o perturbados, favoreciendo así el mantenimiento y regeneración de los ecosistemas. En este trabajo se identificaron y describieron nueve especies pertenecientes a las familias Fabaceae, Moraceae, Piperaceae, Solanaceae y Urticaceae, dispersadas por murciélagos frugívoros en relictos de selva tropical perennifolia en la cuenca del Usumacinta del estado de Tabasco.

**Palabras clave:** *Cecropia*, *Piper*, Phyllostomidae; Quiropterocoria; Regeneración de selvas.

### Abstract

Frugivorous bats play an essential ecological function because they consume a large number of fruits and excrete seeds during flight. In this way, they disperse a diversity of plants, both primary and pioneer ones, either in conserved or disturbed habitats, and thus favor the maintenance and regeneration of ecosystems. In this work, nine species of plants dispersed by frugivorous bats were identified and described in relict evergreen tropical forests at the Usumacinta region, Tabasco. These species belong to Fabaceae, Moraceae, Piperaceae, Solanaceae, and Urticaceae families.

**Keywords:** *Cecropia*, *Piper*, Phyllostomidae; Chiropterocoria; Forest regeneration.

La dispersión de las semillas es un proceso fundamental en el mantenimiento y regeneración de los bosques tropicales. Este fenómeno aumenta el intercambio genético entre poblaciones de especies vegetales, además incrementa la probabilidad de germinación y desarrollo hasta la edad adulta, en tanto que reduce la competencia entre la planta progenitora y la semilla dispersada y la mortalidad de semillas por herbívoros y patógenos (Traveset & Rodríguez-Pérez, 2008).

En el neotrópico, los murciélagos frugívoros son considerados como uno de los principales dispersores de semillas. Esto debido a que son capaces de consumir una gran cantidad de frutos durante la noche (Muscarella & Fleming, 2007); se pueden alimentar de un gran variedad de plantas tanto de aquellas provenientes de sistemas primarios como pioneros (Medellín & Gaona, 1999; García-Morales, Chapa-Vargas, Galindo-González & Badano, 2012); pueden recorrer largas distancias y visitar varios sitios en búsqueda de alimento favoreciendo la dispersión de semillas tanto en hábitats conservados como perturbados (Galindo-González 1998; García-Morales *et al.*, 2012); y finalmente, mediante el paso de las semillas por su tracto digestivo eliminan o debilitan la cutícula (escarificación), lo que en ciertas especies, incrementa la proporción de las semillas que germinan o bien la velocidad en la que inician este proceso (Galindo-González, 1998).

Esta función ecológica de los murciélagos frugívoros es particularmente importante ya que semillas de especies tanto primarias como pioneras, consumidas por murciélagos, son excretadas al vuelo produciendo una «lluvia de semillas» en el interior de la selva húmeda tropical, en potreros, en hábitats perturbados y en áreas abiertas donde otros dispersores no llegan; promoviendo así, el

mantenimiento y regeneración de los ecosistemas conservados o perturbados (Galindo-González; Casallas-Pabón, Calvo-Roa & Rojas-Robles, 2017).

Los estudios de estas interacciones murciélagoplanta en selva tropical perennifolia y bosque mesófilo de montaña en la vertiente del Golfo de México, han evidenciado que una diversidad de especies de los géneros *Cecropia*, *Ficus*, *Guarea*, *Piper*, *Physalis*, *Solanum* y *Spondias* se encuentran entre los grupos más frecuentemente dispersados por murciélagos (Vázquez-Yanes, Orozco, François & Trejo, 1975; Flores-Martínez, Ortega & Ibarra-Manríquez, 1999; Medellín & Gaona, 1999; Galindo-González, Guevara & Sosa, 2000; Olea-Wagner, Lorenzo, Naranjo, Ortiz & León-Paniagua, 2007; Gonçalves da Silva, Gaona & Medellín, 2008; Castro-Luna & Sosa, 2009; Hernández-Montero, Rojas-Soto & Saldaña-Vázquez, 2011; Castro-Luna & Galindo-González, 2012; García-Morales *et al.*).

Es claro que el reconocimiento preciso de los frutos que son consumidos y las semillas que son dispersadas por los murciélagos frugívoros es fundamental para el mejor entendimiento de los procesos de dispersión y regeneración en las selvas tropicales; sin embargo, son pocos los trabajos que aportan fotografías y descripciones morfológicas de las semillas que permitan hacer una identificación de las especies que forman parte de la dieta de los murciélagos frugívoros.

De manera general, las semillas presentan una gran variedad de formas (elipsoides, globosas, ovoides, reniformes etcétera), colores (los más comunes van del marrón al negro), tamaños (diminutas o micro, pequeñas, medianas, grandes y muy grandes), vellosidades (pueden tener uno o muchos tricomas) y apéndices (a menudo de un color contrastante con el de la semilla) (Werker, 1997).

Algunas de estas características pueden ser de ayuda en la clasificación e identificación taxonómica de grupos vegetales (Pérez-Cortéz, Tillett & Escala, 2002).

En este contexto, el objetivo de este texto consistió en la descripción de la morfología externa de semillas y propágulos de especies vegetales que están siendo diseminadas por murciélagos en relictos de selva tropical perennifolia en la región Usumacinta del estado de Tabasco, México.



## Recolecta de semillas y heces

Considerando que, para toda investigación existe una forma de trabajo, el método en este caso consistió en que las semillas estudiadas fueron recolectadas durante los años 2015 a 2019 en sitios de selva tropical perennifolia en los municipios de Balancán y Tenosique (ambos del estado de Tabasco). Las semillas se recuperaron de las heces de murciélagos atrapados en redes de niebla abiertas, conforme a lo sugerido por Galindo-González, Vázquez-Domínguez, Saldaña-Vázquez & Hernández-Montero, (2009).

Las heces recolectadas se guardaron en bolsas de celofán hasta su lavado con agua destilada, las semillas fueron secadas con toallas de papel y contadas bajo un microscopio estereoscópico, posteriormente se resguardaron en cajas de Petri junto con gel de sílice para disminuir la humedad y fueron colocadas en estantes en el Laboratorio de usos múltiples del Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad (CCGS A.C.) en un sitio protegido de la luz y en un ambiente seco hasta su identificación y cotejo con especímenes depositados en la Colección de Plantas Vasculares del Herbario UJAT, ubicado en la División Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). La identificación de los murciélagos se realizó mediante la clave de campo de Medellín, Arita & Sánchez (2007).

## Descripción de semillas

Para la descripción de la forma de las semillas se siguió a Ibarra-Manríquez, Martínez-Morales & Cornejo-Tenorio (2015) y a la IAPT (1962); el color se asignó de acuerdo con Munsell (1977) y Munsell (2010); el tipo de superficie según Bojňanský & Fargašová (2007) y por último la posición del hilo, micrópilo y rafe de acuerdo con Escala & de Enrech (1991) y a Ubierno & Lapp (2007).

El tamaño (longitud, ancho y grosor) corresponde a la medición de 20 semillas por muestra (ISMA, 2019), excepto en aquellas cuyo tamaño de muestra fue menor, entonces se tomó la totalidad de la muestra. La longitud fue considerada como el eje mayor, el ancho como la medida transversal a la longitud y el grosor fue la medida del lado transversal de este último. Las fotografías y medidas fueron tomadas con un equipo «AxioCam® ERc5S» y el software «Zen® 2012 (versión 1.1.1.0)».

### Pruebas de germinación

A partir del 16 de enero y hasta el 20 de marzo del año 2020, bajo condiciones de laboratorio, en charolas germinadoras con "Peat moss" como sustrato, se colocaron 10 semillas por muestra de los lotes SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6, SP7, SP8, SP10 y SP11 (Cuadro 1), depositando una semilla por cavidad a una profundidad de 1 centímetro.

Antes de la siembra, las semillas fueron sumergidas durante 5 minutos en una preparación del fungicida «CAPTAN®» en proporción de 1.5 gramos por litro. Se realizaron riegos diariamente, tres veces al día con agua destilada durante el tiempo que duró la prueba. Se consideró una germinación exitosa cuando los cotiledones emergieron completamente del sustrato (Lámina 1: A-C).

Debido a que no se tenía claridad sobre las especies a determinar y sus requerimientos ambientales, se colocaron bajo condiciones homogéneas todas las charolas: temperatura ambiente entre los 22 y 27 grados Celsius, e iluminación entre 0 durante la noche y 1200 lux en el día, dentro del laboratorio (Lux se usa para determinar la cantidad de luz proyectada sobre una superficie).

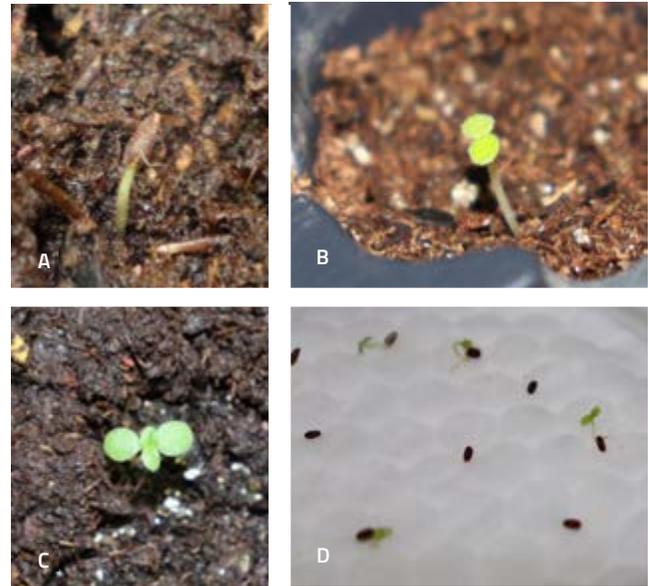


Lámina 1. Germinación epígea en "*Cecropia peltata*". A) plántula emergente con cotiledones aún con la cubierta seminal; B) expansión de cotiledones fotosintéticos; C) desarrollo del epicótilo, plántula con primeras hojas; D) germinación en cajas de Petri.

Una semana después de ocurrida la germinación, las plántulas se sembraron en vasos de unicel con "Peat moss" como sustrato y se mantuvieron en las mismas condiciones que los semilleros durante cinco días; posteriormente se llevaron a un invernadero instalado en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

De las muestras en que se observó germinación (SP10 y SP11 ver Cuadro 1) se pusieron a germinar conjuntos de semillas en cajas de Petri separándolas por la fecha de recolección y la procedencia: heces del murciélago de charreteras menor o murciélago pequeño de hombros amarillos ("*Sturnira parvidens*") y heces del murciélago frugívoro de Jamaica ("*Artibeus jamaicensis*").

Las semillas dentro de las cajas de Petri se recubrieron con toallas de papel y se mantuvieron hidratadas con agua destilada durante 30 días, en los que se inspeccionaron diariamente y se registraron las semillas germinadas (Lámina 1: D). Las condiciones de laboratorio en que se mantuvieron las cajas de Petri fueron de temperatura de 25 grados Celsius e iluminación entre 0 durante la noche y 1200 lux en el día.

### ¿Qué encontramos?

Se recolectaron 30 muestras de semillas que fueron separadas en 19 morfotipos. De ellos, siete fueron determinados a especie, cinco a género y una a familia; el resto permanece como desconocidas (Cuadro 1, Figuras 1-5). Estas muestras procedieron de nueve especies de murciélagos, a saber: murciélago frugívoro jamaicano ("*Artibeus jamaicensis*"), murciélago frutero común ("*Carollia perspicillata*"), "*Carollia* sp.", murciélago colicorta pardo ("*C. sowellii*"), murciélago frugívoro pigmeo ("*Dermanura phaeotis*"), "*D. watsoni*", murciélago siricotero de Pallas ("*Glossophaga soricina*"); murciélago de charreteras ("*Sturnira hondurensis*"), "*S. parvidens*", "*Sturnira* sp." y el murciélago orejiamarillo o murciélago de campamento ("*Uroderma bilobatum*"). Las descripciones de las semillas para las que fue establecida su identidad se resumen en el Cuadro 2.

Los murciélagos frugívoros en su conjunto están incluyendo en su dieta semillas de especies pertenecientes a las familias Fabaceae, Moraceae, Piperaceae, Solanaceae y Urticaceae, acorde con Medellín & Gaona (1999); Olea-Wagner et al. (2007); Gonçalves da Silva et al. (2008); Castro-Luna & Galindo-González, así como Santiago Del Valle (2014), y en lo particular, los resultados obtenidos pueden estar relacionados con las preferencias reportadas para los diferentes géneros de murciélagos, ya que es sabido que "*Artibeus* spp." son

especialistas en frutos de "*Ficus* spp." (Moraceae) mientras que "*Carollia* spp." consumen principalmente frutos de "*Piper* spp." (Fleming, Heithaus & Sawyer, 1977; Mikich, 2002).

Las semillas recolectadas corresponden tanto a especies de establecimiento tardío o vegetación primaria como "*Ficus* spp." y "*Piper xanthostachyum*" y pioneras como "*Piper hispidum*", "*Piper aequale*" y "*Cecropia peltata*", que son consideradas ampliamente como heliófilas, con tolerancia a la sequía y a las temperaturas extremas, por lo que su establecimiento en ambientes perturbados permite la sucesión ecológica y la eventual colonización y crecimiento de especies de ambientes primarios con requerimientos ecológicos más específicos (Berg & Roselli, 2005; Guevara, Laborde & Sánchez-Ríos, 2005; Martínez-Ramos & García-Orth, 2007).

El conjunto de estas plantas son representativas de los diferentes estratos verticales de las selvas tropicales, cubriendo desde el subdosel ("*Solanum* spp." y "*Piper* spp.") hasta el dosel ("*Cecropia peltata*" y "*Ficus* spp.") e incluso el registro de "*Piper xanthostachyum*", reportada por primera vez en este estudio como parte de la dieta de "*Carollia sowellii*", es relevante por tratarse de una planta que trepa sobre los troncos de los árboles y puede alcanzar hasta los 15 metros de altura (Castillo-Campos, García, Mehlreter & Martínez, 2009). En las selvas, las plantas trepadoras son elementos estructurales que conectan con las copas de los árboles y conforman un estrato importante por su biomasa, además sirven de alimento y refugio a distintas especies animales (Cabanillas & Hurrel, 2012).

Los propágulos de las especies registradas pertenecen a la categoría de semillas pequeñas (Harper, Lovell & Moore, 1970) que, en conjunto con la forma, probablemente favorecen la dispersión endozoócora.



0.25 mm

Figura 1. Fabaceae: "*Senna* sp."; dispersor: "*Carollia perspicillata*".



A

0.25 mm



B

0.25 mm

Figura 2. Moraceae: A) "*Ficus* sp1."; dispersor: "*Uroderma bilobatum*". B) "*Ficus* sp2."; dispersor: "*Artibeus jamaicensis*".



A

0.25 mm



B

0.25 mm



C

0.25 mm

Figura 3. Piperaceae: A) "*Piper hispidum*"; dispersor: "*Carollia* sp." B) "*Piper xanthostachyum*"; dispersor: "*Carollia sowellii*". C) "*Piper aequale*"; dispersor: "*Carollia* sp."



A

0.25 mm



B

0.25 mm



C

0.25 mm

Figura 4. Solanaceae: A) "*Solanum* sp."; dispersor: "*Sturnira* sp2." B) Morfotipo 1; dispersor: "*Sturnira hondurensis*". C) "*Solanum* sp2."; dispersor: "*Sturnira parvidens*".



A

0.25 mm



B

0.25 mm



C

0.25 mm



D

0.25 mm

Figura 5. Urticaceae: "*Cecropia peltata*"; A y D) dispersor: "*Sturnira parvidens*"; B y C) dispersor: "*Artibeus jamaicensis*".

En el caso de *Piper*, fueron las semillas de menor tamaño de la muestra, lo que puede estar en relación con la ausencia de germinación en este ensayo, al igual que sucede en otras especies pioneras, la reducción de tejido de reserva limita la longevidad después de la dispersión (Dalling, 2002).

En el presente trabajo los frutiolos de "*C. peltata*" fueron de menor dimensión a los registrados por Muñoz, Sánchez, Montejo, Herrera & Gamboa (2012) en Cuba, pero se encuentran dentro del rango reportado por Linares & Moreno-Mosquera (2010) en Colombia, registrándose variaciones superiores a 1 milímetro, lo que dificulta la utilidad de este conjunto de caracteres, siendo más importante para la distinción taxonómica la textura de la superficie que permite diferenciar los propágulos de la especie muy cercana y simpátrica, "*C. obtusifolia*", por presentar esta superficie lisa, contra tuberculada en "*C. peltata*".

En cuanto a la germinación, los únicos lotes de semillas que germinaron exitosamente fueron los correspondientes a "*C. peltata*". Estas iniciaron la germinación a los 20 días después de la siembra. El porcentaje promedio de germinación fue del 75 % (Figura 1), lo que contrasta con lo registrado por Muñoz et al. (2012), que, en condiciones de temperatura controlada cercana a 25 grados Celsius durante la noche y 35 grados Celsius durante el día, obtuvieron la emergencia de plántulas a los ocho días de iniciada la siembra, alcanzando más del 90 % de germinación en semillas frescas.

Sin embargo, en este trabajo se evidencia a "*A. jamaicensis*" y "*S. parvidens*" como dispersores legítimos de "*C. peltata*", y a esta especie como de alta viabilidad ya que alcanzó un porcentaje de germinación superior al 70 % con almacenamiento mayor a dos años.

## Conclusiones

Los resultados de este trabajo reflejan la importancia de las colecciones de frutos y de las descripciones de semillas, características poco contempladas en los tratamientos taxonómicos, pero que resultan básicos para establecer relaciones en cuanto a interacciones planta-frugívoros y los procesos ecológicos de las selvas tropicales en general.

Es necesario para ello, caracterizar la variación de frutos y semillas de especies con dispersión zoócora (esparcimiento de semillas por medio de animales) en su área de distribución. Así como para afianzar la identidad de las especies consumidas es recomendable la obtención de plantas a partir de las semillas recolectadas y obtener un conjunto mayor de caracteres útiles en la identificación taxonómica.

Del mismo modo, para esclarecer la aportación de los murciélagos frugívoros en la generación y mantenimiento de las selvas son pertinentes estudios puntuales sobre el efecto de estos dispersores en el patrón de germinación de las especies de las cuales se alimentan.

El conocimiento de especies vegetales que son dispersadas por la fauna en general representa información valiosa que puede incorporarse en las estrategias de restauración ecológica en la cuenca del río Usumacinta, aprovechando el alto potencial de la comunidad de frugívoros para acelerar los procesos de reconstrucción autónoma de los ecosistemas tropicales.

**Cuadro 1.** Número de semillas recuperadas, lugar y año de colecta, forma biológica, estrato vertical y categoría sucesional de las especies vegetales identificadas en este estudio.

| Familia    | Especie vegetal                           | Número de semillas | Año  | Lugar (Tabasco) | Forma biológica | Estrato vertical | Categoría sucesional |
|------------|---|--------------------|------|-----------------|-----------------|------------------|----------------------|
| Fabaceae   | SP1.<br><i>Senna</i> sp.                  | 28                 | 2019 | Tenosique       | No determinado  | No determinado   | No determinado       |
| Moraceae   | SP2.<br><i>Ficus</i> sp1.                 | 46                 | 2018 | Balancán        | Árbol           | Dosel            | Tardía               |
|            | SP3.<br><i>Ficus</i> sp2.                 | 48                 | 2016 | Tenosique       | Árbol           | Dosel            | Tardía               |
| Piperaceae | SP4.<br><i>Piper hispidum</i> Sw.         | 173                | 2017 | Tenosique       | Arbusto         | Subdosel         | Pionera              |
|            | SP5.<br><i>Piper xanthostachyum</i> Vahl. | 120                | 2017 | Tenosique       | Trepadora       | Subdosel         | Tardía               |
|            | SP6.<br><i>Piper aequale</i>              | 580                | 2015 | Tenosique       | Arbusto         | Subdosel         | Pionera              |
| Solanaceae | SP7.<br><i>Solanum</i> sp1.               | 28                 | 2016 | Balancán        | No determinado  | Sotobosque       | Pionera              |
|            | SP8.<br>Morfotipo1.                       | 16                 | 2018 | Tenosique       | No determinado  | No determinado   | Pionera              |
|            | SP9.<br><i>Solanum</i> sp2.               | 2                  | 2017 | Balancán        | No determinado  | Sotobosque       | Pionera              |
| Urticaceae | SP10.<br><i>Cecropia peltata</i> L.       | 99                 | 2017 | Tenosique       | Árbol           | Dosel            | Pionera              |
|            | SP11.<br><i>Cecropia peltata</i> L.       | 82                 | 2018 | Tenosique       | Árbol           | Dosel            | Pionera              |
|            | SP12.<br><i>Cecropia peltata</i> L.       | 3                  | 2016 | Tenosique       | Árbol           | Dosel            | Pionera              |
|            | SP13.<br><i>Cecropia peltata</i> L.       | 1                  | 2015 | Balancán        | Árbol           | Dosel            | Pionera              |

**Cuadro 2.** Número de semillas recuperadas, lugar y año de colecta, forma biológica, estrato vertical y categoría sucesional de las especies vegetales identificadas en este estudio.

|                                     | <i>Senna</i> sp.<br>(Fig. 1)  | <i>Ficus</i> sp1.<br>(Fig. 2A)                                | <i>Ficus</i> sp2.<br>(Fig. 2B)                                | <i>Piper hispidum</i><br>Sw.<br>(Fig. 3A) | <i>Piper xanthostachyum</i><br>C. DC.<br>(Fig. 3C) | <i>Piper aequale</i><br>Vahl.<br>(Fig. 3C) | <i>Solanum</i> sp1.<br>(Fig. 4A)          | Solanaceae 1<br>(Fig. 4B)  | <i>Solanum</i> sp2.<br>(Fig. 4C)          | <i>Cecropia peltata</i><br>L.                              |
|-------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|--|--|---|--|---|--|
| <b>Tipo de propágulos</b>           | Semilla                       | Aquenio   | Aquenio   | Semilla                                   | Semilla  | Semilla                                    | Semilla                                   | Semilla  | Semilla                                   | Aquenio  |
| <b>Forma</b>                        | Hemiesférica                  | Elipsoide a turbinado   | Elipsoide a turbinado   | Rectangular                               | Cuadrado   | Obovado                                    | Aplanada, renidorme, con margen engrosado | Aplanada, reniforme  | Aplanada, renidorme, con margen engrosado | Obovados   |
| <b>Longitud (mm)</b>                | 5.59 - 6.0                    | 1.72 - 2.23   | 1.02 - 1.24   | 0.65 - 0.71                               | 1.05 - 1.17  | 0.63 - 0.68                                | 2.44 - 3.00                               | 1.77 - 2.23  | 2.89 - 3.23                               | 1.56 - 2.42  |
| <b>Ancho (mm)</b>                   | 2.88 - 3.25                   | 1.12 - 1.33   | 0.59 - 0.89   | 0.56 - 0.69                               | 1.06 - 1.28  | 0.54 - 0.61                                | 1.92 - 2.30                               | 1.21 - 1.88  | 2.26 - 2.38                               | 0.76 - 1.18  |
| <b>Grosor (mm)</b>                  | 1.4 - 2.1                     | 0.79 - 1.15   | ND  | 0.32 - 0.49                               | 0.59 - 0.81  | 0.40 - 0.54                                | 0.21 - 0.52                               | 0.20 - 0.36  | 0.50 - 0.54                               | 0.60 - 0.93  |
| <b>Superficie</b>                   | Lisa y lustrosa               | Lisa y lustrosa   | Lisa y lustrosa   | Foveada                                   | Granulada  | Escrobiculada                              | Reticulada - foveada                      | Reticulada - foveada   | Reticulada - foveada                      | Tuberculada  |
| <b>Color</b>                        | Café oscuro (5YR 2.5/1)       | Gris con amarillo pálido en las orillas (2.5Y 7/2 y 2.5Y 8/4) | Gris con amarillo pálido en las orillas (2.5Y 7/2 y 2.5Y 8/4) | Negro (5YR 2.5/1)                         | Negro (5YR 2.5/1)                                  | Negro (5YR 2.5/1)                          | Amarillo pálido (2.5Y 8/4)                | Café oscuro con manchas negras y amarillas (10YR 2/1, 10YR 3/2 y 10YR 6/6) | Amarillo pálido (2.5Y 8/4)                | Café (5YR 8/2)   |
| <b>Forma del hilo</b>               | ND                            | NA  | NA  | Ovalado                                   | Ovalado  | Triangular                                 | ND  | ND   | Hendidura                                 | ND   |
| <b>Posición de hilo y micrópilo</b> | Subapical                     | NA  | NA  | Apical                                    | Apical   | Apical                                     | ND  | ND   | Central en el borde lateral de la semilla | Basal central  |
| <b>Color del hilo</b>               | ND                            | NA  | NA  | Blanco                                    | Café   | Amarillo                                   | ND  | ND   | Negro                                     | Amarillo   |
| <b>Posición de rafe</b>             | Lateral                       | NA  | NA  | Calazal                                   | Calazal  | ND   | ND  | ND   | ND  | NA   |
| <b>Color de rafe</b>                | ND                            | NA  | NA  | Blanco a beige                            | Blanco a beige                                     | ND   | ND  | ND   | ND  | NA   |
| <b>Dispersor</b>                    | <i>Carollia perspicillata</i> | <i>Uroderma bilobatum</i>                                     | <i>Artibeus jamaicensis</i>                                   | <i>Carollia</i> sp.                       | <i>Carollia sowelli</i>                            | <i>Carollia</i> sp.                        | <i>Sturnira</i> sp.                       | <i>Sturnira hondurensis</i>  | <i>Sturnira parvidens</i>                 | <i>Sturnira parvidens</i> ,<br><i>Artibeus jamaicensis</i> |

Clave: ND = No determinado; NA = No aplica.

## Referencias

- Berg, C.C. & Rosselli, P.F.** (2005). *CECROPIA: Flora Neotropica Monograph 94* (p. 230). New York Botanical Garden Press. New York. ISBN 10: 0893274615; ISBN 13: 9780893274610.
- Bojňanský, V. & Fargašová, A.** (2007). *Atlas of seeds and fruits of central and East-European flora: The Carpathian Mountains Region* (p. xxiii-xxxiii). Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5362-7>
- Cabanillas, P.A. & Hurrell, J.A.** (2012). Plantas trepadoras: tipo biológico y clasificación. *Revista Ciencias Morfológicas*, 14(2): 1–15. <https://revistas.unlp.edu.ar/Morfol/article/view/895>
- Casallas-Pabón, D.; Calvo-Roa, N. & Rojas-Robles, R.** (2017). Murciélagos dispersores de semillas en gradientes sucesionales de la Orinoquia (San Martín, Meta, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 22(3): 348–358. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n3.63561>
- Castillo-Campos, G.; García Franco, J.G; Mehlreter, K. & Martínez, M.L.** (2009). Registros nuevos de "*Ponthieva brenesii*" (Orchidaceae) y "*Piper xanthostachyum*" (Piperaceae) para el estado de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(2): 565–569. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532009000200026&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532009000200026&lng=es&tlng=es)
- Castro-Luna, A.A. & Galindo-González, J.** (2012). Seed dispersal by phyllostomid bats in two contrasting vegetation types in a Mesoamerican reserve. *Acta Chiropterologica*, 14(1): 133–142. <https://doi.org/10.3161/150811012X654349>
- Castro-Luna, A.A. & Sosa, V.J.** (2009). Consumption of "*Conostegia xalapensis*" fruits and seed dispersal of "*Coussapoa oligocephala*" by the nectarivorous bat "*Hylonycteris underwoodi*" Thomas, 1903 (Chiroptera: Phyllostomidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 44(3): 137–139. <http://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1005/182>
- Dalling, J.W.** (2002). Ecología de semillas. En: Guariguata, M.R. & Kattan, G.H. (Eds.); *Ecología y Conservación de bosques neotropicales* (pp. 345-375). Ediciones: Libro Universitario Regional (LUR); Editorial Tecnológica de Costa Rica. ISBN 9968-801-11-9. Recuperado de [https://faculty.lsu.edu/kharms/files/harms\\_2002.pdf](https://faculty.lsu.edu/kharms/files/harms_2002.pdf)
- Escala, M. & de Enrech, N.X.** (1991). Estudio morfoanatómico de semillas mirmecócoras en un ecosistema semiárido venezolano. *Orsis*, 6: 45–59. <https://www.raco.cat/index.php/Orsis/article/download/2420/9/89390>
- Fleming, T.H.; Heithaus, E.R. & Sawyer, W.B.** (1977). An experimental analysis of the food location behavior of frugivorous bats. *Ecology*, 58(3): 619–627. <https://doi.org/10.2307/1939011>
- Flores-Martínez, J.J.; Ortega, J. & Ibarra-Manríquez, G.** (1999). El hábito alimentario del murciélago zapotero ("*Artibeus jamaicensis*") en Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)*, 4(1): 22-39. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.1999.4.1.79>
- Galindo-González, J.** (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (73): 57–74. <https://doi.org/10.21829/azm.1998.73731727>
- Galindo-González, J.; Guevara, S. & Sosa, V.J.** (2000). Bat- and Bird-Generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, 14(6): 1693–1703. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2000.99072.x>
- Galindo-González, J.; Vázquez-Domínguez, G.; Saldaña-Vázquez, R.A. & Hernández-Montero, J.R.** (2009). A more efficient technique to collect seeds dispersed by bats. *Journal of Tropical Ecology*, 25(2): 205–209. <http://www.jstor.org/stable/25562606>
- García-Morales, R.; Chapa-Vargas, L.; Galindo-González, J. & Badano E.I.** (2012). Seed dispersal among three different vegetation communities in the Huasteca region, Mexico, analyzed from bat feces. *Acta Chiropterologica*, 14(2): 357–367. <https://doi.org/10.3161/150811012X661675>

- Gonçalves da Silva, A.; Gaona, O. & Medellín, R.A.** (2008). Diet and trophic structure in a community of fruit-eating bats in Lacandon Forest, México. *Journal of Mammalogy*, 89(1): 43–49. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-300.1>
- Guevara Sada, S.; Laborde Dovalí, J. & Sánchez-Ríos. G.** (2005). Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia*, 30(10): 595–601. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33910903.pdf>
- Harper, J.L.; Lovell, P.H. & Moore, K.G.** (1970). The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 1: 327–356. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.01.110170.001551>
- Hernández-Montero, J.R.; Rojas-Soto, O.R. & Saldaña-Vázquez, R.A.** (2011). Consumo y dispersión de semillas de "*Solanum schlechtendalianum*" (Solanaceae) por el murciélago frugívoro "*Sturnira ludovic*" (Phyllostomidae). *Chiroptera Neotropical*, 17(2): 1017–1021. <https://www.researchgate.net/publication/230817059>
- IAPT (International Association for Plant Taxonomy).** (1962). Systematics Association Committee for descriptive biological terminology: II. terminology of simple symmetrical plane shapes (Chart 1). *Taxon*, 11(5): 145–156. <https://doi.org/10.2307/1216718>
- Ibarra-Manríquez, G.; Martínez-Morales, M. & Cornejo-Tenorio, G.** (2015). *Frutos y semillas del bosque tropical perennifolio: región de los Tuxtlas, Veracruz* (p. 352). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). ISBN 978-607-8328-14-7. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD003408.pdf>
- ISMA (International Seed Morphology Association).** (2019). *Method for Seed Size Measurement*. ISMA Editorial Board for Seed Identification Guide.
- Linares, E.L. & Moreno-Mosquera, E.A.** (2010). Morfología de los frutiolos de "*Cecropia*" (Cecropiaceae) del Pacífico Colombiano y su valor taxonómico en el estudio de dietas de murciélagos. *Caldasia*, 32(2): 1–10. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36223>
- Martínez-Ramos, M. & García-Orth, X.** (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México, Sup.(80)*: 69–84. <https://www.redalyc.org/pdf/577/57708008.pdf>
- Medellín, R.A. & Gaona, O.** (1999). Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. *Biotropica*, 31(3): 478–485. <http://www.jstor.org/stable/2663943>
- Medellín, R.A.; Arita, H.T. & Sánchez, O.** (2007). *Identificación de los murciélagos de México: clave de campo* (2<sup>da</sup> ed.; p. 80). Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). ISBN 978-970-91921. Recuperado de <https://mega.nz/file/J3BiHToZ#-UGBWtETbeurl6Whq9OxafWrw4SjSOorVWYG6anUWJNw>
- Mikich, S.B.** (2002). A dieta dos morcegos frugívoros (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) de um pequeno remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(1): 239–249. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000100023>
- Munsell.** (1977). *Munsell Color Charts for Plant Tissues* (2<sup>nd</sup> ed.). Munsell Color Company, Baltimore.
- Munsell.** (2010). *Munsell soil-color charts: with genuine Munsell color chips* (2009 year revised, 2010 production). Grand Rapids: Munsell Color.
- Muñoz García, B.C.; Sánchez Rendón, J.A.; Montejo Valdés, L.A.; Herrera Oliver, P.P. & Gamboa Valerino, A.** (2012). Especies arbóreas nativas útiles para la rehabilitación de sitios boscosos en el área de Sabana-Camagüey: "*Cecropia peltata*" (Yagruma). En: Autores; *Reproducción de plantas nativas y naturalizadas del ecosistema sabana-Camagüey* (pp. 15–17). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; Instituto de Ecología y Sistemática. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/280944988\\_REPRODUCCION\\_DE\\_PLANTAS\\_NATIVAS\\_Y\\_NATURALIZADAS\\_DEL\\_ECOSISTEMA\\_SABANA-CAMAGUEY](https://www.researchgate.net/publication/280944988_REPRODUCCION_DE_PLANTAS_NATIVAS_Y_NATURALIZADAS_DEL_ECOSISTEMA_SABANA-CAMAGUEY)
- Muscarella, R. & Fleming, T.H.** (2007). The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 82(4): 573–590. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00026.x>

**Olea-Wagner, A.; Lorenzo, C.; Naranjo, E.; Ortiz, D. & León-Paniagua, L.** (2007). Diversidad de frutos que consumen tres especies de murciélagos (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(1): 191–200. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532007000100018&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532007000100018&lng=es&tlng=es)

**Pérez-Cortéz, S.; Tillet, S. & Escala, M.** (2002). Estudio morfológico de la semilla de 51 especies del género *Passiflora* L. *Acta Botánica Venezuelica*, 25(1): 67–96. Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062002000100003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062002000100003&lng=es&tlng=es)

**Santiago Del Valle, M.T.** (2014). *Dispersión de semillas por quirópteros en hulares de la zona de Uxpanapa, Veracruz, México* (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Veracruzana (UV). Recuperada de <https://www.uv.mx/personal/cmawiney/files/2010/09/Maria-Teresa-Santiago-del-Valle-Completa.pdf>

**Traveset, A. & Rodríguez-Pérez, J.** (2008). General Ecology. En: Jørgensen, S.E. & Fath, B.D. (Eds.); *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4; pp. 3188–3194). Oxford, Elsevier. ISBN 9780080454009.

**Ubierno, P. & Lapp, M.** (2007). Caracterización morfológica de semillas de algunas especies de los géneros "*Cassia*" L. & "*Senna*" Mill. (Leguminosae Juss.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(3): 426–441. Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182007000300003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000300003&lng=es&tlng=es)

**Vázquez-Yanes, C.; Orozco, A.; François, G. & Trejo, L.** (1975). Observations on seed dispersal by bats in a tropical humid region in Veracruz, Mexico. *Biotropica*, 7(2): 73–76. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13414223>

**Werker, E.** (1997). *Seed anatomy: encyclopedia of plant anatomy* (p. 424). Berlin; Stuttgart, Germany: Borntraeger. ISBN 978-3-443-14024-3.

## AEROALÉRGENOS (*Curvularia*, *Nigrospora* & *Torula*) EN UNA ZONA URBANA DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO

### AEROALLERGENS (*Curvularia*, *Nigrospora* & *Torula*) IN A URBAN AREA OF VILLAHERMOSA, TABASCO, MEXICO

Marcela Alejandra Cid Martínez<sup>1✉</sup>, Jesús Ronaldo Hernández González<sup>2</sup> & José Ángel Gaspar Génico<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias Biológicas con orientación en sistemática por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Especialista en aerobiología, palinología y Síndrome del edificio enfermo; actualmente profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) en la UJAT. <sup>2</sup>Biólogo por la UJAT. Actualmente labora para una empresa privada, como responsable del proyecto «Mujeres emprendiendo desde casa» y colabora en proyectos de la «Hunday Green Food». <sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma Chapingo; Maestro en Ciencias (producción agroalimentaria en el trópico) por el Colegio de Postgraduados (COLPOS) campus Tabasco; Doctor en Ciencias (estrategias para el desarrollo agrícola territorial) por el COLPOS campus Puebla; Postdoctorado (recursos naturales y desarrollo rural) por El Colegio de la Frontera Sur (unidad Villahermosa).

Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT): Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ marcela.cid@ujat.mx



0000-0002-9284-8927



0000-0003-4761-9284

#### Como referenciar:

Cid Martínez, M.A.; Hernández González, J.R. & Gaspar Génico, J.Á. (2022). Aeroalérgenos (*Curvularia*, *Nigrospora* & *Torula*) en una zona urbana de Villahermosa, Tabasco, México. *Kuxulkab'*, 28(62): e5062, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.5062>

#### Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>  
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>  
<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5062>

#### DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.5062>

#### Resumen

*Curvularia*, *Nigrospora* y *Torula* son hongos cuyas esporas se dispersan en el aire, debido a que se producen en grandes cantidades con el objetivo de la subsistencia de la especie, pero por sus propiedades ontogénicas, son capaces de desencadenar en algunas personas problemas respiratorios como la rinitis alérgica, razón por la cual son considerados aeroalérgenos. Se monitoreó la atmósfera de una zona urbana, durante un año con una trampa de esporas secuencial, pero se consideró un mes para este trabajo. Para obtención de las concentraciones se siguió literatura de la "World Allergy Organization". Se obtuvieron un total de 2,238 esporas m<sup>-3</sup>/aire, en el mes de estudio, se registraron siete días con concentraciones por arriba de los 100 esporas m<sup>-3</sup>/aire y se determinó un patrón matutino de las 5 a 11 horas.

**Palabras clave:** Alergia por hongos; Fungosporas; Biopartículas; Atmósfera.

#### Abstract

*Curvularia*, *Nigrospora* and *Torula* are fungi whose spores are dispersed in the air, due to the fact that they are produced in large quantities for the survival of the species, but due to their ontogenic properties, they are capable of triggering respiratory problems in some people, such as allergic rhinitis, which is why they are considered aeroallergens. The atmosphere of an urban area was monitored for a year with a sequential spore trap, but a month was considered for this work. To obtain the concentrations, that revised literature from the World Allergy Organization. A total of 2,238 spores m<sup>-3</sup>/air were obtained, in the month of study, seven days with concentrations above 100 spores m<sup>-3</sup>/air were recorded and a morning pattern from 5 to 11 hours was determined.

**Keywords:** Fungal allergy; Fungospores; Bioparticles; Atmosphere.

Los aeroalérgenos (técnicamente alérgenos) son cualquier sustancia o microorganismos externos que puede generar una respuesta exagerada mediada por anticuerpos 'IgE' y que pueden ser transportados por el viento.

La respuesta del cuerpo a ellos se le conoce como «alergia» y se considera la expresión clínica de la enfermedad en la cual se libera histamina como una respuesta ante ellos; la capacidad de desarrollar síntomas depende de la naturaleza del agente, de la carga contaminante y de la susceptibilidad de la persona expuesta, la cual puede ser una predisposición genética (Sáenz & Gutiérrez, 2003; Bello, 2005; Ríos 2011) o bien una respuesta a una exposición por largo tiempo.

La alergia por hongos se describió por primera vez a inicios del siglo XVIII por Sir John Floyer (1726), el observó síntomas en trabajadores que visitaban bodegas, donde había humedad y mohos; posteriormente, el médico Charles Harrison Blackley quien identificó a los pólenes como causantes de rinitis y asma estacional, asoció un cuadro congestivo con la inhalación de esporas de "*Penicillium*" y "*Chaetomium*" como catarro bronquial y Van Leeuwen (1924) relacionó la sintomatología asmática con las esporas de hongos suspendidas en el aire. En la década de 1930 Prince & Selle (1934) observaron que en el aire había cantidades de esporas fúngicas que generaban problemas alérgicos en sus pacientes (Rodríguez-Orozco, Méndez-López & Moreno-Chimal, 2010; Zubeldia, Baeza, Chivato, Jáuregui & Senent, 2021).

En el aire la concentración de esporas fúngicas puede variar de 200 a un millón/metros cúbicos ( $m^{-3}$ ), superando la cantidad de granos de polen aeronavegantes.

Pero ¿a qué se debe que un hongo sea alérgico?, durante la formación de las esporas se sintetizan proteínas, glucoproteínas y polisacáridos propios de cada especie, se caracterizan por ser de bajo peso molecular, y éstas son las responsables de desencadenar reacciones de hipersensibilidad de tipo I o anafiláctica, la cual es mediada por la inmunoglobulina E (IgE).

Las concentraciones de aeroalérgenos fúngicos (neumoalérgenos) son muy variadas, en ocasiones pueden superar de 100 a 1,000 veces la cantidad de polen y en determinadas épocas son las responsables del elevado porcentaje de pacientes sensibilizados a estos aeroalérgenos y diagnosticados con problemas de alergia. La inhalación de esporas fúngicas puede desencadenar una variedad de enfermedades respiratorias, como rinitis alérgica, rinoconjuntivitis, asma, neumonitis por hipersensibilidad o alveolitis alérgica, aspergilosis broncopulmonar alérgica entre otras (Sabariego, Díaz & Alba, 2004; Zubeldia *et al.*, 2021).

La Organización Mundial de Alergias ("World Allergy Organization, WAO") realizó un estudio y concluyó que el número de personas con asma es de 300 millones con el riesgo de incrementarse a 400 millones para el 2025; en el caso de la rinitis alérgica (RA) el número de personas que actualmente presentan la enfermedad es de 400 millones (10-40 %) actualmente, pero con posibilidad de incrementarse (Hasnain, Katelaris, Newbegin & Singh, 2007; Pawankar, Canonica, Holgate, Lockey & Blaiss, 2013; Pawankar, 2014; Narvaéz-Gómez, 2016).

En México, las enfermedades respiratorias son un tema de discusión sobre la salud pública, con una incidencia de entre el 6 y el 12 % y una tasa de internamientos hospitalarios de 203 por cada 100,000 habitantes; el 5.5 % de la población padece

RA o asma, éstas dos enfermedades son comórbidas, es decir hay personas con RA que tienen asma y viceversa (Zubeldia *et al.*; Mancilla-Hernández, Medina-Ávalos, Barnica-Alvarado, Soto-Candia, Guerrero-Venegas & Zecua-Nájera, 2015).

En Villahermosa la prevalencia de RA es de 39 %, mientras que para el asma es 10.2 % (Livano, del Río, del Río-Chivardi, Mérida, Romero, Linares, Escalante, González-Díaz, García-Almaraz, Carvajal & Pietropaolo-Cienfuegos, 2012), las enfermedades anteriormente mencionada se encuentran entre las primeras cinco causas de ingresos hospitalarios y consultas de urgencias en Tabasco (Bello, 2005).

Se considera que las esporas de hongos son la tercera causa más frecuente de patología alérgica después de los ácaros y los granos de polen. Las esporas representan el grupo más numeroso dentro de la variedad de biopartículas presentes en la atmósfera, contándose hasta cientos de miles en el aire, siendo incluso más numerosas que los granos de polen (Craig & Levetin, 2000; Sáenz & Gutiérrez; Oliveira, Ribeiro & Abreu, 2005).

Debido a lo anterior, es necesario realizar estudios aeromicológicos, ya que nos proporcionan datos cualitativos y cuantitativos de esporas fúngicas, la variación horaria y diurna y los parámetros atmosféricos que influyen en la dispersión de estas partículas en el aire que respiramos.

### ¿Qué son los hongos?

Los hongos son organismos unicelulares, pluricelulares o dismórficos, que presentan pared celular compuesta principalmente por quitina, lo que le da resistencia a la desecación, presentan una respiración fundamentalmente aerobia y pertenecen al reino fungí.



(2022). Pexels.com | [centzi]  
[https://pexels.com/es/photos/alergeta-m%C3%A1gico-alergeta-alergeta-1738191/](https://pexels.com/es/photos/alergeta-m%C3%A1gico-alergeta-alergeta-alergeta-1738191/)

Todos los hongos son heterótrofos pues al carecer de clorofila no realizan fotosíntesis, no ingieren su alimento sino lo absorben; para esto vierten enzimas digestivas sobre la materia orgánica que la descomponen en moléculas más sencillas para luego absorberlas a través de sus membranas, las condiciones óptimas de temperatura varía de una especie a otra; en general la temperatura varía entre los 18 y 32 grados Celsius.

La luz es un factor determinante en la ecología de los hongos, ya que puede inhibir el crecimiento vegetativo por una parte, pero por otra, promueve la esporulación. Se reproducen de manera asexual y sexual en tipos muy diversos según los casos, pero, generalmente, con la producción de esporas móviles (zoosporas) o inmóviles (aplanosporas) y con frecuencia producidas en fructificaciones sencillas o complejas (Herrera & Ulloa, 2013).

La mayoría de las esporas de hongos son esféricas u ovoides con un diámetro que varía de 3 a 100  $\mu\text{m}$  pero que mayormente son menores a 20  $\mu\text{m}$ . Las esporas pequeñas y de baja densidad, por lo tanto, con mínimo peso, pueden ser transportadas largas distancias y a diversas alturas.

Las esporas varían en su coloración, y esta es una característica importante para la clasificación taxonómica de los hongos, esta característica se debe en su mayor parte a los pigmentos contenidos en su pared, aunque los pigmentos disueltos en las gotas de grasa del citoplasma también pueden contribuir (Sáenz & Gutiérrez). Una vez liberadas las esporas, éstas se dispersan en el aire; la cantidad de esporas dependerá de la capacidad de producción del hongo y de los factores climáticos, estos influyen en la liberación, dispersión y depósito de las esporas (Bello, 2005).

### Géneros de interés

**"*Torula*"** pertenece al Reino fungí, Phylum Ascomycota, Subdivisión Pezizomycotina, Clase Dothideomycetes, Orden Pleosporales, Familia Torulaceae. "*Torula*" se caracteriza por producir cadenas de blastosporas (espora de reproducción asexual, que se origina por gemación). Se puede encontrar en una relación de tipo epicuticular y subcuticularmente en hojas de gramíneas, como lo es el arroz.

Cabe mencionar que hay especies de este género que viven como hongos epifitos sobre los exudados (mezclas complejas de origen vegetal con consistencia sólida o semisólida) de insectos que habitan sobre plantas y que se alimentan de la espora de hongos.

**"*Curvularia*"**, pertenece al Reino fungí, Phylum Ascomycota, Clase Euascomycetes, Orden Pleosporales, Familia: Pleosporaceae. "*Curvularia*" se caracteriza por presentar conidios relativamente grandes, con septos transversales (fragmosporas), conidios de tipo porospora, conidios generados entero blásticamente (formación de conidios donde participa la capa interna y externa de la pared de la célula parentera) a través del poro en la pared de los

conidióforos, son usualmente curvados, la célula central es típicamente oscura y más grande, en comparación con las celdas terminales del conidio.

Se pueden encontrar especies saprobias o, aunque la mayor parte se comportan como patógenos oportunistas tanto en el hombre como en los animales, aunque también afectan plantas y los cereales en las regiones tropicales y subtropicales del planeta.

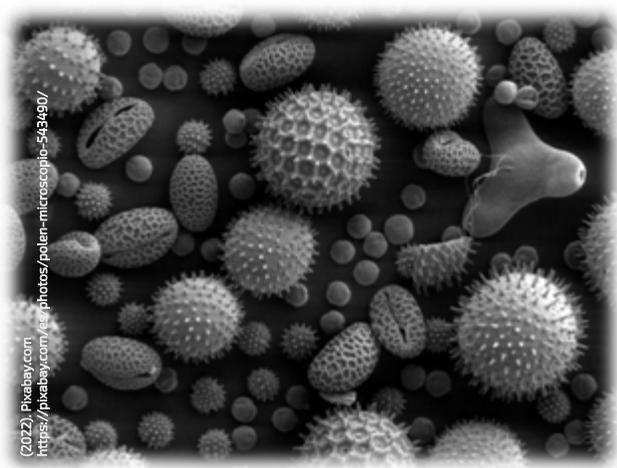
**"*Nigrospora*"**, pertenece al Reino fungí, Phylum Ascomycota, Subdivisión Pezizomycotina, Clase Sordariomycetes, Orden Trichosphaeriales. *Nigrospora*, tiene la capacidad de producir aleuriospora (espora de reproducción asexual, que se origina de la hinchazón de una célula terminal o lateral) es completamente esféricas, de color oscuro. El micelio es blanco, suele cambiar de tonalidad a un café, las hifas de la superficie son subhialinas.

Se tiene considerado que son organismos saprobios que se encuentran en el suelo, pero también se pueden encontrar que pueden atacar a gran variedad de plantas en las regiones tropicales.

### Aeroalérgenos en la atmósfera

Los parámetros meteorológicos afectan la concentración y el tipo de alérgenos fúngicos aeronavegantes, por ejemplo, en climas templados en verano y a inicios del otoño ocurre la máxima concentración de esporas, mientras que en regiones tropicales y subtropicales la máxima concentración se lleva a cabo durante los meses de frío.

En el pasado se consideró al viento como un elemento de gran importancia en la propagación de las especies (por ejemplo, la dispersión de las semillas) y no se sabía de la influencia de los propágulos fúngicos aerotransportados.



También se creía que el viento podía transportar enfermedades al hombre, a los animales y a las cosechas (Edmonds, 1979). Así, la velocidad y la dirección del viento son un factor de dispersión, mientras que los cambios en la humedad relativa del aire provocan la contracción de los conidióforos y facilitan la liberación de las esporas.

Millones de esporas invaden el aire después de un día de lluvia y, sin embargo, están ausentes en un día seco. Por otra parte, la lluvia ejerce un efecto limpiador de la atmósfera, haciendo que en pocos minutos las concentraciones de esporas disminuyan drásticamente. La lluvia promueve el aumento en las concentraciones globales de las esporas en el aire.

La no accesibilidad a sustratos frescos para que los hongos crezcan también afecta las concentraciones de esporas en el aire, ya que al no haber cuerpo fructífero (hongo) no hay liberación de las esporas, por ejemplo, en los países templados en invierno y principio de la primavera, al haber poco sustrato disponible para los hongos descienden las concentraciones de esporas (Ríos, 2011).

En climas cálidos y húmedos (como Tabasco) los hongos están presentes en la atmósfera durante todo el año; sin embargo, existen variaciones estacionales que afectan la aparición y dispersión de estas, estas variaciones dependerán del clima como anteriormente se mencionó. El objetivo de esta revisión fue determinar la concentración diurna y horaria de las esporas aeroalérgicas de "*Curvularia* spp.", "*Torula* spp." y "*Nigrospora* spp." durante un mes en el aire de una zona urbana de la ciudad de Villahermosa (Tabasco).

### Aerobiología en Tabasco

Los estudios aerobiológicos se han realizado desde hace muchas décadas, en el continente americano se han realizado estudios intra y extramuros de esporas de hongos alérgicos que se encuentran en la atmósfera, y se han tomado en consideración características como el grado de urbanización, los parámetros meteorológicos que influyen en la dispersión de estas partículas biológicas y su relación con las enfermedades respiratorias (Sabariego *et al.*, 2004).

A partir de ello se ha determinado que las concentraciones fúngicas dependen de la hora, la estación del año y del sitio geográfico donde se realizan los estudios aeromicológicos, generando patrones totalmente distintos de cada zona de estudio en el globo terrestre. De esta manera, aunque sabemos que encontraremos cualitativa y cuantitativamente diferencias, los estudios continúan desarrollándose por la asociación que existe entre los hongos y los efectos que estos tienen en salud pública (Belmonte, Cuevas, Poza, González, Roure, Puigdemunt, Alonso-Pérez & Grau, 2010).

En México, los estudios aerobiológicos extramuros se han realizado desde hace 32 años; a partir de ellos se ha podido caracterizar la atmósfera de diferentes ciudades del país, al identificar la cantidad y el tipo de

alérgenos que respiramos; si bien es cierto que todavía falta mucho por hacer, la realidad es que el interés en años recientes se ha incrementado (Ríos, 2011; Rocha, Alvarado, Gutiérrez, Salcedo & Moreno, 2013).

En Tabasco, son muy pocos los estudios aeromicológicos en ambientes exteriores. Bello (2005) estudió la concentración de aeroalérgenos (esporas de hongos y granos de polen) en el medio ambiente de Villahermosa y su relación con la sintomatología alergorespiratorias, registrando a las esporas como las biopartículas principales y posteriormente a los pólenes. Identificó tres subdivisiones y 15 géneros de esporas de hongos, siendo los de más importancia ascomicetos y "*Cladosporium*". En cuanto a la correlación, los días en los que hubo un incremento en la concentración de las fungosporas se evidenció con la presencia de más visitas al servicio médico.

Gallardo (2016) cuantificó la concentración atmosférica del género "*Ganoderma* spp." en dos sitios de la ciudad de Villahermosa, y concluyó que el sitio periurbano fue el que mayor concentración registró. "*Ganoderma*" es considerada como un aeroalérgenos.

### Cómo se hizo el estudio

El municipio del Centro, donde se localiza el área de muestreo, presenta un clima tipo Am (f): cálido húmedo con lluvias en el verano, según la clasificación de Köppen modificada por García (2004). Se presentan temperaturas máximas y mínimas anuales de 40 y 20 grados Celsius respectivamente, con una temperatura media anual de 26 grados Celsius. La precipitación promedio anual es de 1,500 a 3,000 milímetros.

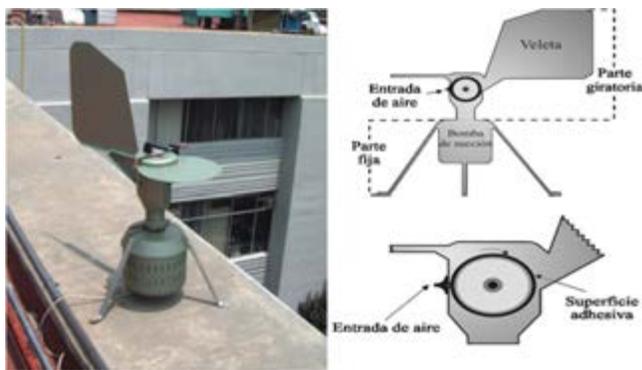
El edificio que ocupa la Secretaría de Investigación, Posgrado y Vinculación (SIPyV) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), está ubicado en el centro de la ciudad de Villahermosa, el cual tiene una altura aproximada de 15 metros. Este sitio se consideró como urbano, ya que el porcentaje de espacio circundante ocupado por construcciones es de 100 metros; está rodeado de otros edificios de oficinas, comercios y hoteles. La vegetación es escasa, limitándose a pocos árboles localizados a lo largo de algunas avenidas, plantas de ornato caseros; y algunos parques.

En esta zona se encuentran dos de las avenidas más transitadas de la ciudad (27 de febrero y Francisco I. Madero) y la calle Gral. Ignacio Zaragoza, por lo que hay una fuerte actividad de vehículos automotores, tanto de transporte público como privado (fotografía 1). Para la recolección de las esporas de hongos, se utilizó una «trampa de espора secuencial tipo Burkard». Dicho equipo se colocó en el edificio perteneciente SIPyV-UJAT, a una altura de 15 metros. El grado de urbanización fue determinado por el porcentaje de espacio construido alrededor del sitio de muestreo (Rapoport, Diaz & López, 1983).



**Fotografía 1.** Ubicación de la Secretaría de Investigación, Posgrado y Vinculación (SIPyV) de la UJAT (Fuente: Google Earth, coordenadas geográficas 17° 59' 18.90" N y 92° 55' 15.16" O).

El muestreador Burkard consta de una bomba que succiona aire con un flujo continuo de 10 L/min (correspondiente a  $0.6 \text{ m}^{-3}/\text{h}$ ); el aire pasa a través de un orificio de  $2 \times 14$  milímetros. Las partículas succionadas por la bomba, se impactaron en una cinta de celofán cubierta con una capa de vaselina y hexano, la cinta se colocó en un tambor que giró a una velocidad de 2 milímetros por hora, completando su ciclo en una semana (fotografía 2).



Fotografía 2. Equipo de muestreo y sus componentes.

Exteriormente la trampa de esporas tiene una veleta que mantiene el orificio frente a la dirección del viento (Burkard,1990; British Aerobiology Federation,1995). Para obtener la cuantificación y las concentraciones se siguió la técnica propuesta por Hasnain *et al.* (2007). Para este trabajo se decidió leer un mes debido al tiempo que indica la modalidad de titulación examen general de conocimiento: caso práctico.

Se revisaron 28 laminillas (haciendo un total de 1,680 campos en aumentos 40 y en algunos casos con aumentos de 100) que corresponden al mes de febrero del año 2015. Se empleó un microscopio de campo claro para hacer el conteo e identificación taxonómica de las fungosporas en las laminillas.

Para el registro de horario, se revisaron las laminillas colocando el campo visual al principio de esta y se revisaron las muestras aerobiológicas verticalmente cada 2 milímetros (2 mm corresponde a una hora del día) hasta completar 12 transectos (5 campos).

Para obtener la concentración de esporas fúngicas por  $\text{m}^{-3}$  en el aire se utilizó la fórmula:  $m^{-3} = NT \times AE/n \times a \times Va$ ; donde  $m^{-3}$  es la concentración de esporas de hongos por metro cúbico de aire;  $NT$ = el número total de esporas de hongos contadas en el campo de visión;  $AE$ = el área total efectiva en  $\text{mm}^2$  ( $28 \text{ mm}^2$ );  $n$ = número de campos contados (8);  $a$ = el área unitaria del campo en  $\text{mm}^2$  (0.50);y  $Va$ = el volumen de aire muestreado ( $\text{m}^{-3}$ ) a una frecuencia de muestreo de 10 l/min ( $=0.6 \text{ m}^{-3}/\text{hora}$ ).

Para establecer una posible influencia entre las concentraciones de los aeroalérgenos y los parámetros meteorológicos (temperatura y humedad relativa) se utilizó el estadístico de Shapiro-Wilk para establecer la normalidad de los datos, y posteriormente, realizar una asociación no paramétrica, denominada Rho de Spearman.

## Resultados y discusión

Se obtuvo un total de 2,238 esporas en el mes de febrero, de las cuales "*Curvularia*" registró un total de 1,200 esporas, de "*Torula* spp." se capturaron 590 esporas y de "*Nigrospora* spp." 448 esporas. Las esporas de "*Torula* spp." han sido aisladas del aire y son consideradas alérgenas (Valero *et al.*, 2005). Más tarde otros estudios reportaron a "*Curvularia* spp." y "*Nigrospora* spp." han sido capaces de desarrollar problemas alérgicos respiratorios (Belmonte *et al.*, 2010). En la fotografía 3 se muestran las esporas cuantificadas en este estudio.

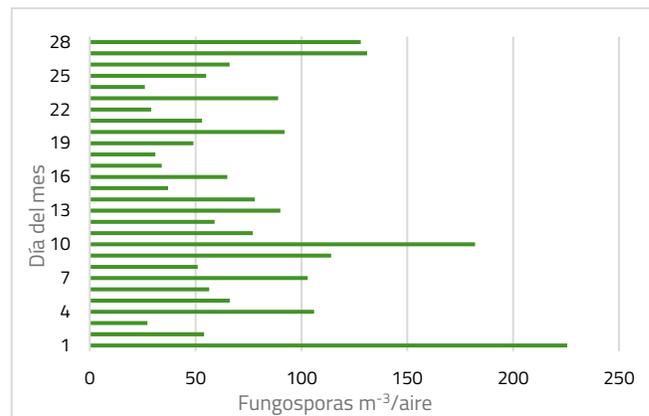
Las concentraciones diurnas obtenidas en el estudio muestran siete picos (día 1, 4, 7, 9, 10, 27 y 28) superiores a 100 esporas  $\text{m}^{-3}/\text{aire}$ .



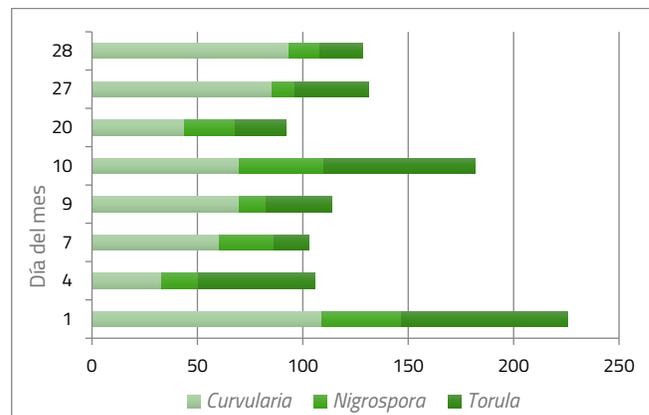
**Fotografía 3.** Aeroalérgenos fúngicos (fotomicrografías); (Fuente: Hernández-González, J.R.).

El día 1 registró el mayor pico en la concentración de esporas con 226 m<sup>-3</sup>/aire (gráfica 1). Los días 4 y 10 el taxón con mayor concentración fue "*Torula* spp."; el resto de los días (1, 7, 9, 27 y 28) el taxón con mayor aportación a esta concentración fue "*Curvularia* spp." (gráfica 2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sánchez & Almaguer (2014), en un estudio atmosférico en la Habana (Cuba) en donde el género "*Curvularia*" contribuyó notablemente a las concentraciones diurnas de esporas ambientes tropicales.

La humedad relativa (Hr) y la temperatura son importantes para la formación de las esporas y para la liberación de las mismas; y tienen varios efectos en las fungosporas aéreas, uno de ellos es el que se presentó en el día 20 (gráfica 3) en el cual la Hr fue la más baja (67 %) y la temperatura fue la más alta (27 °C), presentándose un incremento en la concentración (92 esporas m<sup>-3</sup>/aire); estos resultados son parecidos a los reportados por González González Romero, Pineda & Candau (1993); Li & Kendrick (1994); Herrero, Fombella-Blanco, Fernández-González & Valencia-Barrera (1996), quienes describen una alta concentración de esporas aéreas cuando la humedad relativa es baja y la temperatura es alta, factores que propician su presencia atmosférica.



**Gráfica 1.** Concentración diaria de fungosporas alérgenas en la atmósfera de Villahermosa, Tabasco.



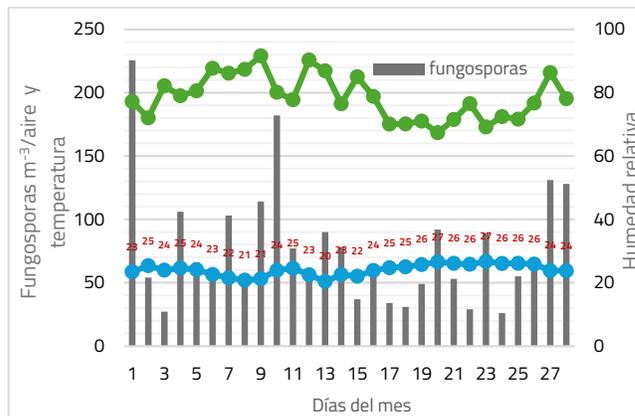
**Gráfica 2.** Aportación de aeroalérgenos en los picos de concentración.

Por otro lado, la humedad relativa (Hr) está asociada con valores máximo de esporas, el día 9 cumple con este enunciado cuando la Hr es de 92 % y la concentración fue de 114 m<sup>-3</sup>/aire (Atluri, Varma & Reddi, 1988).

La temperatura que se registró durante el mes de estudio osciló entre los 20 y 27 grados Celsius. Los días en los que se presentaron picos en las concentraciones fueron de 21 a 25 °C; estos valores en la temperatura concuerdan con Almaguer, Rojas, Dobal, Batista & Aira (2013) quienes determinaron un rango de 20 a 35 grados Celsius, idóneo para la presencia de "*Curvularia*" en la atmósfera, demostrando que este taxón es más frecuente en ella.

En la tabla 1 se muestra los resultados del coeficiente de asociación de Rho de Spearman; tomando en cuenta los siete días en donde se registraron los picos; en las tres especies existe influencia de los parámetros meteorológicos en la concentración de esporas.

En el caso de "*Curvularia*" presenta una asociación negativa de -0.1 indicando que a menor temperatura mayor concentración de esporas y con respecto a la temperatura es positiva pero baja. En "*Nigrospora*" su asociación con la temperatura es negativa de -0.3 indicando de esta manera que si disminuye la temperatura aumenta la concentración de esporas y en relación con la temperatura esta es positiva con 0.2 siendo esto baja e indicando que a mayor incremento de la humedad relativa se incrementa la concentración de esporas. Para "*Torula*" su asociación con la temperatura es negativa de -0.3, es baja e indica que a mayor temperatura mayor concentración de esporas y con la humedad relativa su valor es 0.5 siendo moderado el resultado, indicando que a mayor temperatura es mayor la concentración de esporas.



Gráfica 3. Concentración diaria de alérgenos y parámetros meteorológicos.

Tabla 1. Resultado del coeficiente de asociación de Rho de Spearman.

| Alérgeno          | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|-------------------|------------------|----------------------|
| <i>Curvularia</i> | -.101            | .015                 |
| <i>Nigrospora</i> | -.313            | .215                 |
| <i>Torula</i>     | -.347            | .409*                |

\*La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).



Gráfica 4. Promedio horario de alérgenos en el mes de muestreo.

En cuanto a la concentración promedio horaria, se determinó un patrón matutino. Registrándose un incremento a partir de las 05:00 horas, alcanzando el pico a las 11:00 horas, para posteriormente descender de manera sutil hasta obtener una diferencia de esporas fúngicas de  $115 \text{ m}^{-3}/\text{aire}$  (gráfica 4), coincidiendo con los resultados obtenidos de Rocha *et al.*, (2013) quienes reportaron un incremento de fungosporas entre las 04:00 y 10:00 horas para "*Curvularia*".

Esto posiblemente se deba a la humedad relativa de las primeras horas del día. Igualmente se puede inferir una mayor frecuencia en la madrugada, cabe a mencionar que Ayllón (2003) hace hincapié que la tropósfera se encuentra comprimida debido a la baja temperatura, una densidad superior de la humedad; por la tarde la capa de la tropósfera se descomprime debido a la radiación solar y por ello disminuye la presencia de cualquier tipo de partículas.

Molina-Veloso & Borrego-Alonso (2017) concluyen que una parte importante de las fungosporas disueltas en el aire puede alcanzar el tracto respiratorio inferior y llegar a los alvéolos, lo que hace hincapié en su potencial alergénico y patogénico.

Cabe resaltar que "*Nigrospora* spp." hasta el momento no cuenta con un antígeno descrito mediante la nomenclatura oficial, pero dicha especie tiene la capacidad de producir alergias de tipo 1 y 2. Sin embargo, en este estudio "*Nigrospora* spp." fue un alérgeno de menor concentración durante todo el mes estudiado.

## Conclusiones

Los estudios aerobiológicos tienen un alto impacto preventivo en salud pública, para el diagnóstico de enfermedades alergorespiratorias producidas por

fungosporas. En el conocimiento, de la forma en la que se comportan estos aeroalérgenos fúngicos en una zona urbana en una atmósfera tropical, que si bien es cierto se ha estudiado en otros países, cada sitio de estudio tiene características propias que influyen en ellas.

Los aeroalérgenos considerados en este estudio ("*Curvularia*", "*Nigrospora*" y "*Torula*"), en conjunto registraron concentraciones diurnas, por encima de los  $100 \text{ m}^{-3}/\text{aire}$  en siete días del mes estudiado. Pero, el comportamiento de estas en la atmósfera es netamente individualizada (cada individuo responde a las biopartículas de manera distinta y en muchos casos por herencia genética), por lo que "*Curvularia*" y "*Torula*" las encontramos con más concentración que "*Nigrospora*". El promedio mensual de concentración es de  $2,174 \text{ m}^{-3}/\text{aire}$ . La asociación entre la concentración de fungosporas y los parámetros meteorológicos demostró que "*Torula*" es el género más sensible a la humedad relativa (Hr) y a la temperatura, seguido de "*Nigrospora*" y "*Curvularia*".

En cuanto al promedio de horario, presentó un patrón matutino, donde la concentración de esporas inicia su incremento a las 05:00 horas y alcanza el pico a las 11:00 horas ( $120 \text{ m}^{-3}/\text{aire}$ ) para posteriormente descender.

## Referencias

Almaguer, M.; Rojas, T.I.; Dobal, V.; Batista, A. & Aira, M.J. (2013). Effect of temperature on growth and germination of conidia in "*Curvularia*" and "*Bipolaris*" species isolated from the air. *Aerobiologia*, 29(1): 13–20. <https://doi.org/10.1007/s10453-012-9257-z>

- Atluri, J.B.; Varma, K.V. & Reddi, C.S.** (1988). Circadian periodicity in some airborne over a rice crop. *Grana*, 27(1): 71–76. <https://doi.org/10.1080/00173138809427734>
- Ayllón, T.** (2003). *Elementos de meteorología y climatología* (2<sup>da</sup> ed.; p. 211). Editorial Trillas. ISBN 968-24-6725-X
- Bello Rivera, B.** (2005). *Concentración de aeroalergógenos en el medio ambiente de Villahermosa y su relación con la sintomatología alérgico-respiratoria* (Tesis de Maestría en Ciencias Médicas). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Belmonte, J.; Cuevas, E.; Poza, P.; González, R.; Roure, J.M.; Puigdemunt, R.; Alonso-Pérez, S. & Grau, F.** (2010). *Aerobiología y alergias respiratorias en Tenerife* (p. 59). Agencia Estatal de Meteorología; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Recuperado de [https://aerobiologia.cat/pia/general/pdf/books/Aerobiologia\\_y\\_alergias\\_respiratorias\\_de\\_Tenerife.pdf](https://aerobiologia.cat/pia/general/pdf/books/Aerobiologia_y_alergias_respiratorias_de_Tenerife.pdf)
- British Aerobiology Federation.** (1995). *Airborne pollens and spores: a guide to trapping and counting* (p. 59). England, United Kingdom: author.
- Burkard.** (1990). *Burkard Seven Day Recording Spore Trap: operating instructions*. Burkard Manufacturing Co, Ltd.
- Craig, R.L. & Levetin, E.** (2000). Multi-year study of “*Ganoderma*” aerobiology. *Aerobiologia*, 16: 75–81. <https://doi.org/10.1023/A:1007682600175>
- Edmonds R.L.** (1979). *Aerobiology: The ecological system approach* (p. 386). Dowden, Hutchinson & Ross. ISBN 9780879333461; ISBN 0879333464.
- Gallardo Velázquez, K.** (2016). *Variación horaria y estacional de las esporas de “Ganoderma sp.” presente en la atmósfera de dos zonas de la ciudad de Villahermosa, Tabasco* (Tesis de Licenciatura en Biología). Tabasco; México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
- García, E.** (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana* (5<sup>ta</sup> Ed.; p. 90). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). ISBN 970-32-1010-4.
- González Minero, F.J.; González Romano, M.L.; Romero, F.; Pineda, F. & Candau, P.** (1993). Airborne fungal spores trend over a highly polluted area of south-west Spain using Cour's trap. *Aerobiologia*, 9(1): 39–45. <https://doi.org/10.1007/BF02311369>
- Hasnain, S.M.; Katelaris, C.H.; Newbegin, E. & Singh, A.B.** (Comp.). (2007). *Aeroallergen monitoring standard for the Asian Pacific Region: a WAO manual for the use of the Burkard Volumetric Spore Trap and Burkard Person Volumetric Air Sampler*, (p.28). Asian Aeroallergen Working Group of the World Allergy Organization for monitoring and recording outdoor aeroallergens in Asia and Pacific countries: World Allergy Organization (WAO). Recovered from <https://www.researchgate.net/publication/256932887>
- Herrera, T. & Ulloa, M.** (2013). *El reino de los hongos: micología básica y aplicada* (p. 552). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Fondo de Cultura Económica. ISBN: 9681657377; 9789681657376.
- Herrero, B.; Fombella-Blanco, M.A.; Fernández-González, D. & Valencia-Barrera, R.M.** (1996). Aerobiological study of fungal spores from Palencia (Spain). *Aerobiologia*, 12: 27–35. <https://doi.org/10.1007/BF02248120>
- Li, D.W. & Kendrick, B.** (1994). Functional relationships between airborne fungal spores and environmental factors in Kitchener-Waterloo, Ontario, as detected by canonical correspondence analysis. *Grana*, 33(3): 166–176. <https://doi.org/10.1080/00173139409428995>
- Livano Prez, M.A.; del Río, B.; del Río-Chivardi, J.M.; Mérida Palacios, J.V.; Romero Tapia, S.J.; Linares Zapien, F.J.; Escalante Domínguez, A.; González-Díaz, S.; García-Almaraz, R.; Carvajal Abdala, S. & Pietropaolo-Cienfuegos, D.** (2012). 408 Prevalence and risk factors associated to symptoms of Rhinoconjunctivitis in Mexican school children: a multicenter study (Abstracts). *World Allergy Organization Journal*, 5(S147). <https://doi.org/10.1097/01.WOX.0000412171.15972.bf>
- Mancilla-Hernández, E.; Medina-Ávalos, M.A.; Barnica-Alvarado, R.H.; Soto-Candia, D.; Guerrero-Venegas, R. & Zecua-Nájera, Y.** (2015). Prevalencia de rinitis alérgica en poblaciones de varios estados de México. *Revista Alergia México*, 62(3): 196–201. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755027010>

- Molina-Veloso, A. & Borrego-Alonso, S.F.** (2017). Hongos alergénicos viables en un depósito documental del Archivo Nacional de Cuba. *Revista Alergia México*, 64(1): 40–51. <http://dx.doi.org/10.29262/ram.v64i1.234>
- Narvaéz-Gómez, E.I.** (2016). Prevalencia de sensibilización a aeroalérgenos en pacientes con rinitis alérgica en el sur de Bolivia. *VacaciMonotor*, 25(2): 49–54. <http://scielo.sld.cu/pdf/vac/v25n2/vac04216.pdf>
- Oliveira, M.; Ribeiro, H. & Abreu, I.** (2005). Annual variation of fungal spores in atmosphere of Porto: 2003. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 12(2): 309–315. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16457491/>
- Pawankar, R.** (2014). Allergic diseases and asthma: a global public health concern and a call to action. *World Allergy Organization Journal*, 7(12):1–3. DOI <http://doi.org/10.1186/1939-4551-7-12>
- Pawankar, R.; Canonica, G.W.; Holgate, S.T.; Lockey, R.F. & Blaiss, M.S.** (Edit). (2013). *World Allergy Organization (WAO) white book on allergy: update 2013* (p. 240). World Allergy Organization (WAO), A World Federation of Allergy, Asthma & Clinical Immunology Societies. <https://www.worldallergy.org/UserFiles/file/WhiteBook2-2013-v8.pdf>
- Prince, H.E. & Selle, W.A.** (1934). Molds in the etiology of asma and hay fever: a preliminary report. In: Taylor, H. & Anderson, R.B. (Eds.); *Texas State Journal of Medicine* (Vol. XXX; pp. 340-344). Texas Medical Association. <https://archive.org/details/texasstatejourna3019texa/page/340/mode/2up>
- Rapoport, E.H.; Diaz Betancourt, M.E. & López Moreno, I.R.** (1983). *Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México: flora de las calles y baldíos* (p. 197). Instituto de Ecología; Editorial LIMUSA. ISBN 968-18-1580-7.
- Ríos Yuil, J.M.** (2011). La aeromicológica y su importancia para la medicina. *Revista Médico Científica*, 24(2): 28–42. <https://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/articloe/view/285>
- Rocha Estrada, A.; Alvarado Vázquez, M.A.; Gutiérrez Reyes, R.; Salcedo Martínez, S.M. & Moreno Limón, S.** (2013). Variación temporal de esporas de “*Alternaria*”, “*Cladosporium*”, “*Coprinus*”, “*Curvularia*” y “*Venturia*” en el aire del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(2): 155–165. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25090>
- Rodríguez-Orozco, A.R.; Méndez-López, T.T. & Moreno-Chimal, K.** (2010). Sensibilización a alérgenos fúngicos como causa de enfermedad alérgica respiratoria: extractos alergénicos de hongos para diagnóstico y tratamiento; inmunoterapia. *Archivos de Alergia e Inmunología Clínica*, 41(4): 137–142. <http://doi.org/10.53108/AAIC/20104/0137-0142>
- Sabariago Ruiz S.; Díaz de la Guardia C. & Alba Sánchez F.** (2004). Estudio aerobiológico de los conidios de “*Alternaria*” y “*Cladosporium*” en la atmósfera de la Ciudad de Almería (SE de España). *Revista Iberoamericana de Micología*, 21: 121–127. <http://reviberoammicol.com/2004-21/121127.pdf>
- Sáenz, L.C. & Gutiérrez, B.M.** (2003). *Esporas atmosféricas en la Comunidad de Madrid* (83 Documentos Técnicos de Salud Pública; p. 49). Instituto de Salud Pública; Graficas MAE. <https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009124.pdf>
- Sánchez Espinosa, K.C. & Almaguer Chávez, M.** (2014). Aeromicrología y salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(3): 322–337. <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v66n3/mtr02314.pdf>
- Valero Santiago, A.L.; García-Navarro, C.A.; Bartra Tomás, J. & Torrego Fernández, A.** (2005). *Asma, Rinitis & EPOC (Cuadernos de Información y Actualización)*. Momento Médico Iberoamericana.
- Zubeldia, J.M.; Baeza, M.L.; Chivato, T.; Jáuregui, I. & Senent, C.J.** (Eds.) (2021). *El libro de las enfermedades alérgicas* (2<sup>da</sup> ed.; p. 574). Fundación BBVA. ISBN: 978-84-92937-83-7. Recuperado de [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2021/10/Libro-enfermedades-alergicas\\_FBBVA.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2021/10/Libro-enfermedades-alergicas_FBBVA.pdf)

## PRESENCIA DE POLÍMEROS EN MAMÍFEROS MARINOS: MICROPLÁSTICOS RECURRENTES Y SUS CARACTERÍSTICAS

### THE PRESENCE OF PLASTICS IN MARINE MAMMALS: COMMON TYPE MICROPLASTICS AND THEIR FEATURES

Isaí de la Cruz Marín<sup>1</sup>, Berenice Pérez García<sup>2</sup>, Gabriel Núñez Nogueira<sup>3</sup> & Mórvila Cruz Ascencio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Egresado de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); su interés se centra en la calidad, tratamiento y saneamiento de cuerpos de agua. <sup>2</sup>Egresada de la Licenciatura en Agua de la UJAT; su tema de estudio es la calidad del agua, contaminación por microplásticos y contaminantes emergentes. <sup>3</sup>Biólogo por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Doctor (investigaciones biológicas) por la Universidad Queen Mary de Londres (Gran Bretaña). El área de investigación que contempla es la contaminación y toxicología acuática, así como contaminación ambiental y manejo de residuos. Actualmente es profesor-investigador y responsable del Laboratorio de Contaminación Acuática y Toxicología de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) en la UJAT. <sup>4</sup>Bióloga y Maestra en Ciencias Ambientales por la UJAT. Su interés se basa en la investigación de la ecología acuática, conservación y manejo de humedales. Profesora-investigadora en la DACBio-UJAT.

Laboratorio de Contaminación Acuática y Toxicología, División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT): Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ gabriel.nunez@ujat.mx



<sup>1</sup>Isai-De-La-Cruz-Marín



<sup>2</sup>Berenice-Perez-9



<sup>3</sup>0000-0001-9217-6959



<sup>4</sup>0000-0002-9787-8383

#### Como referenciar:

De la Cruz Marín, I.; Pérez García, B.; Núñez Nogueira, G.; & Cruz Ascencio, M. (2022). Presencia de polímeros en mamíferos marinos: microplásticos recurrentes y sus características. *Kuxulkab'*, 28(62): e5277, septiembrediciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.5277>

#### Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5277>

#### DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.5277>

#### Resumen

La presencia de microplásticos en el ambiente acuático propicia que la fauna adquiera estos materiales de forma directa o indirecta a través de los alimentos, principalmente. Los mamíferos marinos no son la excepción y debido a su gran tamaño son susceptibles a adquirir microplásticos. Este estudio busca definir qué tipo de polímeros están presentes en los mamíferos y que distribución tienen en función de sus propiedades, como color, morfología, tamaño y tipo de polímero reportados en los últimos cuatro años y siete meses (cincuenta y cinco meses). Se observó que, compuestos como polipropileno, polietileno tereftalato y polietileno están presentes en la mayoría de los mamíferos marinos. Los colores dominantes de estos microplásticos llegan a ser negro, azul, incoloro, verde, gris, entre otros. Con base en la morfología dominan las fibras y fragmentos en un rango de tamaño que varía entre 100-20,000 µm para fibras y de 44-40,000 µm para fragmentos, respectivamente.

**Palabras clave:** Microplásticos; Mamíferos marinos; Tracto gastrointestinal; Heces; Fibras.

#### Abstract

The presence of microplastics in the aquatic environment encourages fauna to acquire these materials directly or indirectly through food, mainly. Marine mammals are no exception and due to their large size, they are susceptible to acquiring microplastics. This study seeks to define what type of polymers are present in aquatic mammals and what body distribution they have based on their properties, such as color, morphology, size, and type of polymer reported in the last four years and seven months. It was observed that compounds such as polypropylene, polyethylene terephthalate, and polyethylene are present in most marine mammals. The dominant colors of these microplastics become black, blue, colorless, green, and gray, among others. Based on morphology, fibers and fragments dominate in a size range that varies between 100-20,000 µm for fibers and 44-40,000 µm for fragments, respectively.

**Keywords:** Microplastics; Marine mammals; Gastrointestinal tract; Scats; Fibers.

La contaminación plástica representa una amenaza generalizada y creciente para los ecosistemas marinos en todo el mundo y es necesario comprender mejor hasta qué punto los plásticos y sus diferentes tamaños, como microplásticos (<5 mm) o nanoplásticos (0.000001 mm), pueden ser ingeridos por diversos taxones en diferentes niveles tróficos, es decir, diversos organismos a lo largo de la cadena trófica acuática (Kiran, Kopperi & Venkata, 2022).

Los plásticos son reconocidos como uno de los principales desechos sólidos que afectan al medio ambiente y los seres vivos, producto de su inadecuado manejo, siendo generalmente los ambientes acuáticos el destino final de éstos (Castañeta, Gutiérrez, Nacaratte & Manzano, 2020). Los plásticos llegan a ser ingeridos por especies tan pequeñas como las planctónicas (Thompson, Olsen, Mitchell, Davis, Rowland, John, McGonigle & Russell, 2004), al igual que por los grandes mamíferos marinos (Nelms, Galloway, Godley, Jarvis & Lindeque, 2018; Nelms, Barnett, Brownlow, Davison, Deaville, Galloway, Lindeque, Santillo & Godley, 2019; Dool & Bosker, 2022).

Los plásticos se pueden clasificar en cuatro grupos con base en su tamaño: macro (> 25 mm), meso (>5-25 mm), microplásticos (100 nm-5 mm) y nanoplásticos (<100 nm) (Banerjee & Shelver, 2021). La mayoría de los estudios recientes se enfocan en los microplásticos, término que es utilizado por la "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA, 2021) de Estados Unidos, quienes definieron a los microplásticos como aquellas partículas que tienen un límite máximo de 5 mm. Las partículas plásticas mayormente encontradas en ambientes acuáticos y menores de 5 mm tienen un origen divergente, es decir, se dividen en primarios y secundarios.

Los plásticos primarios son fabricados a esa escala (tamaño) y son utilizados generalmente en productos cosméticos y de higiene personal; por otra parte, los plásticos secundarios proceden de la fragmentación a partir de los plásticos de mayor tamaño (macroplásticos), los que se producen como resultado de su interacción con diversos factores y procesos como el intemperismo (Lehtiniemi, Hartikainen, Näkki, Engström-Öst, Koistinen & Setälä, 2018). En el medio ambiente el intemperismo provoca el desgaste y degradación como resultado de la radiación ultravioleta, la actividad microbiana, los cambios de temperatura y las fuerzas mecánicas (por ejemplo, la acción de las olas), en función al tiempo de permanencia de exposición a esos factores, dan lugar a partículas cada vez más pequeñas (Scircle, Cizdziel, Missling, Li & Vianello, 2020).

La abundancia de estas partículas, así como de macroplásticos, está relacionada directamente con actividades como la pesca, maricultura, navegación y turismo, como también de artículos como redes, líneas, mallas, trampas, alimentadores, contrapesos, señuelos, carretes, boyas, entre otros (Butterworth & Sayer, 2017). Debido a su pequeño tamaño, los microplásticos (MP) son fácilmente ingeridos por la biota marina (Sathish, Jeyasanta & Patterson, 2020). Además, la ingestión no es la única preocupación, se sabe incluso que por vías respiratorias las partículas plásticas pueden penetrar en los tejidos pulmonares y causar inflamación y genotoxicidad (Banerjee & Shelver, 2021).

Los MP se han reportado en diversos organismos marinos, tales como peces (Liu, Chen, Wang, Su, Wang, Zhu & Lan, 2021), gusanos (Courtene-Jones, Quinn, Gary, Mogg & Narayanaswamy, 2017), insectos (Windsor, Tilley, Tyler & Ormerod, 2019), crustáceos (Hossain, Rahman, Uddin, Sharifuzzaman, Chowdhury, Sarker & Nawaz, 2019),

corales (Lei, Cheng, Luo, Zhang, Jiang, Sun, Zhou & Huang, 2021), entre otros. Esta presencia en la biota implica diferentes y variados efectos adversos. Es sabido que los micro/nanoplásticos no son materiales inertes, sus potenciales efectos adversos incluyen: daño celular, cáncer o disrupción endocrina (DE o EDC por sus siglas en inglés) aunque su citotoxicidad viene dictada por su tamaño, superficie, dosis, duración de la exposición y principalmente la presencia de otros co-contaminantes, como metales o hidrocarburos adsorbidos en su matriz o superficie (Banerjee & Shelver, 2021).

El término mamífero marino (MM) hace referencia a ejemplares incluidos en los órdenes Carnivora y Sirenia, así como al infraorden Cetácea (García & Torres, 2021). Las investigaciones sobre macroplásticos generalmente están enfocadas en atrapamientos y enredamientos de mamíferos marinos, provocando que en etapas juveniles se vean afectados en el crecimiento y desarrollo de las especies, así como la estrangulación, amputaciones, obstrucciones y en muchos casos la muerte de los organismos enmallados (Lusher, Hernandez-Milian, Berrow, Rogan & O'Connor, 2017).

Pese a los avances en la investigación de la contaminación ambiental por plásticos y microplásticos, aún existen muchas interrogantes sobre las afectaciones que éstos puedan o estén generando en mamíferos acuáticos, incluyendo aquellos de mayor tamaño como son ballenas, delfines y focas (Castañeta *et al.*, 2020).

En este estudio se resalta la presencia de los MP en mamíferos marinos, con base en la recopilación hecha de publicaciones entre 2018 y 2022 (cuatro años y siete meses), mediante un análisis de acuerdo con la morfología, color, tipo de plástico, tamaño y su incidencia en estos animales.



(2022). Pez de fantasía hecha plástico; diseñado con IA por Freepik

### Tipos de polímeros

Por definición, el término «polímero» se refiere a moléculas simples (monómeros) concatenadas (enlace o unión de dos o más moléculas conectadas en forma de cadena), creando uniones llamadas polímeros que suelen ser de un gran peso molecular (Koltzenburg, Maskos & Nuyken, 2017), dando origen así a lo que conocemos como plásticos (Figura 1). Las cadenas de polímeros pueden ser de origen orgánico (biopolímeros) o sintéticos/industriales (artificialmente producidos). Los plásticos se originan a través de la polimerización (unión de monómeros de bajo peso molecular) y aditivos que dan como resultado un conjunto de características determinadas como la dureza, brillo, maleabilidad, elongación, entre otras características del material polimérico (Hermida, 2011).

Los polímeros no son biodegradables y su solubilidad es relativamente baja, por ello su permanencia en los ecosistemas acuáticos es prolongada. Se suma a lo anterior, su constante fragmentación por exposición en el ambiente natural, lo que permite que los macroplásticos se transformen en microplásticos y se incremente su presencia y dispersión en la columna de agua, lo que da paso a que queden expuestos o disponibles con mayor frecuencia y

facilidad a la fauna acuática, favoreciendo así la ingesta de estas partículas en relación con los hábitos alimenticios de cada especie (Erni-Cassola, Zadjelovic, Gibson & Christie-Oleza, 2019).

Para realizar la presente investigación documental se utilizaron diferentes bases de datos científicas como «Science Direct», «Pubmed», «Google Academic», «Scopus», « Web of Science (WoS)», entre otras. La búsqueda se centró en microplásticos (MP), plásticos, polímeros, mamíferos, agua dulce, marina y organismos acuáticos en un periodo reciente entre 2018 y 2022 (cincuenta y cinco meses).

La información se fue registrando en una base de datos, tomando en cuenta diferentes variables cualitativas, cuantitativas y características de los MP así como las especies animales reportadas. Una vez eliminadas las publicaciones duplicadas y que no cubrían los criterios de selección, se obtuvo un total de catorce artículos científicos que analizaron MP en mamíferos marinos.

Dentro de dichas publicaciones seleccionadas, se hallaron 32 distintos polímeros reportados en un total de 20 especies de mamíferos marinos (Cuadro 1), mostrando el amplio espectro de compuestos que se encuentran en los océanos y mares donde habitan este tipo de especies, las cuales terminan incorporando en sus cuerpos, partículas de diversos tamaños de origen plástico.

### Polímeros presentes en mamíferos marinos

Nuestro análisis muestra que la distribución de los diferentes polímeros consistió en el Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno (PE), Nylon, Poliámida (PA), Polietileno de baja densidad (LDPE), resina (Poliámida) y Rayón fueron detectados por lo menos en diez o más especies de mamíferos marinos, resaltándose el PP al estar presente en 17 especies, PET y PE que han sido detectados en 16 especies (Cuadro 1).

Algunos polímeros raramente detectados en mamíferos marinos o menos frecuentes incluyeron aquellos que solo se reportaron en algunos individuos o sólo un individuo, lo que llegó a presentarse en varias especies. Ejemplos de estos polímeros poco frecuentes fueron Neopreno, Poliéster (PES), Polibutileno acrilato (PBA), Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), entre otros (Cuadro 1).



Figura 1. Diagrama de polímeros y su origen, fuentes, propiedades y clasificación. Nota: MP = microplástico.

De todas las especies de mamíferos reportadas (20), 6 mostraron mayor diversidad de polímeros. Estas especies fueron: foca gris "*Halichoerus grypus*" (18 polímeros); delfín común oceánico o de aletas cortas "*Delphinus delphis*" (14); delfín listado "*Stenella coeruleoalba*" (13); marsopa común "*Phocoena phocoena*" (11); delfín nariz de botella "*Tursiops truncatus*" (11) y foca moteada "*Phoca vitulina*" (10). Es decir, una misma especie de mamífero llegó a presentar en su cuerpo hasta 18 tipos de plásticos diferentes, tan solo considerando su estructura constitutiva química o componentes.

La captación de partículas plásticas por los mamíferos marinos se debe a transferencia involuntaria, ya que no se considera que de manera directa y deliberada busquen ingerir materiales plásticos.

Una de las principales formas es a través de la ingesta de agua durante el proceso de cacería de las presas, ya que durante esta acción los mamíferos al ser depredadores, capturan no sólo sus presas durante su proceso de alimentación, sino también capturan las partículas presentes en la columna de agua, ya que en esta zona es donde mayor abundancia suspendida de partículas plásticas pueden estar presentes, junto con sus presas (Erni-Cassola *et al.*, 2019).

En segundo lugar, otra forma de adquirir los plásticos es a través del consumo de presas contaminadas con plástico (Nelms *et al.*, 2018); al consumirlas se podría estar dando un proceso de «acumulación» de estas partículas previamente ingeridas por las presas, dando pie a un fenómeno llamado «biomagnificación» (NOAA, 2021); concepto utilizado en las evaluaciones de riesgo ecológico, que ayuda a determinar el alcance del transporte de contaminantes dentro de las redes alimentarias (Miller, Hamann & Kroon, 2020).

De lo anterior, podemos entonces deducir que las especies tope de las cadenas tróficas pueden llegar a ser de las más afectadas, o receptoras de este tipo de contaminantes.

En un estudio hecho por Tsakona, Baker, Rucevska, Thomas, Appelquist, Macmillan-Lawler, Peter, Raubenheimer, Savelli-Soderberg, Ohno, Dittkrist, Zwimpfer, Aidis, Mafuta & Schoolmeester (2021), titulado «Ahogándose en plásticos» ("*Drowning in plastics*") resaltan que los plásticos mayormente producidos a nivel global son PE, PET, PP, Policloruro de vinilo (PVC), Poliestireno (PS) y Poliftalamida (PPA), lo que concuerda casi totalmente con los plásticos que se han encontrado en los mamíferos marinos (Tsakona *et al.*, 2021).

Como se mencionó anteriormente, el PP, PET, PE, Nylon, PA, PEBD, resina (Poliamida) y Rayón son los tipos de polímeros más frecuentemente detectados en los MM. Novillo, Raga & Tomás (2020), resaltan que «la composición de los polímeros es fundamental para identificar el origen, desplazamiento y destino». Estos polímeros reportados u observados más comúnmente se utilizan en productos de vida corta, como lo son embalajes, tapas de botellas, popotes, botellas, envases de alimentos, ampollitas de pastillas, bolsas de supermercado, textiles, entre otros (Brydson, 1999).

Algunos autores como Erni-Cassola *et al.* resaltan la importancia de características como la densidad de los polímeros, ya que de ésta dependerá la presencia y acumulación de partículas plásticas en la columna de agua, es decir que aquellos que tienen menor densidad como el PP y PE se encuentran a nivel superficial (flotabilidad) y muy escasamente a mayores profundidades, mientras que aquellos polímeros de mayor densidad como los acrílicos y los poliésteres se les encuentra principalmente en aguas profundas y sedimentos.

La investigación y publicaciones científicas en el campo marino y sus mamíferos ha sido limitada durante los últimos cuatro y medio años evaluados en este estudio, por lo menos. Esto, se vincula a la escasa información en la diversidad de tejidos evaluados o estudiados que permitan entender cuáles son las consecuencias de la presencia de estos materiales dentro de los MM, las implicaciones o daños a la salud, así como los efectos en su capacidad reproductiva y desarrollo natural.

Dicho vacío de información otorga una oportunidad para el estudio de MP y nanopartículas (NP), que a su vez conduzcan a la comunidad científica a la estandarización de metodologías, muestreo y procedimientos que permitan una mejor comparabilidad de resultados (Zantis, Carroll, Nelms & Bosker, 2021).

De acuerdo con Lusher *et al.* (2017) es necesario estandarizar metodologías para evaluar las tendencias de los macro, micro y nanoplásticos, es fundamental y así evitar subestimar la cuantificación y facilitar la comparabilidad entre diversos estudios internacionales en el futuro.

## Morfología

Los microplásticos (MP) pueden clasificarse también a través de sus características cualitativas como son morfología (forma) y color (Lusher *et al.*). Cuando se habla de la forma y la estructura de las partículas plásticas, se le denomina morfología; las tipologías más comúnmente encontradas en los organismos son fibras (Nelms *et al.*, 2018) y fragmentos (Perez-Venegas, Seguel, Pavés, Pulgar, Urbina, Ahrendt & Galbán-Malagón, 2018). Con menor incidencia encontramos a los filamentos, películas ("films"), perlas ("beads") (Hernandez-Gonzalez, Saavedra, Gago, Covelo, Santos & Pierce, 2018); esferas (Moore, Loseto, Noel, Etemadifar, Brewster,

MacPhee, Bendell & Ross, 2019); pellets (Novillo *et al.*, 2020); espumas ("foams") (Battaglia, Beckingham & McFee, 2020); hojuelas ("flakes") (Zhu, Yu, Zhang, Li, Tan, Li, Yang & Wang, 2019) y hojas ("sheet") (Besseling, Foekema, Van Franeker, Leopold, Kühn, Bravo, Heße, Mielke, IJzer, Kamminga & Koelmans, 2015).

Las fibras son filamentos, hebras o cerdas, que forman «hilos» (Moody & Needles, 2004; Houck, 2009); los fragmentos son otras partículas con bordes irregulares que se originan del corte y división de piezas con mayor tamaño (Schwarzer, Brehm, Vollmer, Jasinski, Xu, Zainuddin, Fröhlich, Schott, Greiner, Scheibel & Laforsch, 2022), otros tipos de partículas son esféricas y ovoides a las que se les hace referencia como "beads", "spheres" y "pellets", las cuales también son irregulares (Julienne, Lagarde, Bardeau & Delorme, 2022).

Las espumas son generalmente de poliestireno, sin embargo, existen otras presentaciones en el mercado como el polipropileno expandido (Huang, Su, Luo, Lan, Chong, Wu & Zheng, 2022) así que, cuando se habla de los "foams" se asume que es una textura más que una morfología (espuma) (Rosal, 2021). Las placas, películas y hojuelas por otra parte son otro tipo de partículas plásticas que en su mayoría son de superficie plana (Kiran *et al.*, 2022).

La ambigüedad en la clasificación y denominación de éstas radica en lo visual, es por ello por lo que se puede crear una brecha enorme entre la interpretación y el error humano, al momento de tratar de identificar las partículas. Es preponderante tener una clasificación global y estandarizada de las morfologías en partículas plásticas, especialmente de MP y nanopartículas (NP), que permitan una mayor comparabilidad y certeza en el tipo de partículas encontradas en los diversos ambientes y organismos.



Los microplásticos primarios (<100  $\mu\text{m}$ ) esferoidales son plásticos fabricados como microesferas cosméticas (Zhang, Deng, Dong, Liu, Li, Wu & Ye, 2021), que pueden ser una adición extra a productos de higiene personal como lo son exfoliantes, cremas, pastas dentales, productos de lavandería entre otros; debido a su tamaño y fácil movilidad, estos pueden llegar a los océanos por medio del vertido de aguas residuales o por escorrentías (Friot & Boucher, 2017).

Como ya se comentó anteriormente, es sabido que muchos de los plásticos secundarios pueden acabar en la red trófica debido a la constante fragmentación al quedar expuestos a los elementos, lo que es un factor preponderante en el hecho de que aumente constantemente la cantidad de microfragmentos en el ambiente y por ende sea el tipo de partículas más frecuentes y lleguen a ser ingeridos por organismos vivos (Pironti, Ricciardi, Motta, Miele, Proto & Montano, 2021).

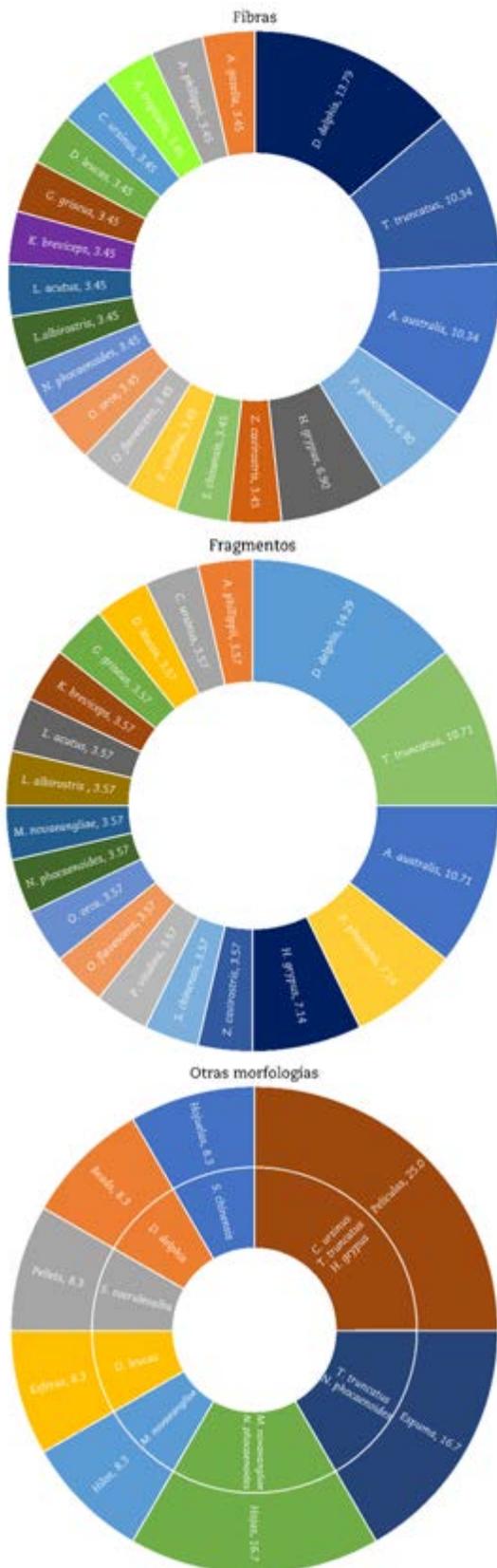
En la presente investigación documental, se halló que, en los seis mamíferos marinos con mayor diversidad de polímeros en sus cuerpos, las morfologías predominantes incluyen fibras y fragmentos, las cuales fueron en ocasiones las únicas formas detectadas, como en el caso de "*P.*

*phocoena*" y "*P. vitulina*" (Cuadro 2). El tercer tipo de morfología que mostró mayor variación, incluyó películas ("*H. grypus*", "*T. truncatus*"), perlas ("*D. delphis*"), pellets ("*S. coeruleoalba*") y espumas ("*T. truncatus*"), respectivamente (Gráfica 1), dicha gráfica se elaboró a partir de los datos obtenidos de:

- Eriksson & Burton (2003);
- Besseling *et al.* (2015);
- Lusher *et al.* (2017);
- Hernandez-Gonzalez *et al.* (2018);
- Nelms *et al.* (2018);
- Perez-Venegas *et al.* (2018);
- Xiong, Chen, Zhang, Mei, Hao, Zheng, Wu, Wang, Ruan, Lam & Wang (2018);
- Donohue, Masura, Gelatt, Ream, Baker, Faulhaber & Lerner (2019);
- Hernandez-Milian, Lusher, MacGibbon & Rogan (2019);
- Moore *et al.* (2019);
- Nelms *et al.* (2019);
- Zhu *et al.* (2019);
- Battaglia *et al.* (2020);
- Novillo *et al.* (2020);
- Perez-Venegas *et al.* (2020) y
- Stockin, Pantos, Betty, Pawley, Doake, Masterton, Palmer, Perrott, Nelms & Machovsky-capuska (2021).

### Color del polímero

Una de las cualidades físicas utilizada para clasificar a los polímeros es el color (teñido del material). La importancia de la clasificación por color radica en la interrogante sobre la preferencia de los organismos a consumir las partículas plásticas de ciertos colores (Wright, Thompson & Galloway, 2013). No hay certeza para confirmar que los grandes mamíferos consumen las partículas plásticas de manera voluntaria, atraídos por el color de éstas (Nelms *et al.*, 2018).



Gráfica 1. Porcentajes de plásticos detectados en mamíferos marinos de acuerdo con sus formas o morfologías.

Con base en la evaluación realizada, se encontraron 15 colores diferentes comúnmente reportados en los mamíferos marinos (Cuadro 3). Los colores azul, rojo, negro, verde, amarillo, naranja, blanco, incoloro (transparente o claro), naranja-amarillo, se detectaron en las 6 especies con mayor diversidad de polímeros en los tejidos analizados. Los colores gris y púrpura se reportaron en todas las especies excepto en la "*P. vitulina*", mientras que el color blanco-incoloro solo se halló en "*S. coeruleoalba*" y "*T. truncatus*", así como partículas multicolor solo en "*D. delphis*". En el delfín "*T. truncatus*" se detectaron partículas rojo-rosa y café-bronce, siendo este tipo de los colores menos comunes reportados en los tejidos de mamíferos.

**Polímeros en tejidos y excretas**

Los mamíferos marinos con mayor abundancia de polímeros en sus tejidos o excretas son los pinnípedos (focas) y odontocetos (delfines), ambos grupos con un comportamiento alimenticio carnívoro y como depredadores, se alimentan generalmente de peces, que al parecer estuvieron previamente expuestos a los microplásticos (MP).

Esta transferencia de presas a depredadores resulta en la biomagnificación (Sun, Wu, Wang, Ji, Shan & Li, 2020) de polímeros a través de las cadenas tróficas (Carbery, O'Connor & Palanisami, 2018), como se señaló líneas arriba. Por esta razón, es que los tejidos mayormente estudiados son los referentes al proceso de la digestión, que incluyen la ingesta, transporte, fragmentación mecánica, digestión (química), absorción de nutrientes y evacuación (Hocking, Marx, Park, Fitzgerald & Evans, 2017).

De lo anterior, es que se deriva la importancia de observar los tejidos involucrados en los procesos de captación, retención, acumulación y eliminación de las partículas. Tejidos tales como esófago, tracto gastrointestinal, cámara gástrica, estómago, intestino grueso, píloro, intestino delgado, colon y heces, son sin duda importantes para la evaluación del grado de exposición a MP desde la perspectiva del aparato digestivo (Martin, Baalkhuyur, Valluzzi, Saderne, Cusack, Almahasheer, Krishnakumar, Rabaoui, Qurban, Arias-Ortiz, Masqué & Duarte, 2020).

Los polímeros hallados con mayor incidencia en las muestras de las especies de mamíferos se detectaron en diversos tejidos y en materia fecal, principalmente. Las excretas se reportaron como la constante estudiada para 6 especies; el estudio de las heces es la técnica menos invasiva para especímenes vivos (Perez-Venegas, Toro-Valdivieso, Ayala, Brito, Iturra, Arriagada, Seguel, Barrios, Sepúlveda, Oliva, Cárdenas-Alayza, Urbina, Jorquera, Castro-Nallar & Galbán-Malagón, 2020), considerando que la mayoría de los mamíferos marinos son especies bajo estatus de protección (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2010; IUCN, 2022).

De acuerdo con lo observado por la comunidad científica, el tracto gastrointestinal es el más comúnmente analizado en este tipo de organismos ("*D. delphis*", "*S. coeruleoalba*", "*P. phocoena*" y "*I. truncatus*"), seguido del intestino ("*H. grypus*"), la cámara gástrica ("*I. truncatus*"), y finalmente el estómago ("*D. delphis*" y "*H. grypus*") (Cuadro 2). En el caso de la "*P. vitulina*", solamente se ha evaluado la presencia de plásticos en heces (Nelms *et al.*, 2019).

### Polímeros y cadenas tróficas

En las últimas décadas los ecosistemas marinos se han convertido en receptores de desechos urbanos

(Zobkov & Esiukova, 2018) impactando directamente en los hábitos alimenticios de los organismos que habitan ahí (Galloway, Cole & Lewis, 2017).

Algunos autores consideran que el impacto que tiene esta calidad del alimento influye directamente en los hábitos alimenticios de los organismos marinos (Nelms *et al.*, 2019). Hoy día la demostración e investigación de los efectos nocivos que causan los plásticos por ingesta en las especies marinas es prioritaria (Galloway & Lewis, 2016).

¿Cómo impactan los microplásticos (MP) a los grandes mamíferos?, sabemos que estos no se ven afectados de manera directa por las pequeñas partículas plásticas, pero ¿de qué manera serán afectados a través de la nutrición desde los niveles tróficos inferiores?. La relación del consumo de las presas que contienen MP y los hallazgos de Nelms *et al.* (2019) sugieren que la transferencia trófica (vía indirecta) es relevante para la nutrición de cualquier especie carnívora.

Otras interrogantes que podrían derivarse de la presencia de MP en el alimento de mamíferos marinos (MM), surgen desde la caza de presas, ya que es posible que dichas presas consumieran partículas plásticas previamente, por lo que se vuelven presas más fáciles por verse afectada su locomoción, flotabilidad o capacidad de respuesta al escape, o bien, debilidad por mala nutrición. Otro posible escenario es que estas se vean más apetitosas o atractivas ante sus depredadores, producto de la engorda generada como resultado de la ingesta de plásticos. Se sabe que algunos organismos marinos pueden adquirir los MP a través de las branquias, pero la mayoría es por ingesta, independientemente de su comportamiento alimenticio y de su nivel jerárquico en la cadena trófica (Koongolla, Lin, Pan, Yang, Sun, Liu, Xu, Maharana, Huang & Li, 2020).

Así las diversas especies integran partículas plásticas a sus cuerpos, ya que estos pueden mezclarse con alimentos o confundirse con ellos, sin importar que su ingesta sea de manera voluntaria o no, como es el caso de las ballenas, que ingieren plásticos junto con sus presas al cazar (Fossi, Coppola, Bani, Giannetti, Guerranti, Marsili, Panti, de Sabata & Clò, 2014).

### **Aditivos/contaminantes asociados a los polímeros**

Otro aspecto importante por considerar es que los plásticos pueden ser vectores o vehículos de transferencia de otras sustancias o elementos en su superficie o matriz, considerados como contaminantes o productos tóxicos. De esta forma los plásticos contaminados con estos componentes o aditivos presentes en las partículas aumentan la biodisponibilidad o toxicidad al ser incorporados o ingeridos por los organismos acuáticos (Bradney, Wijesekara, Palansooriya, Obadamudalige, Bolan, Ok, Rinklebe, Kim & Kirkham, 2019).

Novillo *et al.* (2020) insisten en la importancia sobre los impactos que los co-contaminantes tendrán sobre la salud de los organismos, producto de la transferencia a través de microplásticos (MP) ingeridos por los mamíferos marinos (MM). Esto resulta en un tema exponencial que genera preguntas sobre el origen, manejo y regulación de ciertos aditivos y procesos de los polímeros que potencialmente terminarían en los océanos, convirtiéndose en contaminantes emergentes actuales.



(2022). Pixabay.com | [Alicia - Chan] <https://pixabay.com/es/photos/foca-animal-marino-C3%ADiero-marino-6921257/>

Por ejemplo, en la industria textil se utilizan polímeros como la aramida (PA), kevlar (PAK) entre otros. Estos son materiales usados en las denominadas fibras textiles modificadas de alto rendimiento (Hearle, 2001), que a través de tratamientos especiales (con carbono, boro, silicio, aluminio) pueden incrementar o cambiar características para hacerlas más sólidas, ligeras, resistentes al calor, super hidrofílicas, entre otras alteraciones (Mager, 1998). Este tipo de fibras de alto rendimiento son las menos estudiadas en el ambiente marino y sus efectos en las especies, sin embargo, ya hay casos donde se les ha encontrado en algunas especies, como es la foca gris "*H. grypus*" (Nelms *et al.*, 2018).

Es necesario entender la interacción de estos nuevos materiales en los entornos naturales, ya que la necesidad de desarrollar nuevas y más modernas «telas» o «fibras» especiales, se incrementará a lo largo de los años, y las modificaciones a los polímeros y sus aditivos crecerá a la par. Por ésta y otras razones son necesarias las regulaciones ambientales resultado de investigaciones futuras entre la relación textiles modificados y sus efectos en el ambiente y en las especies que en ellos habitan.

Ciertas características basadas en el tipo de material polimérico, su tiempo de permanencia en el ambiente y su comportamiento en el entorno, sumado a las condiciones físico-ambientales y las propiedades adicionadas como resinas, aditivos entre otros, son factor clave para que se pueda adsorber, retener o liberar ciertos contaminantes a partir de las partículas plásticas (Martín, Santos, Aparicio & Alonso, 2022). Algunos de estos pueden ser los contaminantes orgánicos persistentes (COP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los éteres bifenilos policlorados (BPC) (Mastandrea, Chichizola, Ludueña, Sánchez, Álvarez & Gutiérrez, 2005; Marzocchi, Beldoménico & Vanzetti, 2011; D'Agostino, Bellante, Quinci, Gherardi, Placenti, Sabatino, Buffa, Avellone, Di Stefano & Del Core, 2020), compuestos farmacéuticos activos (CFA) o contaminantes farmacéuticos (CF) (Samal, Mahapatra & Hibzur, 2022) y algunas colonias de bacterias asociadas a los plásticos (Dudek, Cruz, Polidoro & Neuer, 2020).

La exposición de las especies marinas a los compuestos orgánicos tóxicos tiene un impacto en la salud de los organismos y del ecosistema (Tierney, Farrell & Brauner, 2013), por lo tanto, la presencia de estos contaminantes en las partículas plásticas se ha vuelto de gran interés actual para las comunidades científicas y de protección y conservación de la naturaleza en el mundo.

La importancia de la bioacumulación y biomagnificación dentro de la cadena trófica (Miller *et al.*, 2020) y la presencia de parásitos adheridos a los MP (Shapiro, Krusor, Mazzillo, Conrad, Largier, Mazet & Silver, 2014) son variables imprescindibles que considerar, pues estos podrían representar una fuente de infección para los depredadores de nivel trófico superior.

En futuros escenarios de investigación sobre MP, los temas deben ampliarse hacia la interacción con otros

contaminantes y sus efectos en la salud del individuo y de sus poblaciones, principalmente a nivel de partículas muy pequeñas, como las nanopartículas.

### Tamaño de polímeros

El término «tamaño» de las partículas plásticas, hace referencia a la longitud en un plano, la cual puede considerar un alto, ancho y profundidad de la partícula, para dar un volumen (Hale, Seeley, La Guardia, Mai & Zeng, 2020).

Los valores reportados en este respecto muestran que para las 6 especies de mamíferos a los que se les determinó el tamaño de partículas plásticas, se obtuvieron valores entre 100–20,000  $\mu\text{m}$  para fibras y de 44–40,000  $\mu\text{m}$  para fragmentos, siendo estas dos las morfologías predominantes en los mamíferos marinos (Cuadro 4).

Diversos estudios publicados sobre odontocetos (delfines) y pinnípedos (focas) se han centrado en la categoría de meso y macroplásticos (Alexiadou, Foskolos & Frantzis, 2019; Panti, Baine, Lusher, Hernandez-Milan, Bravo, Unger, Syberg, Simmonds & Fossi, 2019; Pinzone, Nordøy, Eppe, Malherbe, Das & Collard, 2021) dejando un vacío con escasas referencias sobre información particular acerca de los micro y nanoplásticos (Ayala, Cardeña & Cárdenas-Alayza, 2021), así como daños y alteraciones que éstos pueden causar a nivel celular, tisular o sistemático en los mamíferos marinos en tiempo real y a futuro (Zeisler, Demiralp, Koster, Becker, Burow, Ostapczuk & Wise, 1993).

Las afectaciones a través de las partículas plásticas y sus efectos ya han sido estudiadas en diversos organismos marinos, tal es el caso de los impactos negativos en el sistema inmunitario de peces, cangrejos, corales y ostras (Sharifinia, Bahmanbeigloo, Keshavarzifard, Khanjani & Lyons, 2020).

## Conclusiones

La presencia de plásticos y de varios de sus polímeros en mamíferos marinos es innegable. El resultado de un mal manejo de este tipo de residuos sólidos por parte de nosotros, los humanos, conlleva a un impacto ambiental desde las especies microscópicas, hasta las especies de mamíferos marinos más grandes del planeta.

De acuerdo con los resultados observados, se concluye que polímeros como son el Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET) y Polietileno (PE) son los de mayor frecuencia detectados en más de 16 especies de mamíferos marinos. La ruta de exposición parece estar predominada por la ingesta, aunque no se descarta cierta participación de otras rutas como la respiratoria.

El estudio del aparato digestivo resulta crucial para la evaluación de exposición a este tipo de contaminantes, así como el uso de las heces como medio no invasivo y de menor impacto sobre las especies a estudiar. Sin embargo, se recomienda ampliar la investigación hacia otros tejidos, pues la investigación limitada a las excretas nos refleja un grado de exposición y eliminación de las partículas, por parte de los organismos, pero se deja de lado qué pasa con los microplásticos (MP) incorporados o migrados a otros tejidos. Los patrones de distribución de MP indican el predominio de 32 polímeros sintéticos, siendo los de mayor presencia el Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno (PE), Nylon, Poliamida (PA), polietileno de baja densidad (LDPE), resina (Poliamida) y Rayón.

Basados en el análisis morfológico, la constante son fibras y fragmentos con una tendencia predominante a los colores negro, azul, incoloro (transparente), verde, gris, naranja, rojo, blanco, amarillo. Desafortunadamente, son escasos los estudios

disponibles que evalúan de manera clara y puntual, tanto la forma, como el color y tipo de plástico.

Es necesario que, en lo posible, las futuras investigaciones y monitoreos de polímeros en organismos acuáticos, incluyan y combinen estos parámetros, para poder interrelacionar mejores aspectos de selección, atracción, compuestos principalmente adquiridos por los organismos y como estos parámetros influyen en la grado de exposición e incorporación de las partículas en la biota. Se detecto que algunos colores de polímeros no se presentan muy frecuentemente en los mamíferos, o bien que no se asociaron a una morfología específica, como fueron café-bronce, multicolor, naranja-amarillo, purpura (fragmentos), rojo-rosa, blanco-incoloro. Con respecto al tamaño de las partículas plásticas, tamaños entre 100-20,000  $\mu\text{m}$  para fibras y de 44-40,000  $\mu\text{m}$  para fragmentos, parecen ser las predominantes en este tipo de organismos.

## Recomendaciones e investigaciones futuras

Este estudio tiene la intención de enfatizar la investigación sobre la creciente problemática de los microplásticos (MP) en grandes mamíferos y la invitación a estudios futuros relacionados particularmente con estas especies, la investigación de efectos en especies de menor nivel trófico está relacionado con la facilidad de acceso y manejo de los organismos, a comparación de trabajar con especies protegidas y de mayor tamaño. Mamíferos como odontocetos, pinnípedos y cetáceos, requerirán de mayores estudios para comprender mejor el impacto que este tipo de materiales pueden ejercer sobre ellos, sobre todo desde una perspectiva ecotoxicológica y biológica.

Dado que la industria plástica sigue teniendo una alta demanda mundialmente, debemos reconocer el

aumento en la producción y generación de nuevos polímeros, sus usos en diversas industrias, las rutas de desecho y la necesidad de establecer más regulaciones ambientales, que permitan reducir los impactos adversos al medio ambiente. Es importante contar con más datos de la presencia de estos polímeros en el ambiente y sus componentes, y además que sean datos más específicos, que nos permitan nutrir las herramientas predictivas de modelajes, para atender los posibles escenarios futuros, y así desarrollar estrategias mitigantes ante los daños que puedan causar los polímeros en un futuro a corto y mediano plazo.

Cabe resaltar que la mayoría de los estudios de polímeros microplásticos presentes en odontocetos (grupo al que pertenecen delfines, cachalotes y las orcas) se realizaron con cadáveres, que en algunos casos para las muestras de pinnípedos (que comprenden a las focas, morsas, elefantes marinos, leones marinos, etcétera) también se obtuvieron post mortem. Sin embargo, en su mayoría fueron muestras de heces las que se analizaron. Battaglia *et al.* (2020) reconocen que estas especies de mamíferos son difíciles de estudiar en su hábitat, por las condiciones circundantes de las especies, generalmente son protegidas, son de gran tamaño, presentan conductas migratorias y tiene movilidad en largas extensiones geográficas.

Faltan técnicas innovadoras para la cuantificación de plásticos, a través de técnicas indirectas que puedan mantener la integridad y vida de los especímenes que sean sujetos a programas de monitoreo, gestión y análisis ambiental (Fossi *et al.*, 2014; Panti *et al.*, 2019). Es decir, el monitoreo y estudio de los plásticos en mamíferos marinos, idealmente deberá ser considerado en especímenes vivos, desarrollando técnicas no invasivas que muestren resultados en tiempo real.

## Reconocimientos

Los autores agradecen el apoyo económico brindado a través del programa 2022 de «Nuevos Talentos Científicos y Tecnológicos de Tabasco - Asistente de Investigador» del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET) para la realización del presente trabajo. Así mismo, agradecemos el apoyo brindado por las biólogas Alejandra Pérez López y Valeria Ascencio Oliva para el mejoramiento del manuscrito.

**Cuadro 1.** Polímeros reportados en diversas especies de mamíferos marinos en literatura científica entre 2018-2022.

| Polímero                            | Especie   | Referencia  |
|-------------------------------------|---|---|
| PP (Polipropileno)                  | <i>Callorhinus ursinus, Arctocephalus gazella, Arctocephalus tropicalis, Megaptera novaeangliae, Tursiops truncatus, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Delphinus delphis, Sousa chinensis, Kogia breviceps, Delphinapterus leucas, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena, Neophocaena phocaenoides</i> | Donohue et al., 2019; Eriksson & Burton, 2003; Besseling et al., 2015; Battaglia et al., 2020; Stockin et al., 2021; Zhu et al., 2019; Moore et al., 2020; Nelms et al., 2018; Nelms et al., 2019; van Franeker et al., 2018; Xiong et al., 2018. |
| PET (Polietileno tereftalato)       | <i>Arctocephalus gazella, Arctocephalus tropicalis, Arctocephalus australis, Arctocephalus phillipii, Otaria flavescens, Megaptera novaeangliae, Tursiops truncatus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Delphinus delphis, Kogia breviceps, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena, Neophocaena phocaenoides</i>          | Eriksson & Burton, 2003; Perez-Venegas et al., 2020; Besseling et al., 2015; Battaglia et al., 2020; Nelms et al., 2019; Novillo et al., 2020; Stockin et al., 2021; van Franeker et al., 2018; Xiong et al., 2018.                               |
| PE (Polietileno)                    | <i>Arctocephalus gazella, Arctocephalus tropicalis, Megaptera novaeangliae, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Tursiops truncatus, Delphinus delphis, Sousa chinensis, Kogia breviceps, Delphinapterus leucas, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena, Neophocaena phocaenoides</i>                      | Eriksson & Burton, 2003; Besseling et al., 2015; Stockin et al., 2021; Zhu et al., 2019; Moore et al., 2020; Nelms et al., 2018; Nelms et al., 2019; van Franeker et al., 2018; Xiong et al., 2018.   |
| Nylon                               | <i>Arctocephalus australis, Arctocephalus phillipii, Otaria flavescens, Delphinus delphis, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Tursiops truncatus, Kogia breviceps, Delphinapterus leucas, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena</i>   | Perez-Venegas et al., 2020; Moore et al., 2020; Nelms et al., 2019.   |
| PA (Poliamida)                      | <i>Megaptera novaeangliae, Tursiops truncatus, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Delphinus delphis, Sousa chinensis, Kogia breviceps, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena</i>  | Besseling et al., 2015; Battaglia et al., 2020; Nelms et al., 2019; Stockin et al., 2021; Zhu et al., 2019; Nelms et al., 2019; van Franeker et al., 2018.  |
| PEBD (Polietileno de baja densidad) | <i>Tursiops truncatus, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Delphinus delphis, Kogia breviceps, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena</i>   | Battaglia et al., 2020; Nelms et al., 2019; Stockin et al., 2021.   |
| Resina de Poliamida                 | <i>Delphinus delphis, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Tursiops truncatus, Kogia breviceps, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena</i>   | Nelms et al., 2019.   |
| RY (Rayón)                          | <i>Delphinus delphis, Grampus griseus, Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Tursiops truncatus, Kogia breviceps, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena</i>   | Nelms et al., 2019.   |
| PETP (Poliéster)                    | <i>Lagenorhynchus acutus, Lagenorhynchus albirostris, Stenella coeruleoalba, Tursiops truncatus, Kogia breviceps, Delphinapterus leucas, Halichoerus grypus, Phoca vitulina, Phocoena phocoena</i>  | Nelms et al., 2019; Moore et al., 2020.   |

| Polímero                                | Especie   | Referencia  |
|---|---|---|
| PR (Resina fenoxi)                      | <i>Lagenorhynchus acutus</i> , <i>Lagenorhynchus albirostris</i> , <i>Stenella coeruleoalba</i> , <i>Tursiops truncatus</i> , <i>Kogia breviceps</i> , <i>Halichoerus grypus</i> , <i>Phoca vitulina</i> , <i>Phocoena phocoena</i> | Nelms et al., 2019.   |
| PVC (Cloruro de polivinilo)             | <i>Callorhinus ursinus</i> , <i>Arctocephalus gazella</i> , <i>Arctocephalus tropicalis</i> , <i>Megaptera novaeangliae</i> , <i>Delphinapterus leucas</i> , <i>Phocoena phocoena</i>   | Donohue et al., 2019; Eriksson & Burton, 2003; Besseling et al., 2015; Moore et al., 2020; van Franeker et al., 2018. |
| PS (Poliestireno)                       | <i>Arctocephalus gazella</i> , <i>Arctocephalus tropicalis</i> , <i>Delphinus delphis</i> , <i>Delphinapterus leucas</i> , <i>Neophocaena phocaenoides</i>  | Eriksson & Burton, 2003; Stockin et al., 2021; Moore et al., 2020; Xiong et al., 2018.                                |
| NBR (Rubber)                            | <i>Tursiops truncatus</i> , <i>Delphinapterus leucas</i> , <i>Halichoerus grypus</i>  | Battaglia et al., 2020; Moore et al., 2020; Nelms et al., 2018.   |
| PEAD (Polietileno de alta densidad)     | <i>Stenella coeruleoalba</i> , <i>Delphinus delphis</i>   | Novillo et al., 2020; Stockin et al., 2021.   |
| PU (Poliuretano)                        | <i>Delphinus delphis</i> , <i>Halichoerus grypus</i>  | Stockin et al., 2021; Nelms et al., 2018.   |
| ABS (Acilonitrilo butadieno estireno)   | <i>Delphinus delphis</i>  | Stockin et al., 2021.   |
| Ácido algínico*                         | <i>Stenella coeruleoalba</i>  | Novillo et al., 2020.   |
| CL (Celulosa)                           | <i>Sousa chinensis</i>  | Zhu et al., 2019.   |
| EPDM (Etileno-Propileno-Dieno-Monómero) | <i>Halichoerus grypus</i>   | Nelms et al., 2018.   |
| EPR (Etileno propileno)                 | <i>Halichoerus grypus</i>   | Nelms et al., 2018.   |
| NP (Neopreno)                           | <i>Halichoerus grypus</i>   | Nelms et al., 2018.   |
| PAAm (Poliacrilamida)                   | <i>Stenella coeruleoalba</i>  | Novillo et al., 2020.   |
| PAK (Poliamida Kevlar)                  | <i>Halichoerus grypus</i>   | Nelms et al., 2018.   |
| PBT (Tereftalato de polibutileno)       | <i>Sousa chinensis</i>  | Zhu et al., 2019.   |
| PC (Policarbonato)                      | <i>Neophocaena phocaenoides</i>   | Xiong et al., 2018.   |
| PES (Poliéster)                         | <i>Sousa chinensis</i>  | Zhu et al., 2019.   |
| PMMA (Metacrilato de metilo)            | <i>Delphinapterus leucas</i>  | Moore et al., 2020.   |
| PAM (Poliacrilamida)                    | <i>Halichoerus grypus</i>   | Nelms et al., 2018.   |
| PBA (Polibutileno acrilato)             | <i>Delphinus delphis</i>  | Stockin et al., 2021.   |
| Poliolefina                             | <i>Delphinapterus leucas</i>  | Moore et al. 2020.  |
| SBR (Caucho estireno-butadieno)         | <i>Halichoerus grypus</i>   | Nelms et al., 2018.   |

\*Polímero natural.

**Cuadro 2.** Distribución de microplásticos (MP) y su morfología en diferentes tejidos o heces de los mamíferos marinos reportados en el periodo 2018-2022.\*

| Morfología                                      | Especies                | Tejido                     | País                            | Referencia                                |                              |
|---|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------------|
| Fibras  | <i>A. australis</i>     | Heces                      | Chile                           | Perez-Venegas <i>et al.</i> , 2018, 2020. |                              |
|   | <i>A. gazella</i>       |                            | Nueva Zelanda                   | Eriksson & Burton, 2003.*                 |                              |
|   | <i>A. philippii</i>     |                            | Chile                           | Perez-Venegas <i>et al.</i> , 2020.       |                              |
|   | <i>A. tropicalis</i>    |                            | Nueva Zelanda                   | Eriksson & Burton, 2003.*                 |                              |
|   | <i>C. ursinus</i>       |                            | E.U.A                           | Donohue <i>et al.</i> , 2019.             |                              |
|   | <i>D. leucas</i>        | Colón; intestino; estómago | Canadá                          | Moore <i>et al.</i> , 2020.               |                              |
|   | <i>D. delphis</i>       | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   |                         | Estómago                   | España                          | Hernandez-Gonzalez <i>et al.</i> , 2018.  |                              |
|   |                         | Tracto gastrointestinal    | Irlanda                         | Lusher <i>et al.</i> , 2018.              |                              |
|   |                         | Estómago                   | Nueva Zelanda                   | Stockin <i>et al.</i> , 2021.             |                              |
|   | <i>G. griseus</i>       | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   | <i>H. grypus</i>        | Estómago                   | Irlanda                         | Hernandez-Milián <i>et al.</i> , 2019.    |                              |
|   |                         | Heces; intestino           | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.               |                              |
|   | <i>K. breviceps</i>     | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   | <i>L. acutus</i>        |                            |                                 |   |                              |
|   | <i>L. albirostris</i>   |                            |                                 |   |                              |
|   | <i>N. phocaenoides</i>  |                            |                                 |   | Tracto gastrointestinal      |
|   | <i>O. orca</i>          |                            |                                 | Irlanda                                   | Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|   | <i>O. flavescens</i>    | Heces                      | Chile                           | Perez-Venegas <i>et al.</i> , 2020.       |                              |
|   |                         |                            | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   | <i>P. vitulina</i>      |                            |                                 | Irlanda                                   | Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|   | <i>P. phocoena</i>      | Tracto gastrointestinal    | China                           | Zhu <i>et al.</i> , 2019.                 |                              |
|   | <i>S. chinensis</i>     | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   |                         |                            | Irlanda                         | Lusher <i>et al.</i> , 2018.              |                              |
|   |                         |                            | España                          | Novillo <i>et al.</i> , 2020.             |                              |
|   | <i>T. truncatus</i>     | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   |                         | Tracto gastrointestinal    | Irlanda                         | Lusher <i>et al.</i> , 2018.              |                              |
| Cámara gástrica; tracto gastrointestinal; heces |                         | E.U.A.                     | Battaglia <i>et al.</i> , 2020. |   |                              |
| <i>Z. cavirostris</i>                           | Tracto gastrointestinal | Irlanda                    | Lusher <i>et al.</i> , 2018.    |   |                              |
| Fragmento                                       | <i>A. australis</i>     | Heces                      | Chile                           | Perez-Venegas <i>et al.</i> , 2018, 2020. |                              |
|   | <i>A. philippii</i>     |                            | Chile                           | Perez-Venegas <i>et al.</i> , 2020.       |                              |
|   | <i>C. ursinus</i>       |                            | E.U.A.                          | Donohue <i>et al.</i> , 2019.             |                              |
|   | <i>D. leucas</i>        | Colón; intestino; estómago | Canadá                          | Moore <i>et al.</i> , 2020.               |                              |
|   | <i>D. delphis</i>       | Estómago                   | España                          | Hernandez-Gonzalez <i>et al.</i> , 2018.  |                              |
|   |                         | Tracto gastrointestinal    | Irlanda                         | Lusher <i>et al.</i> , 2018.              |                              |
|   |                         | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   |                         | Estómago                   | Nueva Zelanda                   | Stockin <i>et al.</i> , 2021.             |                              |
|   | <i>G. griseus</i>       | Heces                      | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.               |                              |
|   | <i>H. grypus</i>        | Estómago                   | Irlanda                         | Hernandez-Milián <i>et al.</i> , 2019.    |                              |
|   |                         | Heces; intestino           | R.U.                            | Nelms <i>et al.</i> , 2018, 2019.         |                              |
|   | <i>K. breviceps</i>     | Heces                      |                                 |   |                              |
|   | <i>L. acutus</i>        |                            |                                 |   |                              |
|   | <i>L. albirostris</i>   |                            |                                 |   |                              |
|   | <i>M. novaeangliae</i>  | Intestino                  | Países bajos                    | Besseling <i>et al.</i> , 2015.           |                              |
|   | <i>N. phocaenoides</i>  | Tracto gastrointestinal    | China                           | Xiong <i>et al.</i> , 2018.               |                              |

| Morfología | Especies               | Tejido  | País         | Referencia                               |
|------------|------------------------|---|--------------|--|
|            | <i>O. orca</i>         |   | Irlanda      | Lusher <i>et al.</i> , 2018.             |
|            | <i>O. flavescens</i>   | Heces   | Chile        | Perez-Venegas <i>et al.</i> , 2020.      |
|            | <i>P. vitulina</i>     |   | R.U.         | Nelms <i>et al.</i> , 2019.              |
|            | <i>P. phocoena</i>     | Tracto gastrointestinal                         | Irlanda      | Lusher <i>et al.</i> , 2018.             |
|            |                        | Heces   | R.U.         | Nelms <i>et al.</i> , 2019.              |
|            | <i>S. chinensis</i>    | Tracto gastrointestinal                         | China        | Zhu <i>et al.</i> , 2019.                |
|            |                        |   | Irlanda      | Lusher <i>et al.</i> , 2018.             |
|            | <i>S. coeruleoalba</i> | Heces   | R.U.         | Nelms <i>et al.</i> , 2019.              |
|            |                        | Tracto gastrointestinal                         | España       | Novillo <i>et al.</i> , 2020.            |
|            | <i>T. truncatus</i>    | Cámara gástrica; tracto gastrointestinal; heces | E.U.A.       | Battaglia <i>et al.</i> , 2020.          |
|            |                        | Tracto gastrointestinal                         | Irlanda      | Lusher <i>et al.</i> , 2018.             |
|            |                        | Heces   | R.U.         | Nelms <i>et al.</i> , 2019.              |
|            | <i>Z. cavirostris</i>  | Tracto gastrointestinal                         | Irlanda      | Lusher <i>et al.</i> , 2018.             |
| Films      | <i>C. ursinus</i>      | Heces   | E.U.A.       | Donohue <i>et al.</i> , 2019.            |
|            | <i>T. truncatus</i>    | Cámara gástrica; tracto gastrointestinal; heces | E.U.A.       | Battaglia <i>et al.</i> , 2020.          |
|            | <i>H. grypus</i>       | Estómago  | Irlanda      | Hernandez-Milián <i>et al.</i> , 2019.   |
| Foam       | <i>T. truncatus</i>    | Cámara gástrica; tracto gastrointestinal; heces | E.U.A.       | Battaglia <i>et al.</i> , 2020.          |
|            | <i>N. phocaenoides</i> | Tracto gastrointestinal                         | China        | Xiong <i>et al.</i> , 2018.              |
| Flakes     | <i>S. chinensis</i>    | Tracto gastrointestinal                         |              | Zhu <i>et al.</i> , 2019.                |
| Beads      | <i>D. delphis</i>      | Estómago  | España       | Hernandez-Gonzalez <i>et al.</i> , 2018. |
| Pellets    | <i>S. coeruleoalba</i> | Tracto gastrointestinal                         |              | Novillo <i>et al.</i> , 2020.            |
| Sheet      | <i>M. novaeangliae</i> | Intestino                                       | Países Bajos | Besseling <i>et al.</i> , 2015.          |
|            | <i>N. phocaenoides</i> | Tracto gastrointestinal                         | China        | Xiong <i>et al.</i> , 2018.              |
| Spheres    | <i>D. leucas</i>       | Colón; intestino; estómago                      | Canadá       | Moore <i>et al.</i> , 2020.              |
| Thread     | <i>M. novaeangliae</i> | Intestino                                       | Países Bajos | Besseling <i>et al.</i> , 2015.          |

Claves: R.U = Reino Unido; E.U.A = Estados Unidos de América.

\*Eriksson & Burton, 2003 (citado por Nabí 2022) es la única publicación considerada fuera del rango de revisión 2018-2022.

**Cuadro 3.** Color y morfología reportados en las especies de mamíferos marinos con mayor diversidad de polímeros.

| Color               | Morfología    | Especie                     | Referencias   |
|---------------------|---------------|-----------------------------|---|
| Negro               | Fibras        | <i>D. delphis</i>           | Hernández-González <i>et al.</i> , 2018; Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          | Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
|                     |               | <i>T. truncatus</i>         |   |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.   |
|                     | Fragmentos    | <i>D. delphis</i>           | Hernández-González <i>et al.</i> , 2018; Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          | Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
|                     |               | <i>T. truncatus</i>         |   |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.   |
|                     | No específica | <i>D. delphis</i>           | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Stockin <i>et al.</i> , 2021.             |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                     |               | <i>P. vitulina</i>          | Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          |   |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Novillo <i>et al.</i> , 2020.             |
| <i>T. truncatus</i> |               | Nelms <i>et al.</i> , 2019. |   |
| Azul                | Fibras        | <i>D. delphis</i>           | Hernández González <i>et al.</i> , 2018; Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          | Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
|                     |               | <i>T. truncatus</i>         |   |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.   |
|                     | Fragmentos    | <i>D. delphis</i>           | Hernández-González <i>et al.</i> , 2018; Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          | Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
|                     |               | <i>T. truncatus</i>         |   |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.   |
|                     | No específica | <i>D. delphis</i>           | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Stockin <i>et al.</i> , 2021.             |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                     |               | <i>P. vitulina</i>          | Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          |   |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
| <i>T. truncatus</i> |               |                             |   |
| Café-Bronce         | No específica | <i>T. truncatus</i>         | Battaglia <i>et al.</i> , 2020.                                       |
| Incoloro            | Fibra         | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.   |
|                     | Fragmento     | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2018.   |
|                     | No específica | <i>D. delphis</i>           | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Stockin <i>et al.</i> , 2021.             |
|                     |               | <i>H. grypus</i>            | Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                     |               | <i>P. vitulina</i>          | Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          |   |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
| <i>T. truncatus</i> |               |                             |   |
| Verde               | Fibras        | <i>D. delphis</i>           | Hernandez-Gonzalez <i>et al.</i> , 2018; Lusher <i>et al.</i> , 2018. |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          | Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                     |               | <i>S. coeruleoalba</i>      |   |
|                     |               | <i>T. truncatus</i>         |   |
|                     | Fragmentos    | <i>D. delphis</i>           | Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                     |               | <i>P. phocoena</i>          |   |

| Color                  | Morfología    | Especie                  | Referencias   |
|------------------------|---------------|--------------------------|---|
|                        | No específica | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        |               | <i>D. delphis</i>        | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Stockin <i>et al.</i> , 2021.   |
|                        |               | <i>H. grypus</i>         | Nelms <i>et al.</i> , 2018; Nelms <i>et al.</i> , 2019.     |
|                        |               | <i>P. vitulina</i>       | Nelms <i>et al.</i> , 2019.                                 |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Battaglia <i>et al.</i> , 2020. |
| Gris                   | Fibras        | <i>Delphinus delphis</i> | Lusher <i>et al.</i> , 2018.                                |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        | Fragmentos    | <i>D. delphis</i>        | Lusher <i>et al.</i> , 2018.                                |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        | No específica | <i>D. delphis</i>        | Stockin <i>et al.</i> , 2021.                               |
|                        | Multicolor    | No específica            | <i>D. delphis</i>   |
| Naranja                | Fibras        | <i>D. delphis</i>        | Lusher <i>et al.</i> , 2018.                                |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        | Fragmentos    | <i>D. delphis</i>        | Lusher <i>et al.</i> , 2018.                                |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        |               | <i>H. grypus</i>         | Nelms <i>et al.</i> , 2018.                                 |
|                        | No específica | <i>H. grypus</i>         | Nelms <i>et al.</i> , 2019.                                 |
|                        |               | <i>D. delphis</i>        | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Stockin <i>et al.</i> , 2021.   |
|                        |               | <i>P. vitulina</i>       | Nelms <i>et al.</i> , 2019.                                 |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
| <i>S. coeruleoalba</i> |               |                          |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      | Nelms <i>et al.</i> , 2019; Battaglia <i>et al.</i> , 2020. |
| Naranja-Amarillo       | No específica | <i>D. delphis</i>        | Nelms <i>et al.</i> , 2019.                                 |
|                        |               | <i>H. grypus</i>         | Nelms <i>et al.</i> , 2018; Nelms <i>et al.</i> , 2019.     |
|                        |               | <i>P. vitulina</i>       | Nelms <i>et al.</i> , 2019.                                 |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
| Púrpura                | Fragmentos    | <i>D. delphis</i>        | Lusher <i>et al.</i> , 2018.                                |
|                        |               | <i>P. phocoena</i>       |   |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        | No específica | <i>T. truncatus</i>      | Battaglia <i>et al.</i> , 2020.                             |
| Rojo                   | Fibras        | <i>P. phocoena</i>       | Lusher <i>et al.</i> , 2018.                                |
|                        |               | <i>S. coeruleoalba</i>   |   |
|                        |               | <i>T. truncatus</i>      |   |
|                        |               | <i>D. delphis</i>        | Hernández-Gonzalez <i>et al.</i> , 2018.                    |

| Color                  | Morfología                                | Especie                                     | Referencias   |
|------------------------|---|---|---|
|                        | Fragmentos                                | <i>H. grypus</i>                            | Nelms et al., 2018.                                   |
|                        |   | <i>D. delphis</i>                           | Lusher et al., 2018.                                  |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>H. grypus</i>                            |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      |   |
|                        |   | <i>T. truncatus</i>                         |   |
|                        | No especifica                             | <i>D. delphis</i>                           | Nelms et al., 2019; Stockin et al., 2021.             |
|                        |   | <i>H. grypus</i>                            | Nelms et al., 2018; Nelms et al., 2019.               |
|                        |   | <i>P. vitulina</i>                          | Nelms et al., 2019.                                   |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
| <i>S. coeruleoalba</i> |   |   |   |
| <i>T. truncatus</i>    | Nelms et al., 2019; Novillo et al., 2020. |   |   |
|                        | <i>T. truncatus</i>                       | Nelms et al., 2019.                         |   |
| Rojo-Rosado            | No especifica                             | <i>T. truncatus</i>                         | Battaglia et al., 2020.                               |
| Blanco                 | Fibras                                    | <i>D. delphis</i>                           | Lusher et al., 2018.                                  |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      |   |
|                        |   | <i>T. truncatus</i>                         |   |
|                        | Fragmentos                                | <i>D. delphis</i>                           | Lusher et al., 2018.                                  |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      |   |
|                        |   | <i>T. truncatus</i>                         |   |
|                        | No especifica                             | <i>D. delphis</i>                           | Nelms et al., 2019; Stockin et al., 2021.             |
|                        |   | <i>H. grypus</i>                            | Nelms et al., 2018; Nelms et al., 2019.               |
|                        |   | <i>P. vitulina</i>                          | Nelms et al., 2019.                                   |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      |   |
|                        | <i>T. truncatus</i>                       |   |   |
|                        | Blanco- Incoloro                          | No especifica                               | <i>S. coeruleoalba</i>                                |
| <i>T. truncatus</i>    |   |   | Battaglia et al., 2020.                               |
| Amarillo               | Fibras                                    | <i>D. delphis</i>                           | Hernández-González et al., 2018; Lusher et al., 2018. |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      | Lusher et al., 2018.                                  |
|                        |   | <i>T. truncatus</i>                         |   |
|                        | Fragmentos                                | <i>D. delphis</i>                           | Lusher et al., 2018.                                  |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      |   |
|                        |   | <i>T. truncatus</i>                         |   |
|                        | No especifica                             | <i>D. delphis</i>                           | Nelms et al., 2019; Stockin et al., 2021.             |
|                        |   | <i>H. grypus</i>                            | Nelms et al., 2018; Nelms et al., 2019.               |
|                        |   | <i>P. vitulina</i>                          | Nelms et al., 2019.                                   |
|                        |   | <i>P. phocoena</i>                          |   |
|                        |   | <i>S. coeruleoalba</i>                      |   |
|                        | <i>T. truncatus</i>                       | Nelms et al., 2019; Battaglia et al., 2020. |   |

**Cuadro 4.** Rangos de tamaño ( $\mu\text{m}$ ) por morfología de microplásticos (MP) reportados con mayor incidencia por especie de mamífero marino.

| Especie                | Min. | Máx.   | Morfología | Referencias  |
|------------------------|------|--------|------------|--|
| <i>D. delphis</i>      | 44   | 4,361  | Fragmentos | Stockin <i>et al.</i> , 2021.<br>Nelms <i>et al.</i> , 2019.<br>Lusher <i>et al.</i> , 2018.<br>Hernández-Gonzalez <i>et al.</i> , 2018. |
|                        | 100  | 20,000 | Fibras     |  |
|                        | 290  | 16,700 | N/E        |  |
|                        | 950  |        | Beads      |  |
| <i>T. truncatus</i>    | 100  | 20,000 | Fibras     | Nelms <i>et al.</i> , 2019.<br>Lusher <i>et al.</i> , 2018.<br>Battaglia <i>et al.</i> , 2020.   |
|                        | 125  | 16,700 | N/E        |  |
|                        | 900  |        | Fragmentos |  |
| <i>S. coeruleoalba</i> | 100  | 20,000 | Fibras     | Nelms <i>et al.</i> , 2019.<br>Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                        | 300  | 16,700 | N/E        |  |
|                        | 900  |        | Fragmentos |  |
| <i>H. grypus</i>       | 100  | 40,000 | Fragmentos | Nelms <i>et al.</i> , 2018.<br>Nelms <i>et al.</i> , 2019.   |
|                        | 100  | 20,000 | Fibras     |  |
| <i>P. phocoena</i>     | 100  | 20,000 | Fibras     | Nelms <i>et al.</i> , 2019.<br>Lusher <i>et al.</i> , 2018.  |
|                        | 100  | 16,700 | N/E        |  |
|                        | 900  |        | Fragmentos |  |
| <i>P. vitulina</i>     | 100  | 20,000 | Fibras     | Nelms <i>et al.</i> , 2019.  |
|                        | 900  |        | Fragmentos |  |

\*Para Nelms *et al.* (2019) se considera una 50 N de 10 especies, (cetáceos N = 43-8 especies; pinnípedos N = 7-2 especies) y no se especifica la cantidad, morfología o tamaño por individuo.

## Referencias

- Alexiadou, P.; Foskolos, I. & Frantzis, A.** (2019). Ingestion of macroplastics by odontocetes of the Greek Seas, Eastern Mediterranean: Often deadly!. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 67–75. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.05.055>
- Ayala, F.; Cardeña, M. & Cárdenas-Alayza, S.** (2021). Registro preliminar de microplásticos en fecas del león marino sudamericano (*Otaria byronia*) [de Blainville 1820]) recolectadas en punta San Juan, Perú. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37: 273–279. <https://doi.org/10.20937/RICA.53745>
- Banerjee, A. & Shelver, W.L.** (2021). Micro- and nanoplastic induced cellular toxicity in mammals: A review. *The Science of the Total Environment*, 755(Pt 2). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142518>
- Battaglia, F.M.; Beckingham, B.A.; & McFee, W.E.** (2020). First report from North America of microplastics in the gastrointestinal tract of stranded bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111677. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111677>
- Besseling, E.; Foekema, E.M.; Van Franeker, J.A.; Leopold, M.F.; Kühn, S.; Bravo Rebolledo, E.L.; Heße, E.; Mielke, L.; IJzer, J.; Kamminga, P. & Koelmans, A.A.** (2015). Microplastic in a macro filter feeder: Humpback whale *Megaptera novaeangliae*. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1): 248–252. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.007>
- Bradney, L.; Wijesekara, H.; Palansooriya, K.N.; Obadamudalige, N.; Bolan, N.S.; Ok, Y.S.; Rinklebe, J.; Kim, K.H. & Kirkham, M.B.** (2019). Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. *Environment International*, 131: 18. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.104937>
- Brydson, J.** (1999). Plastics Materials. In: *Analysis and Deformation of Polymeric Materials* (Seventh ed). Springer. [https://doi.org/10.1007/0-306-46908-1\\_8](https://doi.org/10.1007/0-306-46908-1_8)
- Butterworth, A. & Sayer, S.** (2017). The Welfare Impact on Pinnipeds of Marine Debris and Fisheries. *Marine Mammal Welfare*, 17: 215–239. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46994-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46994-2_13)
- Carbery, M.; O'Connor, W. & Palanisami, T.** (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International*, 115: 400–409. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2018.03.007>
- Castañeta, G.; Gutiérrez, A.F.; Nacaratte, F. & Manzano, C.A.** (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3): 160–175. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>
- Courtene-Jones, W.; Quinn, B.; Gary, S.F.; Mogg, A.O.M. & Narayanaswamy, B.E.** (2017). Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 231: 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.026>
- D'Agostino, F.; Bellante, A.; Quinci, E.; Gherardi, S.; Piacenti, F.; Sabatino, N.; Buffa, G.; Avellone, G.; Di Stefano, V. & Del Core, M.** (2020). Persistent and Emerging Organic Pollutants in the Marine Coastal Environment of the Gulf of Milazzo (Southern Italy): Human Health Risk Assessment. *Frontiers in Environmental Science*, 8: 117. <https://doi.org/10.3389/FENVS.2020.00117/BIBTEX>
- Donohue, M.J.; Masura, J.; Gelatt, T.; Ream, R.; Baker, J.D., Faulhaber, K. & Lerner, D.T.** (2019). Evaluating exposure of northern fur seals, *Callorhinus ursinus*, to microplastic pollution through fecal analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 138: 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.036>
- Dool, T. & Bosker, T.** (2022). Predicted microplastic uptake through trophic transfer by the short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) and common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Northeast Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 180: 113745. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113745>
- Dudek, K.L.; Cruz, B.N.; Polidoro, B. & Neuer, S.** (2020). Microbial colonization of microplastics in the Caribbean Sea. *Limnology and Oceanography Letters*, 5(1): 5–17. <https://doi.org/10.1002/LOL2.10141>

**Eriksson, C. & Burton, H.** (2003). Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *Ambio*, 32(6): 380–384. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.6.380>

**Erni-Cassola, G.; Zadjelovic, V.; Gibson, M.I. & Christie-Oleza, J.A.** (2019). Distribution of plastic polymer types in the marine environment; A meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 369: 691–698. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.067>

**Fossi, M.C.; Coppola, D.; Baini, M.; Giannetti, M.; Guerranti, C.; Marsili, L.; Panti, C.; de Sabata, E. & Clò, S.** (2014). Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark (“*Cetorhinus maximus*”) and fin whale (“*Balaenoptera physalus*”). *Marine Environmental Research*, 100: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.002>

**Friot, D. & Boucher, J.** (2017). *Primary microplastics in the oceans* | IUCN Library System (C.G. Lundin, J.M. de Sousa & Francis (eds.)). IUCN, Gland, Switzerland. <https://doi.org/dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>  
Julien

**Galloway, T.S. & Lewis, C.N.** (2016). Marine microplastics spell big problems for future generations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(9): 2331–2333. <https://doi.org/10.1073/pnas.1600715113>

**Galloway, T.S.; Cole, M. & Lewis, C.** (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, 1(5): 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>

**García Piqueras, M. & Torres Gavilá, J.** (2021). Clínica y sanidad de odontocetos y pinnípedos en cautividad y vida libre. *Nereis*, 13: 187–202. [https://doi.org/10.46583/NEREIS\\_2021.13](https://doi.org/10.46583/NEREIS_2021.13)

**Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.** (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* (p. 78). Diario Oficial de la Federación – Secretaría de Gobernación; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>

**Hale, R.C.; Seeley, M.E.; La Guardia, M.J.; Mai, L. & Zeng, E.Y.** (2020). A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1): 1–40. <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>

**Hearle, J.W.S.** (2001). *High-Performance Fibres* - 1st Edition (J. W. S. Hearle (ed.); 1st Edition). Woodhead Publishing. <https://www.elsevier.com/books/high-performance-fibres/hearle/978-1-85573-539-2>

**Hermida, É.** (2011). Capítulo 9: Polímeros. En: Crowe C. (Ed.), *Colección Materiales y materias primas* (Vol. 2, p. 70). [http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09\\_Polimeros.pdf](http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf)

**Hernandez-Gonzalez, A.; Saavedra, C.; Gago, J.; Covelo, P.; Santos, M.B. & Pierce, G.J.** (2018). Microplastics in the stomach contents of common dolphin (“*Delphinus delphis*”) stranded on the Galician coasts (NW Spain, 2005–2010). *Marine Pollution Bulletin*, 137: 526–532. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.026>

**Hernandez-Milian, G.; Lusher, A.; MacGibbon, S. & Rogan, E.** (2019). Microplastics in grey seal (“*Halichoerus grypus*”) intestines: Are they associated with parasite aggregations?. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.014>

**Hocking, D.P.; Marx, F.G.; Park, T.; Fitzgerald, E.M.G. & Evans, A.R.** (2017). Reply to comment by Kienle *et al.* 2017. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1863). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1836>

**Hossain, M.S.; Rahman, M.S.; Uddin, M.N.; Sharifuzzaman, S.M.; Chowdhury, S.R.; Sarker, S. & Nawaz Chowdhury, M.S.** (2019). Microplastic contamination in Penaeid shrimp from the Northern Bay of Bengal. *Chemosphere*, 238: 124688. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124688>

**Houck, M.M.** (2009). Ways of identifying textile fibers and materials. *Identification of Textile Fibers*: 6–26. <https://doi.org/10.1533/9781845695651.1.6>

**Huang, P.; Su, Y.; Luo, H.; Lan, X.; Chong, Y.; Wu, F. & Zheng, W.** (2022). Facile one-step method to manufacture polypropylene bead foams with outstanding thermal insulation and mechanical properties via supercritical CO<sub>2</sub> extrusion foaming. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 64: 102167. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102167>

**IUCN (International Union for Conservation of Nature).** (2022). *Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/>

**Julienne, F.; Lagarde, F.; Bardeau, J.F. & Delorme, N.** (2022). Thin polyethylene (LDPE) films with controlled crystalline morphology for studying plastic weathering and microplastic generation. *Polymer Degradation and Stability*, 195: 109791. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2021.109791>

**Kiran, B.R.; Kopperi, H. & Venkata Mohan, S.** (2022). Micro/nano-plastics occurrence, identification, risk analysis and mitigation: challenges and perspectives. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 21(1): 169–203. <https://doi.org/10.1007/S11157-021-09609-6/TABLES/3>

**Koltzenburg, S.; Maskos, M. & Nuyken, O.** (2017). Polymer chemistry. In: *Polymer Chemistry*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49279-6/COVER>

**Koongolla, J.B.; Lin, L.; Pan, Y.F.; Yang, C.P.; Sun, D.R.; Liu, S.; Xu, X.R.; Maharana, D.; Huang, J.S. & Li, H.X.** (2020). Occurrence of microplastics in gastrointestinal tracts and gills of fish from Beibu Gulf, South China Sea. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 258: 26. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2019.113734>

**Lehtiniemi, M.; Hartikainen, S.; Näkki, P.; Engström-Öst, J.; Koistinen, A. & Setälä, O.** (2018). Size matters more than shape: Ingestion of primary and secondary microplastics by small predators. *Food Webs*, 16: e00097. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.E00097>

**Lei, X.; Cheng, H.; Luo, Y.; Zhang, Y.; Jiang, L.; Sun, Y.; Zhou, G. & Huang, H.** (2021). Abundance and characteristics of microplastics in seawater and corals from Reef Region of Sanya Bay, China. *Frontiers in Marine Science*, 8: 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.728745>

**Liu, S.; Chen, H.; Wang, J.; Su, L.; Wang, X.; Zhu, J. & Lan, W.** (2021). The distribution of microplastics in water, sediment, and fish of the Dafeng River, a remote river in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 228: 113009. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113009>

**Lusher, A.L.; Hernandez-Milian, G.; Berrow, S.; Rogan, E. & O'Connor, I.** (2017). Incidence of marine debris in cetaceans stranded and by caught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. *Environmental Pollution*, 232: 467–476. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.09.070>

**Mager Stellman, J.** (1998). Parte XIV – Industrias textiles y de la confección. En: *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (“Encyclopaedia of Occupational Health and Safety”, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (Trad.); 4<sup>ta</sup> edición; capítulos 87-90). Oficina Internacional del Trabajo (Ginebra). Chantal Dufresne, BA. <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/enciclopedia-oit/tomo-iii>

**Martin, C.; Baalkhuyur, F.; Valluzzi, L.; Saderne, V.; Cusack, M.; Almahasheer, H.; Krishnakumar, P.K.; Rabaoui, L.; Qurban, M.A.; Arias-Ortiz, A.; Masqué, P. & Duarte, C.M.** (2020). Exponential increase of plastic burial in mangrove sediments as a major plastic sink. *Science Advances*, 6(44): 1–8. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.AAZ5593>

**Martín, J.; Santos, J.L.; Aparicio, I. & Alonso, E.** (2022). Microplastics and associated emerging contaminants in the environment: Analysis, sorption mechanisms and effects of co-exposure. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 35: 15. <https://doi.org/10.1016/J.TEAC.2022.E00170>

**Marzocchi, V. a.; Beldoménico, H.R. & Vanzetti, N.A.** (2011). Bifenilos policlorados: relación entre estructura química, parámetros conformacionales y toxicidad efectodioxina. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(4): 109–118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3815195&info=resumen&idioma=ENG>

**Mastandrea, C.; Chichizola, C.; Ludueña, B.; Sánchez, H.; Álvarez, H. & Gutiérrez, A.** (2005). Hidrocarburos aromáticos policíclicos. *Riesgos para la salud y marcadores biológicos*, 39(0325–2957): 27–36. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572005000100006&script=sci\\_arttext&tling=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572005000100006&script=sci_arttext&tling=pt)

- Miller, M.E.; Hamann, M. & Kroon, F.J.** (2020). Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. *PLOS ONE*, 15(10): 25. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0240792>
- Moody, V. & Needles, H.L.** (2004). 1. Fiber Theory and Formation. In: *Tufted Carpet: Textile Fibers, Dyes, Finishes and Processes* (pp. 3–21). William Andrew Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-188420799-0.50002-6>
- Moore, R.C.; Loseto, L.; Noel, M.; Etemadifar, A.; Brewster, J.D.; MacPhee, S.; Bendell, L. & Ross, P.S.** (2019). Microplastics in beluga whales (“*Delphinapterus leucas*”) from the Eastern Beaufort Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150: 110723. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110723>
- Moore, R.C.; Noel, M.; Etemadifar, A.; Loseto, L.; Posacka, A.M.; Bendell, L. & Ross, P.S.** (2021). Microplastics in beluga whale (“*Delphinapterus leucas*”) prey: An exploratory assessment of trophic transfer in the Beaufort Sea. *Science of The Total Environment*, 806: 150201. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150201>
- Nelms, S.E.; Barnett, J.; Brownlow, A.; Davison, N.J.; Deaville, R.; Galloway, T.S.; Lindeque, P.K.; Santillo, D. & Godley, B.J.** (2019). Microplastics in marine mammals stranded around the British coast: ubiquitous but transitory? *Scientific Reports*, 9(1): 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37428-3>
- Nelms, S.E.; Galloway, T.S.; Godley, B.J.; Jarvis, D.S. & Lindeque, P.K.** (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238: 999–1007. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).** (2021). *Biomagnification*. <https://oceanexplorer.noaa.gov/edu/learning/player/lesson13/1131a1.html>
- Novillo, O.; Raga, J.A. & Tomás, J.** (2020). Evaluating the presence of microplastics in striped dolphins (“*Stenella coeruleoalba*”) stranded in the Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111557. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111557>
- Panti, C.; Bains, M.; Lusher, A.; Hernandez-Milan, G.; Bravo Rebolledo, E.L.; Unger, B.; Syberg, K.; Simmonds, M.P. & Fossi, M.C.** (2019). Marine litter: One of the major threats for marine mammals. Outcomes from the European Cetacean Society workshop. *Environmental Pollution*, 247: 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.029>
- Perez-Venegas, D.J.; Seguel, M.; Pavés, H.; Pulgar, J.; Urbina, M.; Ahrendt, C. & Galbán-Malagón, C.** (2018). First detection of plastic microfibers in a wild population of South American fur seals (“*Arctocephalus australis*”) in the Chilean Northern Patagonia. *Marine Pollution Bulletin*, 136: 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.065>
- Perez-Venegas, D.J.; Toro-Valdivieso, C.; Ayala, F.; Brito, B.; Iturra, L.; Arriagada, M.; Seguel, M.; Barrios, C.; Sepúlveda, M.; Oliva, D.; Cárdenas-Alayza, S.; Urbina, M.A.; Jorquera, A.; Castro-Nallar, E. & Galbán-Malagón, C.** (2020). Monitoring the occurrence of microplastic ingestion in Otariids along the Peruvian and Chilean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 153(August 2019): 110966. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110966>
- Pinzone, M.; Nordøy, E.S.; Eppe, G.; Malherbe, C.; Das, K. & Collard, F.** (2021). First record of plastic debris in the stomach of a hooded seal pup from the Greenland Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 167: 6. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2021.112350>
- Pironti, C.; Ricciardi, M.; Motta, O.; Miele, Y.; Proto, A. & Montano, L.** (2021). Microplastics in the environment: Intake through the food web, human exposure and toxicological effects. *Toxics*, 9(9): 224. <https://doi.org/10.3390/TOXICS9090224>
- Rosal, R.** (2021). Morphological description of microplastic particles for environmental fate studies. *Marine Pollution Bulletin*, 171: 112716. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112716>
- Samal, K.; Mahapatra, S. & Hibzur Ali, M.** (2022). Pharmaceutical wastewater as emerging contaminants (EC): Treatment technologies, impact on environment and human health. *Energy Nexus*, 6: 100076. <https://doi.org/10.1016/J.NEXUS.2022.100076>
- Sathish, M.N.; Jeyasanta, I. & Patterson, J.** (2020). Occurrence of microplastics in epipelagic and mesopelagic fishes from Tuticorin, Southeast coast of India. *Science of the Total Environment*, 720: 9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137614>

- Schwarzer, M.; Brehm, J.; Vollmer, M.; Jasinski, J.; Xu, C.; Zainuddin, S.; Fröhlich, T.; Schott, M.; Greiner, A.; Scheibel, T. & Laforsch, C.** (2022). Shape, size, and polymer dependent effects of microplastics on “*Daphnia magna*”. *Journal of Hazardous Materials*, 426: 9. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.128136>
- Scircle, A.; Cizdziel, J.V.; Missling, K.; Li, L. & Vianello, A.** (2020). Single-Pot method for the collection and preparation of natural water for microplastic analyses: Microplastics in the Mississippi River system during and after historic flooding. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(5): 986–995. <https://doi.org/10.1002/ETC.4698>
- Shapiro, K.; Krusor, C.; Mazzillo, F.F.M.; Conrad, P.A.; Largier, J.L.; Mazet, J.A.K. & Silver, M.W.** (2014). Aquatic polymers can drive pathogen transmission in coastal ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1795): 9. <https://doi.org/10.1098/RSPB.2014.1287>
- Sharifinia, M.; Bahmanbeigloo, Z.A.; Keshavarzifard, M.; Khanjani, M.H. & Lyons, B.P.** (2020). Microplastic pollution as a grand challenge in marine research: A closer look at their adverse impacts on the immune and reproductive systems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 204: 111109. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2020.111109>
- Stockin, K.A.; Pantos, O.; Betty, E.L.; Pawley, M.D.M.; Doake, F.; Masterton, H.; Palmer, E.I.; Perrott, M.R.; Nelms, S.E. & Machovsky-capuska, G.E.** (2021). Fourier transform infrared (FTIR) analysis identifies microplastics in stranded common dolphins (“*Delphinus delphis*”) from New Zealand waters. *Marine Pollution Bulletin*, 173: 113084. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113084>
- Sun, T.; Wu, H.; Wang, X.; Ji, C.; Shan, X. & Li, F.** (2020). Evaluation on the biomagnification or biodilution of trace metals in global marine food webs by meta-analysis. *Environmental Pollution*, 264: 11. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2019.113856>
- Thompson, R.C.; Olsen, Y.; Mitchell, R.P.; Davis, A.; Rowland, S.J.; John, A.W.G.; McGonigle, D. & Russell, A.E.** (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672): 838. [https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1094559/SUPPL\\_FILE/THOMPSON.SOM.PDF](https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1094559/SUPPL_FILE/THOMPSON.SOM.PDF)
- Tierney, K.B.; Farrell, A.P. & Brauner, C.J.** (2013). *Organic chemical toxicology of fishes* (K. Tierney, A. Farrell & C. Brauner (eds.)). <https://www.elsevier.com/books/fish-physiology-organic-chemical-toxicology-of-fishes/tierney/978-0-12-398254-4>
- Tsakona, M.; Baker, E.; Rucevska, I.; Thomas Maes, L.; Appelquist, R.; Macmillan-Lawler, M.; Peter Harris, K.; Raubenheimer, L.R.; Savelli-Soderberg, H.; Ohno, K.W.; Dittkrist, J.; Zwimpfer, T.A.; Aidis, R.; Mafuta, C. & Schoolmeester, T.** (2021). *Drowning in Plastics – Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics* (report; p. 77). United Nations Environment Programme (UNEP); Secretariats of the Basel; Rotterdam and Stockholm Conventions (BRS) and GRID-Arendal. <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>
- van Franeker, J.A.; Bravo Rebolledo, E.L.; Hesse, E.; Ijsseldijk, L.L.; Kühn, S.; Leopold, M. & Mielke, L.** (2018). Plastic ingestion by harbour porpoises “*Phocoena phocoena*” in the Netherlands: Establishing a standardised method. *Ambio*, 47(4): 387–397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13280-017-1002-y>
- Windsor, F.M.; Tilley, R.M.; Tyler, C.R. & Ormerod, S.J.** (2019). Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates. *Science of The Total Environment*, 646: 68–74. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.271>
- Wright, S.L.; Thompson, R.C. & Galloway, T.S.** (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178: 483–492. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2013.02.031>
- Xiong, X.; Chen, X.; Zhang, K.; Mei, Z.; Hao, Y.; Zheng, J.; Wu, C.; Wang, K.; Ruan, Y.; Lam, P.K.S. & Wang, D.** (2018). Microplastics in the intestinal tracts of East Asian finless porpoises (“*Neophocaena asiaorientalis sunameri*”) from Yellow Sea and Bohai Sea of China. *Marine Pollution Bulletin*, 136: 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.006>
- Zantis, L.J.; Carroll, E.L.; Nelms, S.E. & Bosker, T.** (2021). Marine mammals and microplastics: A systematic review and call for standardisation. *Environmental Pollution*, 269: 116142. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116142>

**Zeisler, R.; Demiralp, R.; Koster, B.J.; Becker, P.R.; Burow, M.; Ostapczuk, P. & Wise, S.A.** (1993). Determination of inorganic constituents in marine mammal tissues. *Science of The Total Environment*, 139–140(C): 365–386. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(93\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0048-9697(93)90034-4)

**Zhang, Z.; Deng, C.; Dong, L.; Liu, L.; Li, H.; Wu, J. & Ye, C.** (2021). Microplastic pollution in the Yangtze River Basin: Heterogeneity of abundances and characteristics in different environments. *Environmental Pollution*, 287. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.117580>

**Zhu, J.; Yu, X.; Zhang, Q.; Li, Y.; Tan, S.; Li, D.; Yang, Z. & Wang, J.** (2019). Cetaceans and microplastics: First report of microplastic ingestion by a coastal delphinid, “*Sousa chinensis*”. *Science of The Total Environment*, 659: 649–654. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.389>

**Zobkov, M.B. & Esiukova, E.E.** (2018). Microplastics in a Marine Environment: Review of Methods for Sampling, Processing, and Analyzing Microplastics in Water, Bottom Sediments, and Coastal Deposits. *Oceanology*, 58(1): 137–143. <https://doi.org/10.1134/S0001437017060169>



## VIRUELA SÍMICA: CASOS EMERGENTES

### MONKEYPOX: EMERGING CASES

#### Marcela Alejandra Cid Martínez

Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias Biológicas con orientación en sistemática por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Especialista en aerobiología, palinología y Síndrome del edificio enfermo; actualmente profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) en la UJAT.

Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ marcela.cid@ujat.mx

 0000-0002-9284-8927

#### Como referenciar:

Cid Martínez, M.A.; (2022). Viruela símica: casos emergentes. *Kuxulkab'*, 28(62): e5192, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.5192>

#### Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5192>

#### DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n62.5192>

#### Resumen

La viruela símica, también llamada viruela del mono es una enfermedad que se transmite de animales salvajes a las personas; el patógeno que la produce es el virus de la viruela símica. El primer caso de contagio en humanos se dio en 1970, desde entonces hasta la fecha se han registrado casos mayormente en el continente africano, que dio origen a la enfermedad, y de manera esporádica en otros países; sin embargo, desde mayo hasta julio del 2022, el número de casos emergentes se ha incrementado, llamando la atención de la autoridades sanitarias, mismas, que han propuesto estrategias para su control y prevención dirigidas a la población mundial. El objetivo de este documento sobre la base de una revisión documental es informar de manera acertiva y oportuna las características clínicas de la enfermedad, así como su epidemiología sin dejar de atender las acciones y propuestas de la Organización Mundial de la Salud.

**Palabras clave:** Zoonosis; Cepas víricas; Enfermedades endémicas.

#### Abstract

Monkeypox, also called monkeypox, is a disease that is transmitted from wild animals to people; the pathogen that produces it is the Monkeypox virus. The first case of contagion in humans occurred in 1970, since then to date cases have been registered mostly in the African continent, which gave rise to the disease, and sporadically in other continents, however, from May to July of the year 2022, the number of emerging cases has increased, drawing the attention of the health authorities, who have proposed strategies for its control and prevention aimed at the world population. The objective of this document, based on a documentary review, is to report in an accurate and timely manner the clinical characteristics of the disease, as well as its epidemiology without neglecting the actions and proposals of the World Health Organization.

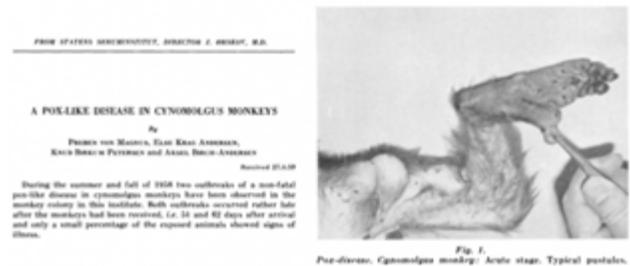
**Keywords:** Zoonosis; Viral strains; Endemic diseases.

La viruela símica, también llamada viruela del mono (MPXV) es una enfermedad que se transmite de animales salvajes a las personas; el patógeno causante de ella es el virus de la viruela símica. El virus fue descubierto por Preben von Magnus en 1958, en la especie de mono "*Macaca fascicularis* (Raffles, 1821)", mismos que se utilizaban en experimentos de laboratorio (Fotografía 1; se concluyó en aquel momento, que contrajeron la enfermedad durante su traslado de Singapur a Dinamarca (Fundación iO, 2022).

Hoy en día se conoce que el contagio se produce al manipular o consumir carne de animales silvestre, mordeduras o rasguños de animales infectados y de persona-persona a partir de objetos contaminados, intercambio de fluidos corporales (saliva) y por exudados de lesiones por personas infectadas (Figura 1) (Fundación iO, 2022). La enfermedad produce síntomas muy parecidos a la erradicada viruela generada por el virus "*Variola virus*" pero, menos graves.

El virus de la viruela símica y el virus de la viruela pertenecen a la misma familia *Poxviridae*, a la misma subfamilia *Chordopoxvirinae* y al mismo género "*Orthopoxvirus*" (Figura 2) (Wildy, 1971; ICTV, 2022b; Martín-Delgado, Martín, Martínez-Sellés, Molero, Moreno, Rodríguez-Artalejo, Ruiz-Galiana, Cantón, De Lucas, García-Botella, García-Lledó, Hernández-Sampelayo, Gómez-Pavón, González, Muñoz, Valerio, Catalán, Burillo, Cobo, Alcamí & Bouza, 2022).

Los poxvirus tienen forma ovalada, presentan una envoltura y contienen ácido desoxirribonucleico de doble hebra, pertenecen al Grupo I de la clasificación de Baltimore, y debido a ello su replicación es rápida (Wildy, 1971; ICTV, 2022;; Martín *et al.*, 2022; OMS, 2022a).



Fotografía 1. Publicación sobre el virus (Fundación iO, 2022).

Existen dos cepas distintas del virus de la viruela símica; una cepa de África occidental y una cepa de África central de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el clado de la Cuenca del Congo, es decir, el centroafricano es el más grave (un clado es un grupo de organismos que comparten un ancestro común). Aunque se estima que los cladros son localizados, es decir, se encuentran solo un tipo en una localidad, se ha detectado que en Camerún se pueden encontrar entre la población enferma los dos cladros; en cuanto a la evolución de las cepas: se estima que la viruela del mono (MPXV) es la más antigua y el virus de la viruela del mono humano (hMPXV) la más reciente (Fundación iO, 2022; Martín *et al.*, 2022; Nextstrain, 2022; OPS & OMS, 2022).

Entre los hospederos naturales del virus de la viruela símica (MPXV) podemos encontrar a las ardillas, ratas, lirones, primates entre otros más. Tiene su origen en el continente Africano y es considerada una enfermedad endémica; sin embargo, a lo largo de la historia del virus se han generado brotes fuera del continente. Si bien el MPXV se describió en 1958, no fue sino hasta 1970 cuando un niño de 9 años presentó los mismos síntomas que los primates, identificándolo como el primer caso en los seres humanos en la República Democrática del Congo, una región donde tan solo dos años atrás se había declarado erradicada la viruela (OMS, 1980; Díaz, 2011; Araujo, 2020).



Figura 1. Forma de contagio de la enfermedad viruela símica (Fundación iO, 2022).

Marfil, Liberia, Nigeria, República del Congo, Sierra Leona y Sudán del Sur. La tasa de letalidad de esta enfermedad es la más baja pero, no así la tasa de contagios, que se ha caracterizado por ser la más alta de lo habitual. La enfermedad de la viruela símica es considerada hoy como una enfermedad sobresaliente a nivel mundial ya que se ha visto, aunque de forma esporádica, puede trasladarse a otros continentes (OPS & OMS, 2022).

El año 2003 fue el escenario para el primer brote de la enfermedad fuera de suelo africano. Los Estados Unidos de América (U.S.A.) presentaron el brote debido al contacto con perros infectados, quienes fueron alojados con ratas de Gambia y lirones enanos africanos que en su momento fueron importados desde Ghana. Este brote causó un total de 70 casos en todo el país.

A partir de entonces y debido a la movilidad de las personas por su trabajo o dispersión, los brotes se han diversificado, de tal manera que existen registros en la Organización Mundial de la Salud (OMS) que revelan lo siguiente: presencia de la enfermedad en el 2018 en Israel y Reino Unido, Singapur en el 2019 y los Estados Unidos en el 2021; esto debido a personas que viajaron al continente por diversas razones. Reino Unido ha reportado casos desde el 2018 hasta el presente año de manera constante.

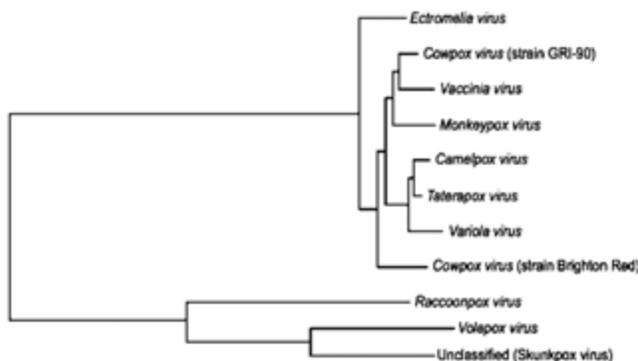


Figura 2. Parentesco de la viruela símica y la viruela (ICTV, 2022b).

### Brotos epidémicos

Desde 1970, se han localizado casos humanos del virus de la viruela símica (MPXV) en 11 países de África: Benín, Camerún, República Centroafricana, República Democrática del Congo, Gabón, Costa de

En mayo del 2022, se identificaron múltiples casos de viruela símica en varios países no endémicos. Esto no coincide con los patrones que, hasta el momento, ha presentado el virus con anterioridad, de tal manera que es un llamado a la comunidad internacional para estar alertas. La OMS y sus diversas líneas en los continentes afectados, están trabajando para mejorar la vigilancia y brindar orientación sobre cómo detener la propagación y cómo cuidar a las personas infectadas.

Por otro lado, para verificar el estado de la enfermedad (reportes oficiales), se realizaron dos consultas (5 de junio y el 5 de julio) a la página electrónica del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (“Centers for Disease Control and Prevention, CDC” – [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov)). En la primera revisión se reportaron 911 y en la segunda 6,924. Los países con casos emergentes mayores a 100 fueron Reino Unido, España y Portugal (Figura 3).

Un mes más tarde, estos mismos países incrementaron el número de casos: Reino Unido paso de 225 a 1,235; España de 186 a 1,256; Portugal de 143 a 413; en el caso de Alemania y Holanda en la primera revisión se registraron 65 y 42 casos emergentes respectivamente, sin embargo, para el 5 de julio estos datos no fueron tan conservadores, mostrando un incremento de casos totales de 1,242 para Alemania y 352 para Holanda.

Es evidente el incremento en el número de casos nuevos alrededor del planeta, al entrar a escena otros países que anteriormente no habían reportado nada, como es el caso en el continente americano, en donde Perú, Colombia, Venezuela, Brasil, Chile y Argentina hacen su aparición en el reporte del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) (Figura 4). México tampoco ha sido inmune al incremento en el número de casos emergentes por la viruela símica, el 5 junio registró un caso; sin embargo, para el 5 julio mostro un incremento de 26 casos.

**Mapa mundial del brote de viruela del mono y ortopoxvirus de 2022**



**Figura 3.** Distribución de casos emergentes a nivel mundial (Corte: 05 de junio del 2022; CDC, 2022).

**Mapa mundial del brote de viruela del mono de 2022**



**Figura 4.** Distribución de casos emergentes a nivel mundial (Corte: 05 de julio del 2022; CDC, 2022).

**¿Cómo se transmite la enfermedad?**

La transmisión de persona a persona puede producirse por contacto estrecho con secreciones de las vías respiratorias o lesiones cutáneas de una persona infectada, o bien con objetos contaminados recientemente; también puede producirse a través de la placenta de la madre al feto (lo que puede generar casos de viruela símica congénita) o después del nacimiento por contacto con algún enfermo (OMS, 2022b; 2022c).

**Signos y síntomas.** El tiempo en que el virus entra al cuerpo humano y se desarrollan los síntomas de la enfermedad (incubación) suele ser entre los 6 a 13 días, aunque puede variar dependiendo del organismo en cuestión de 5 a 21 días. Existen dos momentos de la infección por el virus (OMS, 2022b; 2022c):

- 1) Periodo de invasión, el cual puede durar de 0 a 5 días. Se caracteriza por presentar fiebre, inflamación de los ganglios linfáticos, dolor lumbar o muscular y falta de energía.
- 2) La presencia de llagas en la piel suele comenzar en el día 1 al 3 después de haber presentado fiebre. Las erupciones en la piel se presentan de manera importante en la cara, en las manos y los pies; aunque se tienen registros de afecciones en la boca, genitales y ojos. Las lesiones en la piel van cambiando de forma, primero son de bases planas, posteriormente a elevadas, se llenan de líquido claro, luego cambia a color amarillento e inicia el secado de la llagas. En casos graves, se puede desprender la piel si las lesiones se unen. El tiempo que duran los síntomas y que las personas son un riesgo de contagio es de 2 a 4 semanas, pero no olvidemos que cada persona tiene un sistema inmunológico totalmente único y la respuesta puede ser variada.

**Tratamiento.** Aunque no hay tratamientos específicos contra la infección, existen procedimientos paliativos en la atención clínica encaminados a disminuir los síntomas.

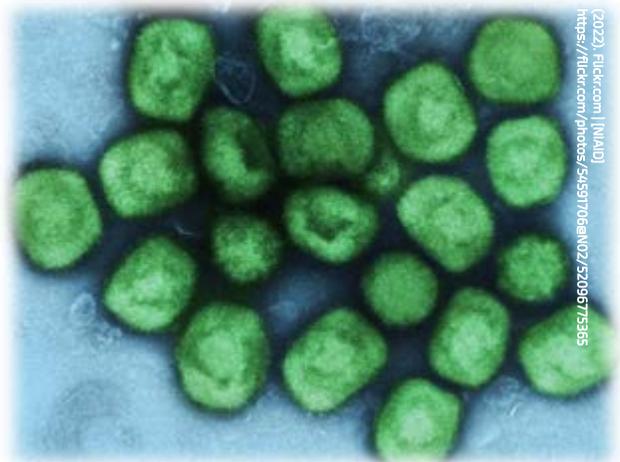
La recomendación sugerida por las autoridades de salud pública es la siguiente: ofrecer líquidos y alimentos a los pacientes para mantener un estado de nutrición adecuado; además se debe cuidar la erupción, dejando que se seque si es posible o bien cubrirla con un apósito húmedo para proteger la zona; y debe evitarse tocar cualquier llaga para no distribuirla por el cuerpo (OMS, 2022b; 2022c).

**Prevención.** La principal estrategia para prevenir más contagios de la viruela símica es sin duda alguna concientizar a la población de los factores de riesgo por el contacto interpersonal y educar a las personas de tomar medidas para reducir la exposición al virus (OMS, 2022b; 2022c).

### Relación entre la viruela símica y la viruela

Como anteriormente se explicó, aunque los virus que generan estas enfermedades pertenecen a la misma familia, subfamilia y género, son especies distintas (ICTV, 2022); por lo tanto, la enfermedad aunque muy parecidas la lesiones en la piel, la viruela símica es poco frecuente, menos fácil de transmitir y raramente letal en comparación de la viruela (Coto, 2002; Díaz, 2011).

El virus de la viruela ("*Variola virus*") fue erradicado en 1980 a nivel mundial tras una campaña de vacunación y contención, desde entonces a la fecha a nivel global se dejó de vacunar. Cabe aclarar que la viruela no es lo mismo que la varicela, esta última es originada por un herpesvirus (ICTV, 2022; OMS, 2022a).



Micrografía electrónica de transmisión coloreada de partículas del virus de la viruela del simio (verde) (NIAID, 2022).

## Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional (RSI)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó el resultado de la reunión de su Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional realizado el pasado 23 de junio del 2022 en Ginebra, Suiza; donde se trató la circunstancia de los brotes que se generaron en países diferentes al de origen, y estableció: *por el momento, no determina que el evento constituya una emergencia de salud pública de magnitud internacional*; sin embargo, precisó la importancia de dar a conocer el alcance del brote e informar las técnicas recomendadas por la OMS para evitar un mayor contagio.

Además, se afirmó que son los varones quienes han mostrado un mayor número de casos confirmados, especialmente homosexuales y bisexuales, y que el cuadro clínico suele ser atípico; de tal forma, que en la sesión presentaron el «Plan estratégico de la OMS para la contención del brote de viruela símica en varios países», el cual hace hincapié en la necesidad de concientizar y capacitar a la población afectada para adoptar comportamientos seguros y medidas de protección para ellos mismos y para el resto de la población.

Así pues, la orientación técnica propuesta es la siguiente (OMS, 2022b; 2022c):

La mejora de la vigilancia; el aislamiento de casos; la identificación y seguimiento de contactos; el fortalecimiento de las capacidades de laboratorio y de diagnóstico; la gestión clínica y las medidas de prevención y control de infecciones en los establecimientos de salud y los entornos comunitarios, incluidos los planes de atención; el compromiso con los grupos de población afectados y una comunicación eficaz para evitar la estigmatización; y unos planes de atención sólidos, incluido el uso de contramedidas

médicas dentro de marcos de investigación colaborativa, utilizando herramientas normalizadas de recopilación de datos para mejorar rápidamente la obtención de pruebas sobre la eficacia y seguridad de esos productos.

## Conclusiones

La viruela símica (MPXV) es una enfermedad transmitida de los animales a los seres humanos, pero, el actual brote, hace patente que una vez que se establece en los humanos, son ellos mismos quienes pueden contagiar a más personas (hMPXV). Aun cuando esta enfermedad ha sido considerada como endémica, lo cierto es que desde mayo hasta el 6 de julio del 2022, el número de casos emergente ha llamado la atención de las autoridades sanitarias internacionales por su incremento, en tan solo un mes de diferencia.

Entre la población general se ha suscitado un momento de desazón debido al término viruela, que si bien, es pariente cercano del virus "*Variola*" el cual es responsable de la enfermedad de la viruela y que tan solo en el siglo anterior causo la muerte a más de 50 mil personas en el mundo (OMS, 2022a); lo cierto es que, es menos frecuente el contagio y con menos impacto en cuanto a mortandad se refiere. Sin embargo, en tan solo un mes (5 de junio al 5 de julio del 2022) los casos emergentes de viruela símica (MPXV) a nivel internacional de se han incrementado de acuerdo con el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades ("CDC" por sus siglas en inglés) en 6,013 casos nuevos, razón por la cual el Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) se ha visto en la necesidad de realizar una reunión y acciones, con el objetivo de dar a conocer el alcance del brote, las medidas de salud pública y las recomendaciones a los grupos vulnerables.

## Referencias

- Araujo Soto, A.T.** (2020). La viruela a 40 años de su erradicación. *Elementos*, 119: 3–9. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/0000005449.pdf>
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention).** (2022, June 05). 2022-2023 Mpox Outbreak Global Map. *CDC Archive – CDC* [Web]. Consulted in [www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/response/2022/world-map.html](http://www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/response/2022/world-map.html)
- Coto, C.E.** (2002). La viruela: peste del pasado, amenaza del presente. *Química Viva*, 1(1): 5–14. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86310102.pdf>
- Díaz Cárdenas, O.** (2011). La viruela y el hombre: más allá del humanismo médico. *Dendra Médica, Revista de humanidades*, 10(1): 21–39. [https://www.dendramedica.es/revista/v10n1/La\\_viruela\\_y\\_el\\_hombre.pdf](https://www.dendramedica.es/revista/v10n1/La_viruela_y_el_hombre.pdf)
- Fundación iO.** (2022, junio 08). Virus Monkeypox. *Mpox (Monkeypox) – Fundación iO* [Web]. Consultado en <https://fundacionio.com/salud-io/enfermedades/virus/monkeypox/>
- ICTV (International Committee on Taxonomy of Viruses).** (2022a, June 11). Virus Taxonomy: The ICTV Report on Virus Classification and Taxon Nomenclature. *ICTV* [Web]. Consulted in <https://ictv.global/report/about>
- ICTV (International Committee on Taxonomy of Viruses).** (2022b, June 11). Current ICTV Taxonomy Release: Taxonomy Browser. *ICTV* [Web]. Consulted in <https://ictv.global/taxonomy>
- Martín-Delgado, M.C.; Martín Sánchez, F.J.; Martínez-Sellés, M.; Molero García, J.M.; Moreno Guillen, S.; Rodríguez-Artalejo, F.; Ruiz-Galiana, J.; Cantón, R.; De Lucas Ramos, P.; García-Botella, A.; García-Lledó, A.; Hernández-Sampelayo, T.; Gómez-Pavón, J.; González del Castillo, J.; Muñoz, P.; Valerio, M.; Catalán, P.; Burillo, A.; Cobo, A.; Alcamí, A. & Bouza, E.** (2022). Monkeypox in humans: a new outbreak. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(6): 509–518. <http://www.doi.org/10.37201/req/059.2022>
- Nextstrain.** (2022, July 05). Genomic epidemiology of mpox clade IIb viruses. *Nextstrain – Real-time tracking of pathogen evolution* [Web]. Consulted in <https://nextstrain.org/mpox/clade>
- NIAID (National Institute of Allergy and Infectious Diseases).** (2022, May 24). *Colorized transmission electron micrograph of monkeypox virus particles (green) cultivated and purified from cell culture* [Image from Flickr by NIAID]. Integrated Research Facility (IRF), NIAID. <https://flickr.com/photos/54591706@N02/52096775365>
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** (1980). *La erradicación mundial de la viruela: Informe final de la Comisión Mundial para la Certificación de la Erradicación de la Viruela (Ginebra 1979)* (Historia de la Salud Pública Internacional #4; p. 131). Switzerland (Suiza): Autor. ISBN 92 4 356065 4. Recuperado el 01 de junio del 2022, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39259/9243560654.pdf;jsessionid=7312A669AAC1887BFDE3D559BA51B76F?sequence=1>
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** (2022a). Viruela símica (mpox). *Notas descriptivas (Detalle / Viruela símica) – OMS* [Web]. Consultado el 04 de julio del 2022, en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/monkeypox>
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** (2022b, junio). Consejos de salud pública para homosexuales, bisexuales y otros hombres que tienen relaciones sexuales con hombres acerca del reciente brote de viruela símica (Documento técnico; p. 4). *Publicaciones (Visión de conjunto) – OMS* [Web]. Consultado el 04 de julio del 2022, en <https://www.who.int/es/publications/m/item/monkeypox-public-health-advice-for-men-who-have-sex-with-men>
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** (2022c, junio 25). Reunión del Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional (2005) sobre el brote de viruela símica en varios países. *Comunicados de prensa (Lindmeier, C.) – OMS* [Web]. Consultado el 03 de julio del 2022, en [https://www.who.int/es/news/item/25-06-2022-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee--regarding-the-multi-country-monkeypox-outbreak](https://www.who.int/es/news/item/25-06-2022-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee--regarding-the-multi-country-monkeypox-outbreak)

**OPS (Organización Panamericana de la Salud) & OMS (Organización Mundial de la Salud).** (2022, mayo 20). Alerta epidemiológica: viruela símica en países no endémicos. *Documentos (Alerta epidemiológica: viruela símica...)* – OPS Oficina Regional para las Américas de la OMS [Web]. Consultado el 04 de julio del 2022, en <https://acortar.link/l2mOGD>

**Wildy, P.** (1971). *Monographs in virology: Classification and nomenclature of viruses* (First report of the International Committee on Nomenclature of Viruses 'ICTV'; Vol. 5). S. Karger AG, Switzerland. ISBN print: 978-3-8055-1196-4; ISBN electronic: 978-3-318-04027-2.



**ESTUDIANTE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA EN PRÁCTICA DE CAMPO COMO PARTE DE LA ASIGNATURA «ALGAS Y BRIOFITAS»  
EN LAS INSTALACIONES DE LA DACBiol.**

**División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).  
Villahermosa, Tabasco; México.**

*Fotografía: cortesía de Ma. Guadalupe Rivas Acuña.*

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol

**EJEMPLAR DE MACULÍS *Tabebuia roseae* (Bertol.) Bertero ex A.D.C.; UBICADO FRENTE AL EDIFICIO 'C' Y PARTE DE LOS JARDINES DE LA DACBiol.**

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).  
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez



**KUXULKAB'**

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

+52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com

www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.  
Villahermosa, Tabasco. México.

