



# KUXULKAB'

## -Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 27

Número 59

Septiembre-Diciembre 2021

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
División Académica de Ciencias Biológicas

Lagunas de Estabilización

DABCI

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

1 FIN DE LA POBREZA	2 HAMBRE CERO	3 SALUD Y BIENESTAR	4 EDUCACIÓN DE CALIDAD	5 IGUALDAD DE GÉNERO
6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO	7 ENERGÍA ASESIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES
16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS			

R Console

```
> x=seq(from=1, to=10, by=1)
> y=exp(x)
> plot(x,y)
> summary(cars)
      speed      dist
Min.   : 4.0    Min.   : 2.00
1st Qu.:12.0    1st Qu.: 26.00
Median :15.0    Median : 36.00
Mean   :15.4    Mean   : 42.98
3rd Qu.:19.0    3rd Qu.: 56.00
Max.   :25.0    Max.   :120.00
```

APUNTES DE LA FLORA DE TABASCO

### Hymenocallis littoralis

#### La pureza del pantano

La azucena, *Hymenocallis littoralis* (Lam.) J. Sainz, perteneciente a la familia Amaryllidaceae, es una de las 32 especies del género *Hymenocallis* que se distribuyen en México. Este género fue propuesto por el inglés Richard Anthony Salisbury (o Markham) en 1912 agrupando varias especies previamente ubicadas dentro del género *Panicum* eligiendo a *H. littoralis* precisamente como tipo nomenclatural del género. Este nombre se deriva de las palabras griegas *hymen* (membrana), y *littalis* (bajo), "harmoso", aludiendo a la corona estaminal que caracteriza al grupo y el epíteto *littoralis*, por el hábitat característico de la especie, del litoral, cerca de la costa. En su área de distribución se le conoce por varios nombres que hacen referencia a la forma de la flor o de la corona que une los filamentos, como: *lággrima* (Veracruz), *azucena*, *lirio* o *lirio mangosta* (Campeche y Tabasco), *lirio del río* o *lirio blanco* (Chiapas) y *vir-bil-tzon* (Campeche).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La azucena es una planta herbácea subacuática que puede llegar a crecer unos 70 cm de alto, con bulbos ovoides, de 4.5-7 cm de diámetro y raíces carnosas. Sus hojas son simples, lineares, de 50 a 70 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho, con el ápice agudo. La inflorescencia contiene de 8-15 flores, sobre un largo escapo de alrededor de entre 50 y 70 cm y brácteas de hasta 5 cm de largo. Flores blancas, sépalos; lóbulos del perianto subiguales, agudos, de 2 cm de largo, el tubo

de 15-17 (20) cm de largo, verde, la corona estaminal de entre 2 y 3 cm de largo, los lóbulos de la corona estaminal triangulares, la porción libre de los filamentos de alrededor de 5 cm de largo, blanco sólo en la base, verde en la parte apical, las anteras lineares, de unos 2 cm de largo, el estilo linear, blanco-verdoso, de 24 cm de largo, fruto de 1.8-2.3 cm de largo, 1-1.5 cm de diámetro.

APUNTES DE LA FLORA DE TABASCO

### Indigofera suffruticosa

#### El azul de México

Indigofera *suffruticosa* es una planta que se llama así por su color azul. Esta planta es originaria de México y se encuentra en los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Esta planta es muy utilizada para la producción de índigo, un colorante natural que se utiliza en la industria textil. El índigo es un colorante que se obtiene de la planta *Indigofera suffruticosa*. Esta planta es muy resistente a las plagas y enfermedades, lo que la hace muy adecuada para la producción de índigo. El índigo es un colorante que se obtiene de la planta *Indigofera suffruticosa*. Esta planta es muy resistente a las plagas y enfermedades, lo que la hace muy adecuada para la producción de índigo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Indigofera *suffruticosa* es una planta perenne, erecta, de 3 m de alto, ramificada, con tallos estrados y pubescentes. Hojas alternas, imparipinnadas, de 13 (17) lóbulos, opuestas, con el estípulo, base alterada y ápice agudo. Las brácteas son ovadas, estípulas grandes, ovadas, pubescentes, inflorescencias axilares compuestas, inflorescencias axilares. Flores de hasta 5 mm de largo, corolabiales, color rojo a salmón, 10 estambines unidos y 1 libre. Frutos legumí-



**EJEMPLAR DE GUACAMAYA VERDE ('*Ara militaris*'): PROGRAMA DE RESGUARDO, PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN LA UMA DE PSITÁCIDOS.**

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

Fotografía: Jesús Ramírez.



# UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

ISSN 2448-508X

## DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio  
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez  
Secretaria 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. Arturo Enrique Sánchez Maglioni  
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez  
Coordinador 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 Zárate

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 †

Biól. José Francisco Juárez López

Est. Biól. Gloria Cecilia Arecha Soler

Est. G.A. Diana Cecilia Velázquez Leyva

Est. I.A. José Manuel Ramírez Cruz

Apoyo técnico

## CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Lilia María Gama Campillo

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT - México

Dr. Roberto Carlos González Fócil

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

# 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:

La investigación *in vitro*, el análisis de temas y la planta del mes.

## Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

## Fotografías de:

Imágenes obtenidas de textos aquí publicados, así como, expuestos en diversos medios (internet por ejemplo).

KUXULKAB', año 27, No. 59, septiembre-diciembre 2021; 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: 06 de septiembre de 2021.

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:

Esperando se encuentren bien, en esta ocasión nos dirigimos para presentar el tercer número de **Kuxulkab'** para este año; dando muestra de que seguimos trabajando para recuperarnos y seguir reforzando esfuerzos para mantener nuestra presencia. Este número, en esta ocasión, cuenta con cuatro aportaciones donde, conoceremos la importancia de la investigación tanto experimental como de gabinete. Es importante recalcar, la presencia de una aportación de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa; así como otra proveniente de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA), campus universitario de nuestra UJAT; a quienes le brindamos una fraterna bienvenida.

En constancia a nuestra forma de trabajo, proporcionamos una breve sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**¿Es importante monitorear la presenencia de metales pesados en lagunas de Sinaloa utilizando moluscos bivaldos?**»; escrito donde se proporcionan datos relacionados al uso de bivaldos como bio-monitores para determinar la presencia y concentraciones de metales en lagunas costeras impactadas principalmente por descargas agrícolas.

«**Efectos del pH y temperatura en lagunas de estabilización de un campus universitario**», aportación donde se expone el resultado del monitoreo y evaluación de las lagunas de estabilización utilizadas en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL) de la UJAT.

«**El análisis de datos de COVID-19: un incentivo para el desarrollo de herramientas con 'R'**»; participación donde los autores, muestran el apoyo que el programa 'R' brinda en el manejo de información, particularmente, lo relacionado a la actual pandemia; todo con la finalidad de motivar el uso de este software.

«**Red universitaria en pro de la educación para la construcción sustentable: un compromiso socio-profesional**»; texto donde se hace la comprensión y discusión respecto a la sustentabilidad así como de la educación ambiental; dando parte a la propuesta de conformar una red con compromiso académico dirigido a la arquitectura sustentable en Tabasco.

Por otro lado, continuamos con nuestra sección «**Apuntes de la flora de Tabasco**», donde se expone información taxonómica, etimología, descripción morfológica, nombres comunes y datos generales sobre especies presentes en el estado de Tabasco. Este esfuerzo, forma parte del apoyo de nuestros colaboradores en la generación de conocimiento científico para la sociedad.

Como siempre, 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

## **¿ES IMPORTANTE MONITOREAR LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LAGUNAS DE SINALOA UTILIZANDO MOLUSCOS BIVALVOS? 05-18**

IS IT IMPORTANT TO MONITOR THE PRESENCE OF HEAVY METALS IN SINALOA LAGOONS USING BIVALVE MOLLUSKS?

Carlos Humberto Sepúlveda, María Isabel Sotelo Gonzalez, Manuel García Ulloa, Andrés Martín Góngora Gómez, Martín Gabriel Frías Espericueta, Rebeca Sánchez Cárdenas & Carmen Cristina Osuna Martínez

## **EFFECTOS DEL pH Y TEMPERATURA EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE UN CAMPUS UNIVERSITARIO 19-29**

THE pH AND TEMPERATURE EFFECTS IN STABILIZATION PONDS AT A UNIVERSITY CAMPUS

Jennifer Guzmán Pérez, Citlali Vianey Cruz Hernández, Pamela Torres Castro, Verónica Isidra Domínguez Rodríguez, Randy Howard Adams Schroeder, Eduardo Baltierra Trejo & Rodolfo Gómez Cruz

## **EL ANÁLISIS DE DATOS DE COVID-19: UN INCENTIVO PARA EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS CON R 31-44**

COVID-19 DATA ANALYSIS: AN INCENTIVE FOR TOOL DEVELOPMENT WITH R

Sergio Ramos Herrera & Jesús Manuel Carrera Velueta

## **RED UNIVERSITARIA EN PRO DE LA EDUCACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE: UN COMPROMISO SOCIO-PROFESIONAL 45-62**

UNIVERSITY NETWORK IN FAVOR OF EDUCATION FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION: A SOCIO-PROFESSIONAL COMMITMENT

Marcela Zurita Macías Valadez

### **Apuntes de la flora de Tabasco:**

#### **'*Hymenocallis littoralis*' (Jacq.) Salisb.; LA PUREZA DEL PANTANO 63-65**

'*Hymenocallis littoralis*' (Jacq.) Salisb.; THE PURITY OF THE SWAMP

Ricardo Cobos Hernández, Nelly del Carmen Jiménez Pérez, María de los Ángeles Guadarrama Olivera, Mariana Ortiz Guadarrama & Mauricio Labastida Astudillo

#### **'*Indigofera suffruticosa*'; EL AZUL DE MÉXICO 67-69**

'*Indigofera suffruticosa*'; THE BLUE OF MEXICO

Nelly del Carmen Jiménez Pérez, Eduardo Javier Moguel Ordóñez, María de los Ángeles Guadarrama Olivera, Mariana Ortiz Guadarrama & Mauricio Labastida Astudillo





## ¿ES IMPORTANTE MONITOREAR LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LAGUNAS DE SINALOA UTILIZANDO MOLUSCOS BIVALVOS?

### IS IT IMPORTANT TO MONITOR THE PRESENCE OF HEAVY METALS IN SINALOA LAGOONS USING BIVALVE MOLLUSKS?

Carlos Humberto Sepúlveda<sup>1✉</sup>, María Isabel Sotelo Gonzalez<sup>2</sup>, Manuel García Ulloa<sup>3</sup>, Andrés Martín Góngora Gómez<sup>4</sup>, Martín Gabriel Frías Espericueta<sup>5</sup>, Rebeca Sánchez Cárdenas<sup>6</sup> & Carmen Cristina Osuna Martínez<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Biólogo por la Universidad de Occidente (UdeO); Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente (RNMA) por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR); estudiante del Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos de la Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). <sup>2</sup>Bióloga por la UdeO; Maestra en RNMA-CIIDIR; estudiante del Doctorado en Ciencias (FACIMAR-UAS). <sup>3</sup>Biólogo por la Universidad Autónoma de Guadalajara; Maestro en Ciencias (acuacultura) por la Universidad de Gante, Bélgica; Doctor en Ciencias Pecuarías por la Universidad de Colima. <sup>4</sup>Biólogo por la Universidad Autónoma de Yucatán; Maestro en Ingeniería Bioquímica por el Instituto Tecnológico de Mérida; Doctor en Biotecnología Acuícola por la UAS. <sup>5</sup>Ingeniero Pesquero por la Universidad Autónoma de Nayarit; Maestro y Doctor en Ciencias (biología marina) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <sup>6</sup>Bióloga pesquera por la FACIMAR; Maestra en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos y Doctora en Ciencias Marinas por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). <sup>7</sup>Bióloga acuicultor por la FACIMAR; Maestra y Doctora en Ciencias (biología marina) por la UNAM.

Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR); Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS); Av. de los Deportes S/N, Ciudad Universitaria; C.P. 82017. Mazatlán, Sinaloa; México.

✉ carloshumberto\_facimar@uas.edu.mx

<sup>1</sup> 0000-0003-4400-4559 <sup>2</sup> 0000-0003-3159-8255 <sup>3</sup> 0000-0001-5357-8891  
<sup>4</sup> 0000-0001-8613-5480 <sup>5</sup> 0000-0002-3729-1986 <sup>6</sup> 0000-0001-9568-8775  
<sup>7</sup> 0000-0003-4934-5790

#### Como referenciar:

Sepúlveda, C.H.; Sotelo Gonzalez, M.I.; García Ulloa, M.; Góngora Gómez, A.M.; Frías Espericueta, M.G.; Sánchez Cárdenas, R. & Osuna Martínez, C.C. (2021). ¿Es importante monitorear la presencia de metales pesados en lagunas de Sinaloa utilizando moluscos bivalvos?. *Kuxulkab'*, 27(59): 05-18, septiembre-diciembre. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n59.3877>

#### Disponible en:

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

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a27n59.3877>

#### Resumen

Los bivalvos se identifican como los mejores bio-monitores del medio acuático. En Sinaloa, son utilizados para evaluar el impacto de las actividades humanas sobre las lagunas costeras, donde se han reportado altas concentraciones de metales pesados (MP), atribuidos en su mayoría a los agroquímicos utilizados por la intensa agricultura tecnificada. Cuando los niveles de MP en el tejido de los organismos son altos, pueden causar efectos negativos en su metabolismo, fisiología y bioquímica, pero, además, constituyen un riesgo para la salud pública al ser destinados para consumo humano. Por lo anterior, es importante la implementación de un programa continuo de bio-monitoreo ambiental en el estado, que incluya la determinación de MP en el agua costera-marina, los sedimentos y en los organismos que conforman los diferentes niveles tróficos. La información obtenida de dicho programa se utilizaría para generar planes de prevención y mitigación de la contaminación en las costas sinaloenses.

**Palabras clave:** Moluscos; Actividad agrícola; Bio-acumulación; Agroquímicos; Riesgo a la salud humana.

#### Abstract

Bivalves are identified as the best bio-monitors in the aquatic environment. In Sinaloa, they are used to evaluate the impact of human activities on coastal lagoons, where high concentrations of heavy metals (HM) have been reported, mostly attributed to the agrochemicals used by intense technical agriculture. When the levels of MP in the tissue of organisms are high, they can cause negative effects on their metabolism, physiology and biochemistry, but, in addition, they constitute a risk to public health as they are destined for human consumption. Therefore, it is important to implement a continuous environmental bio-monitoring program in the state, which includes the determination of HM in coastal-marine water, sediments and in the organisms that make up the different trophic levels. The information obtained with this program would be used to generate pollution prevention and mitigation plans on the coasts of Sinaloa.

**Keywords:** Mollusks; Agricultural activity; Bio-accumulation; Agrochemicals; Risk to human health.

En las últimas décadas, la agricultura altamente tecnificada se ha posicionado entre las actividades más productivas e importantes de México, especialmente en estados del noroeste, como Sinaloa; dicha actividad aporta insumos esenciales al sector alimenticio y es fundamental para la economía de la región y del país (Martínez, Romano, Cuadras & Ortega, 2019). Sin embargo, lo anterior tiene repercusiones ecológicas por la gran cantidad de agroquímicos que deben ser utilizados para mantener los constantes y altos volúmenes de cosecha. Los agroquímicos formulados con metales pesados (MP, elementos potencialmente tóxicos) son aplicados tanto en invernaderos como en parcelas a cielo abierto, pero invariablemente, una gran cantidad de ellos terminan siendo transportados hasta los cuerpos de agua localizados en las zonas costeras por deposición directa, escorrentías y lluvias (Soto-Jiménez, Páez-Osuna & Ruiz-Fernández, 2003). Cuando los MP rebasan niveles aceptables en el ambiente y los organismos, se convierten en fuente de contaminación.

Lo anterior está bien documentado en lagunas costeras de Sinaloa (zonas de crianza y alimentación para especies biológicas de interés comercial), donde, debido al uso de agroquímicos en una amplia variedad de cultivos (Carvalho, Fowler, Gonzalez-Farias, Mee & Readman, 1996; Ortíz, Avila-Chávez & Torres, 2013), se han acumulado MP en los sedimentos, el agua y los organismos. Entre estos últimos, los bivalvos (invertebrados cuyo cuerpo blando está contenido entre dos valvas) adquieren relevante importancia como bio-monitores del estado general de ecosistemas costeros, al ser uno de los mejores bio-acumuladores de MP.

No obstante, la tendencia en el uso de agroquímicos indica que seguirán siendo utilizados, e incluso, aumentarán sus dosis de aplicación para mejorar la fertilidad de los suelos y combatir la resistencia de los patógenos (García-Gutiérrez & Rodríguez-Meza, 2012). El panorama a corto y mediano plazo vislumbra a nuestros ecosistemas soportando fuertes cargas de agroquímicos a medida que la población se incrementa y la demanda de alimentos excede la capacidad de producción de las tierras agrícolas (Stewart, Dibb, Johnston & Smyth, 2005).

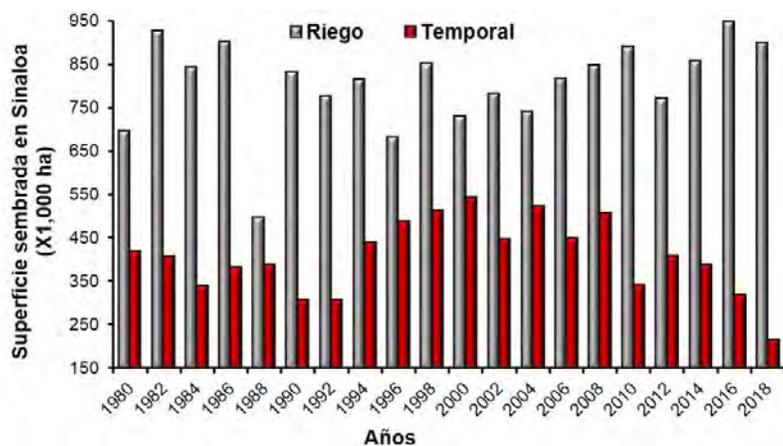
Por lo tanto, el objetivo del presente escrito es proporcionar información científica relacionada al uso de bivalvos como bio-monitores para determinar las concentraciones de metales pesados (MP) presentes en las lagunas costeras de Sinaloa, impactadas mayormente por las descargas agrícolas.

### El cultivo en el Estado

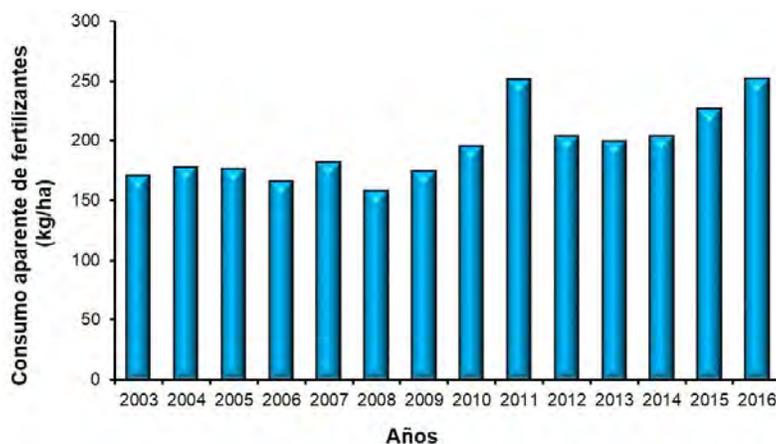
De acuerdo con el último ciclo agrícola (2018-2019) reportado por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Sinaloa se ubicó en el tercer lugar de producción de alimentos, después de Jalisco y Veracruz. En dicho ciclo productivo, Sinaloa cultivó 1,117,703 hectáreas (ha) que, en su mayoría, fueron irrigadas (83 %); mientras que el resto dependió de las lluvias (gráfica 1). Derivado de lo anterior, se obtuvo una producción de 12,157,641 toneladas (t) de alimentos con un valor de 54,765 millones de pesos (1.53 % más que en el ciclo 2017-2018). Los principales cultivos fueron el maíz, tomate, frijol, chile, pepino, trigo, garbanzo, papa, calabaza, mango, melón y sandía (SIAP, 2019).

«El bio-monitoreo se define como una técnica científica que evalúa los impactos ambientales, incluyendo la exposición humana a sustancias químicas naturales y sintéticas, con base en el muestreo y análisis de un grupo de individuos»

Zhou, Zhang, Fu, Shi & Jiag (2008)



Gráfica 1. Superficie agrícola (X1,000 ha) sembrada con base en el aporte de agua en Sinaloa. Datos del SIAP (2019).



Gráfica 2. Consumo aparente de fertilizantes en México (kg/ha). Datos del SIAP (2018).

Los municipios agrícolas más importantes del estado de Sinaloa son Culiacán, Ahome, Guasave, Sinaloa de Leyva y Navolato; ya que aportan el 75 % del total de la producción del Estado (SIAP, 2019). No obstante, durante las últimas dos décadas, los cultivos han presentado una serie de problemas, entre los que destacan, las condiciones climáticas (Flores, Arzola-González, Ramírez-Soto & Osorio-Pérez, 2012), la disminución del recurso hídrico (Peinado, Peinado, Campista, Delgado, 2015) y las plagas (Félix-Gastélum, Lizárraga-Sánchez, Maldonado-Mendoza, Leyva-Madrigal, Herrera-Rodríguez & Espinoza-Matías, 2018; Melgoza, León, López, Hernández, Velarde & Garzón, 2018).

Con la finalidad de aumentar la productividad de los cultivos y contrarrestar los patógenos, se aplican altas cantidades de agroquímicos a los cultivos, de los cuales, algunos son formulados con metales pesados 'MP' (metales esenciales, metales no esenciales y metaloides o semimetales) (Ortíz *et al.*, 2013; Rodríguez, Alcalá, Hernández, Rodríguez, Ruiz, García & Díaz, 2014; Defarge, Spiroux de Vendômois & Séralini, 2018).

### Fertilizantes orgánicos e inorgánicos

Estos son componentes elementales en la producción mundial de alimentos, ya que el rendimiento de los cultivos por hectárea puede, a menudo, duplicarse o triplicarse cuando estos compuestos son aplicados. Existen diferentes tipos de fertilizantes, pero destacan principalmente los nitrogenados, fosfatados y potásicos (García-Salazar, Borja-Bravo & Rodríguez-Licea, 2018). Se aplican de tres formas (Parra, Ramírez, Lobo, Subero & Sequera, 2011):

- 1) incorporación al suelo o radicular (directamente a la base de la planta);
- 2) foliar (en forma similar a la lluvia y son absorbidos por las hojas); y
- 3) fertirrigación (disolución del fertilizante en el agua de riego).

En 2016, se aplicaron en México 5,535,813 t para fertilizar una superficie de 21,938,184 ha, con una dosis promedio (cociente del consumo aparente de fertilizantes, sobre la superficie nacional que los utiliza) de 252 kg/ha (gráfica 2). Sin embargo, en los campos agrícolas de Sinaloa se reportaron dosis excesivas (367 kg/ha) en los cultivos de maíz blanco (Ibarra & Miranda, 2012), es decir, 46.8 % más de lo recomendado (INIFAP, 2010).

Los fertilizantes y abonos orgánicos son formulados con metales esenciales (metales requeridos en el ciclo de vida de los organismos, su ausencia produce síntomas de deficiencia que solo se alivian con ese metal, como es el caso del hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B) y molibdeno (Mo) que ayudan en la nutrición de las plantas. Sin embargo, también contienen metales no esenciales como

**Tabla 1.** Ejemplos de agroquímicos con metales pesados.

Agroquímicos	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo	Hg	Cd	Pb	Se	As
Sulfato ferroso	X	X	X	X	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sulfato de cobre	NE	X	NE								
Nitrato de zinc	X	X	X	NE							
Sulfato de zinc	X	X	X	NE							
Sulfato de manganeso	X	X	NE	X	NE						
Bórax	X	X	X	X	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Molibdato de sodio	X	X	X	X	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE
Bayfolan	X	X	X	X	X	X	NE	NE	NE	NE	NE
Selenito	NE	X	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
Selenato	NE	X	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
Lombricomposta	X	X	NE	X	NE	NE	NE	X	X	NE	X
Composta	X	X	X	X	NE	NE	NE	X	X	NE	X
Nitrato chileno	NE	X	X	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	X
Roca fosfórica	NE	X	X	NE	X						
Urea	X	X	X	X	X	X	NE	NE	X	NE	NE
Nitrato de calcio	X	X	X	X	X	X	NE	NE	X	NE	NE
Fosfato di-amónico	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	X	X	NE	X
Superfosfato triple	NE	X	NE	NE	NE	NE	X	X	X	NE	X
Mancozeb	NE	NE	X	X	NE						

Clave: NE= No Especificado.

el mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb) y metaloides tal como el selenio (Se) y arsénico (As) que, en ciertas dosis, pueden afectar el crecimiento de las plantas (tabla 1) (Raven & Loeppert, 1997; Otero, Vitòria, Soler & Canals, 2005; Sabiha-Javied, Mehmood, Chaudhry, Tufail & Irfan, 2009; Rodríguez *et al.*, 2014; Luo, Yao, Tan, Li, Qing & Yang, 2020). Algunos de estos metales no esenciales y metaloides son considerados por la Organización Mundial de la Salud como los más tóxicos y perjudiciales para la salud pública (WHO, 2010).

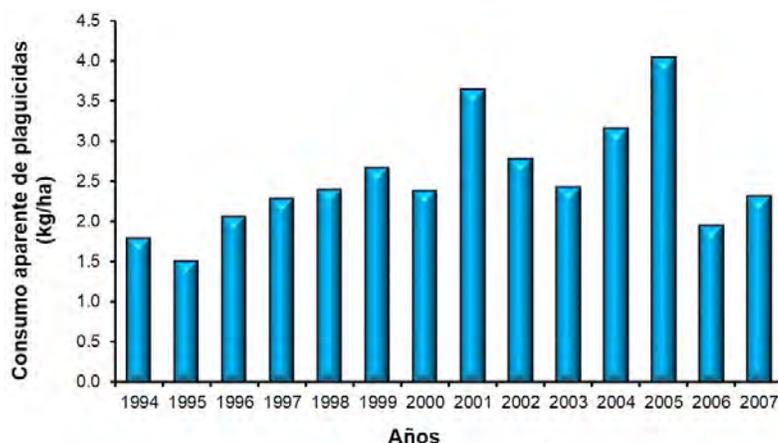
### Plaguicidas

Los plaguicidas son los productos industriales de mayor demanda en la agricultura; se aplican de manera intensiva para matar o controlar las plagas que afectan la producción de los cultivos (Martínez, *et al.*, 2019). En Sinaloa, los fungicidas, herbicidas e insecticidas son utilizados en dosis altas para cultivar tomate, chile, pepino y maíz (Leyva, García, Bastidas, Astorga, Bejarano, Cruz, Martínez & Betancourt, 2014).

Los plaguicidas se clasifican en organoclorados (más tóxicos y persistentes), organofosforados, carbamatos y piretroides (Martínez-Valenzuela & Gómez-Arroyo, 2007). Se aplican por aspersión (con equipos y maquinaria agrícola) en la pre-siembra o como estrategia de post-emergencia, cuando se presentan plagas (García-de la Parra, Cervantes-Mojica, González-Valdivia, Martínez-Cordero, Aguilar-Zárate, Bastidas-Bastidas & Betancourt-Lozano, 2012).

El consumo aparente de plaguicidas en México para 2007 fue de 50,270 t, y se aplicó en una superficie de 21,733,230 ha, con una dosis promedio de 2.31 kg/ha (gráfica 3). Aunque se menciona que, en los últimos años, el uso de los plaguicidas se ha incrementado (Garza-González & Cervantes-Hernández, 2015), los datos de las importaciones y exportaciones de dichos productos no se encuentran documentados o no se encuentran disponibles al público desde 2008 (SEMARNAT, 2016), por lo que el consumo aparente de plaguicidas actual no puede ser adecuadamente calculado.

Específicamente en Culiacán (una de las regiones agrícolas más tecnificadas de Sinaloa), la aplicación de plaguicidas durante el ciclo agrícola 1997-1998, alcanzó hasta los 54.5 kg/ha (Karam, 2002).



Gráfica 3. Consumo aparente de plaguicidas en México (kg/ha). Datos del SEMARNAT (2016).

Es importante recordar que, en México, se utilizan 111 plaguicidas prohibidos en otros países (Gómez-Arroyo, Martínez-Valenzuela, Calvo-González, Villalobos-Pietrini, Waliszewski, Calderón-Segura, Martínez-Arroyo, Félix-Gastélum & Lagarda-Escarrega, 2013; Castillo, 2019). Además, existe el problema de la recolección, tratamiento y disposición final (fotografía 1) de más de 250 t anuales de envases vacíos de plaguicidas, que se está tratando de solucionar a través del programa <Campo Limpio> del estado de Sinaloa. En dicho programa operan cinco centros de acopio: El Carrizo, Valle del Evora, Culiacán, La Cruz y Piaxtla (AARC, 2012).



Fotografía 1. Envases de agroquímicos en un campo agrícola y canal de riego en Guasave, Sinaloa.

Los plaguicidas están compuestos por ingredientes activos y, en la mayoría de sus formulaciones, existe la presencia de elementos tóxicos, en particular, el As, Cu, Hg y Pb, que, históricamente, se han utilizado como plaguicidas para el tratamiento de las semillas y para inhibir el desarrollo de patógenos (Li, Ye, Wang, Wang, Yang, Zheng, Sun & Gao, 2016; Defarge *et al.*, 2018).

Los MP que no son absorbidos por las plantas ni incorporados en los suelos agrícolas, se liberan al ambiente y uno de los destinos finales son las lagunas costeras (cuerpos receptores), a donde pueden llegar por medio del transporte atmosférico, los sistemas de riego y las escorrentías superficiales (Pandey, Shubhashish & Pandey, 2009; García-Gutiérrez & Rodríguez-Meza). Estos contaminantes tóxicos se caracterizan por su persistencia, bio-acumulación y bio-magnificación a través de la trama trófica, hasta los humanos (Burioli, Squadrone, Stella, Fogliani, Abete & Prearo, 2017).

### Bio-monitores

El bio-monitoreo costero surgió en los años setenta (siglo XX) con el programa "Mussel Watch", en los Estados Unidos de Norteamérica. El bio-monitoreo se define como una técnica científica que evalúa los impactos ambientales, incluyendo la exposición humana a sustancias químicas naturales y sintéticas, con base en el muestreo y análisis de un grupo de individuos (Zhou, Zhang, Fu, Shi & Jiang, 2008).

Aunque se han utilizado diferentes grupos de organismos acuáticos (fitoplancton, macroalgas, pastos marinos, poliquetos, moluscos, crustáceos, peces, reptiles, aves y mamíferos marinos) para bio-monitorear la contaminación de metales pesados (MP) en las lagunas costeras mexicanas (Ruelas-Inzunza & Páez-Osuna, 2004; Ley-Quiñónez, Zavala-Norzagaray, Espinosa-Carreón, Peckham, Marquez-Herrera, Campos-Villegas & Aguirre, 2011; Páez-Osuna & Osuna-Martínez, 2011), los bivalvos (clase taxonómica de los moluscos) se identifican como uno de los mejores bio-monitores, ya que pueden bio-acumular los MP en sus tejidos, provenientes de su alimento, del agua y de los sedimentos, a concentraciones que exceden las de su entorno (Jonathan, Muñoz-Sevilla, Góngora-Gómez, Luna, Sujitha, Escobedo-Urías, Rodríguez-Espinosa & Campos, 2017).

Los bio-monitores también pueden usarse para producir una medida relativa de la cantidad total de contaminantes en el medio ambiente integrados durante un período

de tiempo (Hatje, 2016). Lo anterior sucede porque estos invertebrados presentan características ideales, como es la alimentación por filtración, distribución cosmopolita, vida sésil/sedentaria, abundancia, longevidad, disponibilidad durante todo el año, facilidad de muestreo e identificación (Zhou *et al.*, 2008). La tabla 2 muestra algunos estudios que confirman la presencia de MP en costas de Sinaloa y el uso de diferentes especies de bivalvos como bio-monitores (ostiones, mejillones, almejas) y una especie de callo de hacha con características potenciales para utilizarse como bio-monitor.

Con el paso del tiempo, puede observarse que la concentración de algunos MP bio-acumulados por bivalvos (principalmente en ostiones) en diferentes localidades costeras de Sinaloa, se ha incrementado. Por ejemplo, en el año 1987, en la laguna de Urías, Mazatlán, el ostión de placer '*Crassostrea corteziensis*' presentó concentraciones promedio de Cu, Zn, Pb y Cd de 53.8, 1068, 1.8 y 0.4 mg/kg, respectivamente (Páez-Osuna, Izaguirre-Fierro, Godoy-Meza, González-Farías & Osuna-López, 1988), mismas que respectivamente, aumentaron a 76.4, 1884, 11.5 y 2.6 mg/kg, en 2004 para la misma especie (Frías-Espericueta, Osuna-López, Flores-Reyes, López-López & Izaguirre-Fierro, 2005). De forma notable, el Cu en el tejido de esta especie registró 84 mg/kg en 2009 (Páez-Osuna & Osuna-Martínez, 2015). En el sistema lagunar Altata-Ensenada del Pabellón, el ostión de placer presentó en 1991, concentraciones promedio de 727 y 3.9 mg/kg para el Zn y Cd, respectivamente (Páez-Osuna, Osuna-López, Izaguirre-Fierro & Zazueta-Padilla, 1993), mientras que nueve años después, los niveles de estos metales detectados en '*C. corteziensis*' fueron de 1420 y 7.2 mg/kg, respectivamente, en las mismas lagunas (Ruelas-Inzunza & Páez-Osuna, 2008). Más al norte, en la laguna Macapule, Guasave, la concentración promedio de Cu en el ostión de cultivo, '*Crassostrea gigas*', en la última década, ha sido: 51.4 mg/kg en 2011 (Góngora-Gómez, García-Ulloa, Muñoz-Sevilla, Domínguez-Orozco, Villanueva-Fonseca, Hernández-Sepúlveda & Ortega, 2017), 63.3 mg/kg en 2012 (Jonathan *et al.*, 2017) y 100.5 mg/kg en 2014 (Muñoz, Villanueva-Fonseca, Góngora-Gómez, García-Ulloa, Domínguez-Orozco, Ortega-Izaguirre & Campos, 2017). Estos casos sugieren un aumento en el aporte de MP al hábitat de estos moluscos, con relación al tiempo.

Los MP pueden causar efectos metabólicos, fisiológicos y bioquímicos en los organismos acuáticos, por el aumento de sus niveles en sus tejidos (Singh, Gautam, Mishra & Gupta, 2011; Hossen, Hamdan & Rahman, 2015), lo cual, es *per se*, un tema de estudio que trastoca la salud ambiental.

**Tabla 2.** Niveles de concentración de algunos metales pesados (en mg/kg de peso seco del tejido blando) en bivalvos de importancia comercial de diversas zonas costeras de Sinaloa.

Bivalvos	Zona	Cu	Zn	Mn	Fe	Hg	Pb	Cd	Cr	As
<b>Ostión: '<i>Saccostrea palmula</i>' (= '<i>Crassostrea palmula</i>') y '<i>Striostrea prismatica</i>' (= '<i>Crassostrea iridescens</i>')</b>										
' <i>C. corteziensis</i> '	Laguna de Urías, Mazatlán (a)	53.8	1,068	12.3	202	NA	1.8	0.4	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	Bahía de Mazatlán (b)	55	1,328	16.5	181	NA	NA	1.1	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	Laguna Navachiste, Guasave (c)	67	509	7.2	232	NA	NA	10.3	NA	NA
' <i>S. palmula</i> '	Laguna Navachiste, Guasave (c)	104	1,190	4.8	161	NA	NA	10.3	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	Altata-Ensenada del Pabellón (d)	147	727	13.6	139	NA	NA	3.9	NA	NA
' <i>S. palmula</i> '	Altata-Ensenada del Pabellón (d)	150	943	12.9	150	NA	NA	8.2	NA	NA
' <i>S. prismatica</i> '	Bahía de Mazatlán (e)	65.2	711	14.5	164	NA	NA	2.9	2.1	NA
' <i>S. prismatica</i> '	Bahía de Mazatlán (f)	86.9	1,116	18.8	NA	NA	2.3	2.3	0.9	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	7 lagunas costeras de Sinaloa (g)	15–216	442–1,595	NA	NA	NA	3.6–7.6	NA	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	Laguna de Urías, Mazatlán (h)	76.4	1,884	NA	NA	NA	11.5	2.6	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	Laguna Altata, Navolato (i)	71.4	928.8	NA	NA	NA	8.3	6.4	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	Altata-Ensenada del Pabellón (j)	NA	1,420	NA	NA	NA	3.4	7.2	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	7 lagunas costeras de Sinaloa (k)	17–166	245–2,304	NA	NA	NA	4.1–9.4	1.5–7.4	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	4 lagunas costeras de Sinaloa (l, m)	5.5–18	114–126	NA	NA	0.1–0.5	0.2–0.7	4.2–5.5	NA	NA
' <i>C. gigas</i> '	4 lagunas costeras de Sinaloa (l, m)	9.1–58	NA	NA	NA	0.06–0.9	0.5–2.1	4.9–13.9	NA	NA
' <i>C. corteziensis</i> '	7 lagunas costeras de Sinaloa (n)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.5
' <i>C. corteziensis</i> '	7 lagunas costeras de Sinaloa (o)	23–112	226–1,745	NA	NA	0.1–0.5	0.3–2.1	1–9	NA	NA

**Tabla 2 (continuación).** Niveles de concentración de algunos metales pesados (en mg/kg de peso seco del tejido blando) en bivalvos de importancia comercial de diversas zonas costeras de Sinaloa.

' <i>C. gigas</i> '	Laguna Macapule, Guasave (p)	51.4	267.4	NA	NA	0.02	2.1	13.8	24.9	0.3
' <i>C. gigas</i> '	Laguna Macapule, Guasave (q)	63.3	278.9	NA	NA	0.04	2.2	14.5	22.2	0.5
' <i>C. gigas</i> '	Laguna Macapule, Guasave (r)	38.9	172	NA	NA	0.12	1.9	4.7	NA	NA
' <i>S. palmula</i> '	Laguna de Urías, Mazatlán (s)	NA	NA	NA	NA	NA	1.8	0.03	1	NA
<b>Mejillón: '<i>Mytella charruana</i>' (= '<i>Mytella strigata</i>')</b>										
' <i>M. charruana</i> '	Laguna de Urías, Mazatlán (a)	12.1	26	31	498	NA	11.7	0.2	NA	NA
' <i>M. charruana</i> '	Laguna Altata, Navolato (i)	24.8	67	NA	NA	NA	5.2	6.3	NA	NA
' <i>M. charruana</i> '	7 lagunas costeras de Sinaloa (t)	NA	NA	NA	NA	NA	8.3–17.1	0.7–1.9	NA	NA
' <i>M. charruana</i> '	3 lagunas costeras de Sinaloa (u)	NA	NA	NA	NA	NA	0.2–0.4	0.06–0.2	NA	NA
' <i>M. charruana</i> '	Laguna de Urías, Mazatlán (s)	NA	NA	NA	NA	NA	0.1	0.02	1.6	NA
<b>Almeja chocolata del género <i>Megapitaria</i></b>										
' <i>M. squalida</i> '	Laguna Altata, Navolato (i)	9.2	92.7	NA	NA	NA	7.7	3.2	NA	NA
' <i>M. squalida</i> '	Laguna Navachiste, Guasave (v)	7.8	55.2	NA	NA	0.7	NA	3.7	NA	NA
' <i>M. squalida</i> '	2 lagunas costeras de Sinaloa (w)	5.8	49.1	NA	NA	0.3	5.6	2.4	0.1	4.4
<b>Callo de hacha del género <i>Atrina</i></b>										
' <i>A. maura</i> '	Laguna Macapule, Guasave (x)	11.9	485.6	NA	NA	0.06	3.3	26.3	1.2	2.6

Claves: (a) Páez-Osuna et al., 1988; (b) Páez-Osuna & Marmolejo-Rivas, 1990; (c) Páez-Osuna, Zazueta-Padilla & Izaguirre-Fierro, 1991; (d) Páez-Osuna et al., 1993; (e) Frías-Espericueta, Ortiz-Arellano, Osuna-López & Ronson-Paulin, 1999; (f) Soto-Jiménez et al., 2001; (g) Páez-Osuna, Ruiz-Fernández, Botello, Ponce-Vélez, Osuna-López, Frías-Espericueta, López-López & Zazueta-Padilla, 2002; (h) Frías-Espericueta et al., 2005; (i) Frías-Espericueta, Osuna-López, Voltolina, López-López, Izaguirre-Fierro & Muy-Rangel, 2008; (j) Ruelas-Inzunza & Páez-Osuna, 2008; (k) Frías-Espericueta et al., 2009; (l) Osuna-Martínez, Páez-Osuna & Alonso-Rodríguez, 2010; (m) Osuna-Martínez, Páez-Osuna & Alonso-Rodríguez, 2011; (n) Bergés-Tiznado, Páez-Osuna, Notti & Regoli, 2013; (o) Páez-Osuna & Osuna-Martínez, 2015; (p) Góngora-Gómez et al., 2017; (q) Jonathan et al., 2017; (r) Muñoz-Sevilla et al., 2017; (s) Ruiz-Fernández et al., 2018; (t) Osuna-López, Frías-Espericueta, López-López, Zazueta-Padilla, Izaguirre-Fierro, Páez-Osuna, Ruiz-Fernández & Voltolina, 2009; (u) Astorga-Rodríguez et al., 2018; (v) Delgado-Álvarez et al., 2019; (w) Sepúlveda, Góngora-Gómez, Álvarez-Pérez, Rodríguez-González, Muñoz-Sevilla, Villanueva-Fonseca, Hernández-Sepúlveda & García-Ulloa, 2020; (x) Góngora-Gómez, Domínguez-Orozco, Villanueva-Fonseca, Muñoz-Sevilla & García-Ulloa, 2018; NA, No analizado.

Pero dicha preocupación aumenta cuando los organismos son destinados para consumo humano, constituyendo eventualmente un riesgo para la salud pública (Frías-Espéricueta, Osuna-López, Izaguirre-Fierro, Aguilar-Juárez & Voltolina, 2010). Por costumbre histórica, los bivalvos son consumidos crudos en todo el mundo, principalmente, por las comunidades que habitan en las costas, como sucede en Sinaloa (Morán-Angulo & Flores-Campaña, 2015; Sotelo, Sánchez, García, Góngora, Salcido, Arzola & Sepúlveda, 2019). Aunque el consumo *per cápita* de ostiones en México es bajo, 0.19 kg/persona/año = 0.52 g/persona/día (CONAPESCA, 2017), en las comunidades costeras existen consumidores habituales de ostión; considerados como los más propensos a un posible riesgo en la salud (Frías-Espéricueta, Osuna-López, Bañuelos-Vargas, López-López, Muy-Rangel, Izaguirre-Fierro, Rubio-Carrasco, Meza-Guerrero & Voltolina, 2009).

Además, en la mayoría de las lagunas costeras de Sinaloa, las concentraciones de algunos MP (como el Cd y Pb) en bivalvos, son más altas que los valores de los límites máximos permisibles propuesto por la Norma Oficial Mexicana 'NOM-242-SSA1' (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2009), lo cual, se convierte en una prioridad en salud pública, por los posibles efectos en la fisiología humana, incluyendo, la aparición de cánceres de diversos tipos (Shih, Hu, Weisskopf & Schwartz, 2007; Pérez & Azcona, 2012).

Esta perspectiva de preocupación general que afecta a las comunidades costeras de Sinaloa, puede ser equiparable para muchas otras asentadas a lo largo de las costas mexicanas en las que, por ejemplo, industrias de producción alimentaria (o de otro tipo que genere desechos en los que se encuentren MP, como la minería), colindan y ejercen influencia sobre los cuerpos de agua estuarinos, que son sustentos esenciales y primarios en la procuración de alimentos para los pescadores ribereños.

### Conclusiones

Como se ha señalado, existen estudios que indican altos niveles de metales pesados (MP) en las lagunas costeras de Sinaloa y en sus componentes biológicos, como los moluscos bivalvos, los cuales, son valiosos testimonios científicos que proporcionan referencias para futuros estudios. Sin embargo, aún existen localidades costeras y estuarinas en las que son inexistentes este tipo de estudios. Por lo tanto, de manera inmediata, son necesarias estrategias que permitan vigilar, difundir y aplicar herramientas de sanidad y prevención integralmente, considerando todos los actores involucrados.

Lo anterior, para proponer una guía de producción, explotación, consumo y salubridad sustentable para el ambiente, el desarrollo industrial y para asegurar la salud humana. Un excelente inicio sería la implementación de un programa continuo de bio-monitoreo ambiental, que incluya la determinación de MP en el agua costera-marina, los sedimentos (incluir análisis granulométricos) y en los organismos que conforman los diferentes niveles tróficos. La información obtenida de este programa se puede utilizar para generar planes de prevención y mitigación de la contaminación por MP en las costas sinaloenses.

Al mismo tiempo, y para prevenir un problema de salud, sería necesario realizar entrevistas para estimar el consumo real de bivalvos en la región costera de Sinaloa -que representen datos adicionales al consumo *per cápita* de bivalvos en México- y utilizarlos en cálculos que evalúan el riesgo humano por consumir bivalvos contaminados con MP, como el coeficiente de peligrosidad (HQ, "Hazard Quotient") y el índice de riesgo (HI, "Hazard Index"). Los resultados de dichos factores servirían para regular las dosis de consumo por edad, género y peso corporal (Astorga-Rodríguez, Martínez-Rodríguez, García-de la Parra, Betancourt-Lozano, Vanegas-Pérez, Ponce de León-Hill & Ruelas-Inzunza, 2018; Frías-Espéricueta, Vargas-Jiménez, Ruelas-Inzunza, Osuna-López, Aguilar-Juárez, Bautista-Covarrubias & Voltolina, 2018; Ruiz-Fernández, Wu, Lau, Pérez-Bernal, Sánchez-Cabeza & Chiu, 2018; Delgado-Alvarez, Ruelas-Inzunza, Escobar-Sánchez, Covantes-Rosales, Pineda-Pérez, Osuna-Martínez, Aguilar-Juárez, Osuna-López, Voltolina & Frías-Espéricueta, 2019).

Otras soluciones serían: identificar las lagunas costeras más impactadas y el efecto que la temporada de lluvia ejerce en el aumento significativo de algunos de estos elementos en los tejidos de los bivalvos (silvestres o de cultivo), para regular su consumo en la (s) época (s) del año más apropiada (s). Aunque su aporte es limitado, la depuración de los bivalvos sería una práctica obligatoria antes de ofrecerse al consumidor.

También, es importante realizar exámenes médicos a las poblaciones costeras para determinar si existe presencia de MP en su cuerpo y tomar las medidas pertinentes para mantener una buena salud. Aunque los efectos tóxicos de los MP en humanos no se detectan fácilmente a corto plazo, si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo.

Por su parte, las prácticas agrícolas deberían reducir tanto el uso como las dosis de agroquímicos (principalmente, aquellos prohibidos en México) y procurar, junto con el rubro científico, la creación de fertilizantes orgánicos (Oliva-Ortiz, Velázquez-Alcaraz, Sosa-Pérez, Partida-Ruvalcaba, Díaz-Valdés, Arciniega-Ramos & López-Orona, 2017) y eficientes controladores biológicos de plagas (Alarcón, 2020). También, es necesario estimar los factores de emisión de MP provenientes de la agricultura de Sinaloa (1,117,703 ha), como lo realizaron Jara-Marini, Molina-García, Martínez-Durazo & Páez-Osuna (2020) para el Valle del Yaqui, Sonora (230,000 ha), el cual, emite de 2,277 a 6,164 kg de Zn y 10,465 kg de Cu anualmente.

Lo anterior, en concordancia con programas de gobierno para apoyar dichas investigaciones y prácticas que dirijan sus esfuerzos al cuidado, mejoramiento y conservación de las actividades productivas, al igual que el medio ambiente y salud pública de las comunidades que habitan las zonas costeras del Estado.

## Referencias

- AARC (Asociación de Agricultores del Río Culicán).** (2012). *Por un campo limpio*. Autor: Fundación PRODUCE Sinaloa A.C. Consultado el 18 de junio del 2020 en «<http://esh30.esoft.com.mx/Sistema/include/Archivos/58/69/Adjuntos/A1P586920121163347171.pdf>»
- Alarcón, I.S.** (2020). Evaluación del control biológico, etológico y químico de '*Neoleucinodes elegantalis*' en tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Revista Ambientellania*, 3(1): 31-40. Recuperado de «<http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ambientellania/article/view/888>»
- Astorga-Rodríguez, J.E.; Martínez-Rodríguez, I.E.; García-de la Parra, L.M.; Betancourt-Lozano, M.; Vanegas-Pérez, R.C.; Ponce de León-Hill, C.A. & Ruelas-Inzunza, J.** (2018). Lead and cadmium levels in mussels and fishes from three coastal ecosystems of NW Mexico and its potential risk due to fish and seafood consumption. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 10(3): 203-211. DOI «<https://doi.org/10.1007/s13530-018-0365-1>»
- Bergés-Tiznado, M.E.; Páez-Osuna, F.; Notti, A. & Regoli, F.** (2013). Biomonitoring of arsenic through mangrove oyster (*Crassostrea corteziensis* Hertlein, 1951) from coastal lagoons (SE Gulf of California): occurrence of arsenobetaine and other arseno-compounds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(9): 7459-7468. DOI «<https://doi.org/10.1007/s10661-013-3112-8>»
- Burioli, E.A.V.; Squadrone, S.; Stella, C.; Foglini, C.; Abete, M.C. & Prearo, M.** (2017). Trace element occurrence in the Pacific oyster '*Crassostrea gigas*' from coastal marine ecosystems in Italy. *Chemosphere*, 187: 248-260. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.102>»
- Carvalho, F.P.; Fowler, S.W.; Gonzalez-Farias, F.; Mee, L.D. & Readman, J.W.** (1996). Agrochemical residues in the Altata-Ensenada del Pabellon coastal lagoon (Sinaloa, Mexico): a need for integrated coastal zone management. *International Journal of Environmental Health Research*, 6(3): 209-220. DOI «<https://doi.org/10.1080/09603129609356892>»
- Castillo, K.** (2019, marzo 21). México usa 111 plaguicidas que en otros países ya están prohibidos para cultivar papa, maíz, limón... *sinembargo.mx* [Website]. Consultado el 11 de junio del 2020 en «<https://www.sinembargo.mx/21-03-2019/3553456>»
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca).** (2017). Estadísticas de Producción Pesquera. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola - CONAPESCA* [Website]. Consultado el 25 de abril del 2020 en «[https://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/estadisticas\\_de\\_produccion\\_pesquera](https://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/estadisticas_de_produccion_pesquera)»
- Defarge, N.; Spiroux de Vendômois, J. & Séralini, G.E.** (2018). Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicology Reports*, 5: 156-163. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.025>»
- Delgado-Alvarez, C.; Ruelas-Inzunza, J.; Escobar-Sánchez, O.; Covantes-Rosales, R.; Pineda-Pérez, I.B.; Osuna-Martínez, C.C.; Aguilar-Juárez, M.; Osuna-López, J.I.; Voltolina, D. & Frías-Espicueta, M.G.** (2019). Metal concentrations in age-groups of the clam, '*Megapitaria squalida*', from a coastal lagoon in Mexico: a human health risk assessment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 103(6): 822-827. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-019-02723-w>»
- Félix-Gastélum, R.; Lizárraga-Sánchez, G.J.; Maldonado-Mendoza, I.E.; Leyva-Madrigal, K.Y.; Herrera-Rodríguez, G. & Espinoza-Matías, S.** (2018). Confirmation of the identity of '*Exserohilum turcicum*', causal agent of maize leaf blight in Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(3): 468-478. DOI «<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1803-1>»
- Flores Campaña, L.M.; Arzola-González, J.F.; Ramírez-Soto, M. & Osorio-Pérez, A.** (2012). Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(1): 115-129. DOI «<https://doi.org/10.15446/rcdg.v21n1.25562>»

- Frías-Espéricueta, M.G.; Ortiz-Arellano, M.A.; Osuna-López, J.I. & Ronson-Paulin, J.A.** (1999). Heavy metals in the rock oyster '*Crassostrea iridescens*' (Filibranchia: Ostreidae) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 47(4): 843-849. Consulted in «[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441999000400021&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441999000400021&script=sci_abstract)»
- Frías-Espéricueta, M.G.; Osuna-López, I.; Bañuelos-Vargas, I.; López-López, G.; Muy-Rangel, M.D.; Izaguirre-Fierro, G.; Rubio-Carrasco, W.; Meza-Guerrero, P.C. & Voltolina, D.** (2009). Cadmium, copper, lead and zinc contents of the mangrove oyster, '*Crassostrea corteziensis*', of seven coastal lagoons of NW Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(4): 595-599. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-009-9828-z>»
- Frías-Espéricueta, M.G.; Osuna-López, J.I.; Flores-Reyes, S.; López-López, G. & Izaguirre-Fierro, G.** (2005). Heavy metals in the oyster '*Crassostrea corteziensis*' from Urias Lagoon, Mazatlán, Mexico, associated with different anthropogenic discharges. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74(5): 996-1002. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-005-0678-z>»
- Frías-Espéricueta, M.G.; Osuna-López, J.I.; Izaguirre-Fierro, G.; Aguilar-Juárez, M. & Voltolina, D.** (2010). Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *CICIMAR Océánides*, 25(2): 121-134. Recuperado de «<https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/795/1/Frias-M.pdf>»
- Frías-Espéricueta, M.G.; Osuna-López, J.I.; Voltolina, D.; López-López, G.; Izaguirre-Fierro, G. & Muy-Rangel, M.D.** (2008). The metal content of bivalve molluscs of a coastal lagoon of NW Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80(1): 90-92. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-007-9322-4>»
- Frías-Espéricueta, M.G.; Vargas-Jiménez, A.; Ruelas-Inzunza, J.; Osuna-López, I.; Aguilar-Juárez, M.; Bautista-Covarrubias, J.C. & Voltolina, D.** (2018). Total mercury in the mangrove oyster '*Crassostrea corteziensis*' of the subtropical Urias Lagoon (NW Mexico). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18: 853-858. DOI «[https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18\\_7\\_03](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_7_03)»
- García-de la Parra, L. M.; Cervantes-Mojica, L.J.; González-Valdivia, C.; Martínez-Cordero, F.J.; Aguilar-Zárata, G.; Bastidas-Bastidas, P. & Betancourt-Lozano, M.** (2012). Distribution of pesticides and PCBs in sediments of agricultural drains in the Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 63(3): 323-336. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00244-012-9780-5>»
- García-Gutiérrez, C. & Rodríguez-Meza, G.D.** (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3): 1-10. Recuperado de «<https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>»
- García-Salazar, J.A.; Borja-Bravo, M. & Rodríguez-Licea, G.** (2018). Consumo de fertilizantes en el sector agrícola de México: un estudio sobre los factores que afectan la tasa de adopción. *Interciencia*, 43(7): 505-510. Recuperado de «[https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/07/505-GARCIA-SALAZAR-43\\_07.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/07/505-GARCIA-SALAZAR-43_07.pdf)»
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.** (2009). *Norma Oficial Mexicana 'NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba'*. Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Gobernación (SEGOB); Secretaría de Salud (SSA). México. Consultado en «<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4295/salud2a/salud2a.htm>»
- Gómez-Arroyo, S.; Martínez-Valenzuela, C.; Calvo-González, S.; Villalobos-Pietrini, R.; Waliszewski, S.M.; Calderón-Segura, M.E.; Martínez-Arroyo, A.; Félix-Gastélum, R. & Lagarda-Escarrega, A.** (2013). Assessing the genotoxic risk for Mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide applications. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3): 217-225. Recovered from «<https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n3/v29n3a8.pdf>»
- Góngora-Gómez, A.M.; Domínguez-Orozco, A.L.; Villanueva-Fonseca, B.P.; Muñoz-Sevilla, N.P. & García-Ulloa, M.** (2018). Seasonal levels of heavy metals in soft tissue and muscle of the pen shell '*Atrina maura*' (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) from a farm in the southeastern coast of the Gulf of California, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1): 57-68. DOI «<http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.05>»
- Góngora-Gómez, A.M.; García-Ulloa, M.; Muñoz-Sevilla, N.P.; Domínguez-Orozco, A.L.; Villanueva-Fonseca, B.P.; Hernández-Sepúlveda, J.A. & Ortega Izaguirre, R.** (2017). Heavy-metal contents in oysters ('*Crassostrea gigas*') cultivated on the southeastern coast of the Gulf of California, Mexico. *Hidrobiológica*, 27(2): 219-227. DOI «<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbh/hidro/2017v27n2/Garcia>»
- Hatje, V.** (2016). Biomonitoring. In: Kennish, M.J. (eds); *Encyclopedia of Estuaries* (Encyclopedia of Earth Sciences Series). Dordrecht: Springer. DOI «[https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4\\_140](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_140)»
- Hossen, M.F.; Hamdan, S. & Rahman, M.R.** (2015). Review on the risk assessment of heavy metals in Malaysian clams. *The Scientific World Journal*, 2015: 905497. DOI «<https://doi.org/10.1155/2015/905497>»
- Ibarra Ceceña, M.G. & Miranda Bojórquez, E.** (2012). Contaminación por agroquímicos del agua superficial del Valle del Carrizo, Sinaloa, a través de drenaje agrícola con descargas al Golfo de California. En: Martínez Ruiz, R.; Ramírez Valverde, B. & Rojo Martínez, G.E. (Coord.); *Recursos Naturales y Contaminación Ambiental* (pp. 281-296). Ciudad de México: Universidad Autónoma Indígena de México. Recuperado de «<https://acortar.link/kSI3uH>»

**INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias).** (2010). *Guía técnica para los cultivos del área de influencia del campo experimental Valle del Yaqui*. Consultado el 25 de febrero de 2020, «<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3246/TecnologiasExitosasINIFAPNoroeste.pdf?sequence=1>»

**Jara-Marini, M.E.; Molina-García, A., Martínez-Durazo, Á. & Páez-Osuna, F.** (2020). Trace metal trophic transference and biomagnification in a semiarid coastal lagoon impacted by agriculture and shrimp aquaculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(5): 5323-5336. DOI «<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06788-2>»

**Jonathan, M.P.; Muñoz-Sevilla, N.P.; Góngora-Gómez, A.M.; Luna Varela, R.G.; Sujitha, S.B.; Escobedo-Urías, D.C.; Rodríguez-Espinosa, P.F. & Campos Villegas, L.E.** (2017). Bioaccumulation of trace metals in farmed pacific oysters '*Crassostrea gigas*' from SW Gulf of California coast, Mexico. *Chemosphere*, 187: 311-319. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.098>»

**Karam Quiñones, C.** (2002). *Los agroquímicos: una perspectiva jurídica-ambiental; análisis del caso Sinaloa* (p. 404). Culiacán, Sinaloa; México: Universidad Autónoma de Sinaloa; El Colegio de Sinaloa.

**Ley-Quiñónez, C.; Zavala-Norzagaray, A.A.; Espinosa-Carreón, T.L.; Peckham, H.; Marquez-Herrera, C.; Campos-Villegas, L. & Aguirre, A.A.** (2011). Baseline heavy metals and metalloids values in blood of loggerhead turtles ('*Caretta caretta*') from Baja California Sur, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 62(9): 1979-1983. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.022>»

**Leyva Morales, J.B.; García de la Parra, L.M.; Bastidas Bastidas, P.J.; Astorga Rodríguez, J.E.; Bejarano Trujillo, J.; Cruz Hernández, A.; Martínez Rodríguez, I.E. & Betancourt Lozano, M.** (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3): 247-261. Recuperado de «<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37031522002>»

**Li, Y.; Ye, F.; Wang, A.; Wang, D.; Yang, B.; Zheng, Q.; Sun, G. & Gao, X.** (2016). Chronic arsenic poisoning probably caused by arsenic-based pesticides: findings from an investigation study of a household. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(1): 133. DOI «<https://doi.org/10.3390/ijerph13010133>»

**Luo, Y.; Yao, A.; Tan, M.; Li, Z.; Qing, L. & Yang, S.** (2020). Effects of manganese and zinc on the growth process of '*Phytophthora nicotianae*' and the possible inhibitory mechanisms. *PeerJ*, 8: e8613. DOI «<https://doi.org/10.7717/peerj.8613>»

**Martínez Valenzuela, C.; Romano Casas, G.; Cuadras Berrelleza, A.A. & Ortega Martínez, L.D.** (2019). Plaguicidas, impacto en salud y medio ambiente en Sinaloa (México): implicaciones y retos en gobernanza ambiental. *Trayectorias Humanas Transcontinentales*, (4):103-122. DOI «<http://dx.doi.org/10.25965/trahs.1615>»

**Martínez-Valenzuela, C. & Gómez-Arroyo, S.** (2007). Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(4): 185-200. Recuperado de «<https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v23n4/v23n4a4.pdf>»

**Melgoza Villagómez, C.M.; León Sicairos, C.R.; López Valenzuela, J.A.; Hernández Espinal, L.A.; Velarde Félix, S. & Garzón Tiznado, J.A.** (2018). Presencia de '*Candidatus liberibacter solanacearum*' en '*Bactericera cockerelli*' Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3): 499-509. DOI «<https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.267>»

**Morán-Angulo, R.E. & Flores-Campaña, L.M.** (2015). La pesca en Sinaloa: breve historia y búsqueda del episteme. *Ra Ximhai*, 11(3): 57-72. Recuperado de: «<https://www.redalyc.org/pdf/461/46135409005.pdf>»

**Muñoz Sevilla, N.P.; Villanueva-Fonseca, B.P.; Góngora-Gómez, A.M.; García-Ulloa, M.; Domínguez-Orozco, A.L.; Ortega-Izaguirre, R. & Campos Villegas, L.E.** (2017). Heavy metal concentrations in diploid and triploid oysters ('*Crassostrea gigas*') from three farms on the north-central coast of Sinaloa, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 536. DOI «<https://doi.org/10.1007/s10661-017-6223-9>»

**Oliva-Ortiz, L.C.; Velázquez-Alcaraz, T.J.; Sosa-Pérez, R.; Partida-Ruvalcaba, L.; Díaz-Valdés, T.; Arciniega-Ramos, J. & López-Orona, C.A.** (2017). Control de la fusariosis vascular del garbanzo ('*Cicer arietinum*' L.) por microorganismos nativos de Sinaloa, México. *Agrociencia*, 51(6): 683-695. Recuperado de «<https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n6/1405-3195-agro-51-06-00683.pdf>»

**Ortíz, I.; Avila-Chávez, M.A. & Torres, L.G.** (2013). Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 4(1): 26-46. DOI: «<https://doi.org/10.7603/s40682-013-0003-1>»

**Osuna-López, J.I.; Frías-Espéricueta, M.G.; López-López, G.; Zazueta-Padilla, H.M.; Izaguirre-Fierro, G.; Páez-Osuna, F.; Ruiz-Fernández, A.C. & Voltolina, D.** (2009). Cd, Pb and organochlorine pesticides of '*Mytella strigata*' (Pelecypoda: Mytilidae) of six coastal lagoons of NW Mexico. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38(2): 233-239. Recovered from «<https://onx.la/faed6>»

**Osuna-Martínez, C.C.; Páez-Osuna, F. & Alonso-Rodríguez, R.** (2010). Mercury in cultured oysters ('*Crassostrea gigas*' Thunberg, 1793 and '*C. corteziensis*' Hertlein, 1951) from four coastal lagoons of the SE Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85(3): 339-343. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-010-0071-4>»

**Osuna-Martínez, C.C.; Páez-Osuna, F. & Alonso-Rodríguez, R.** (2011). Cadmium, copper, lead and zinc in cultured oysters under two contrasting climatic conditions in coastal lagoons from SE Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87(3): 272-275. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-011-0355-3>»

- Otero, N.; Vitòria, L.; Soler, A. & Canals, A.** (2005). Fertiliser characterisation: major, trace and rare earth elements. *Applied Geochemistry*, 20(8): 1473-1488. DOI «<https://doi.org/10.1016/J.APGEOCHEM.2005.04.002>»
- Páez-Osuna, F. & Marmolejo-Rivas, C.** (1990). Trace metals in tropical coastal lagoon bivalves, '*Crassostrea corteziensis*'. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 45: 538-544. DOI «<https://doi.org/10.1007/BF01700626>»
- Páez-Osuna, F. & Osuna-Martínez, C.** (2011). Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión sobre los organismos utilizados. *Hidrobiológica*, 21(3): 229-238. Recuperado de «<https://www.redalyc.org/pdf/578/57821483002.pdf>»
- Páez-Osuna, F. & Osuna-Martínez, C.C.** (2015). Bioavailability of cadmium, copper, mercury, lead, and zinc in subtropical coastal lagoons from the southeast Gulf of California using mangrove oysters ('*Crassostrea corteziensis*' and '*Crassostrea palmula*'). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 68(2): 305-316. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00244-014-0118-3>»
- Páez-Osuna, F.; Izaguirre-Fierro, G.; Godoy-Meza, R.I.; González-Farías, F. & Osuna-López, J.I.** (1988). Metales pesados en cuatro especies de organismos filtradores de la región costera de Mazatlán: técnicas de extracción y niveles de concentración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 4(1):33-41. Recuperado de «<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/20660>»
- Páez-Osuna, F.; Osuna-López, J.I.; Izaguirre-Fierro, G. & Zazueta-Padilla, H.M.** (1993). Heavy metals in oysters from a subtropical coastal lagoon associated with an agricultural drainage basin. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 50(5): 696-702. DOI «<https://doi.org/10.1007/BF00194664>»
- Páez-Osuna, F.; Ruiz-Fernández, A.C.; Botello, A.V.; Ponce-Vélez, G.; Osuna-López, J.I.; Frías-Espéricueta, M.G.; López-López, G. & Zazueta-Padilla, H.M.** (2002). Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBs, HCB) and total PAHs in mangrove oysters from the Pacific Coast of Mexico: an overview. *Marine Pollution Bulletin*, 44(11): 1303-1308. DOI «[https://doi.org/10.1016/s0025-326x\(02\)00172-8](https://doi.org/10.1016/s0025-326x(02)00172-8)»
- Páez-Osuna, F.; Zazueta-Padilla, H.M. & Izaguirre-Fierro, G.** (1991). Trace metals in bivalves from Navachiste lagoon, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 22(6): 305-307. DOI «[https://doi.org/10.1016/0025-326X\(91\)90809-7](https://doi.org/10.1016/0025-326X(91)90809-7)»
- Pandey, J.; Shubhashish, K. & Pandey, R.** (2009). Metal contamination of Ganga River (India) as influenced by atmospheric deposition. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(2): 204-209. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-009-9744-2>»
- Peinado Guevara, V.M.; Peinado Guevara, H.J.; Campista León, S. & Delgado Rodríguez, O.** (2015). Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México. *Estudios Sociales*, 23(46): 114-136. Recuperado de «<https://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n46/v23n46a5.pdf>»
- Pérez García, P.E. & Azcona Cruz, M.I.** (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3): 199-205. Recuperado de «<https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>»
- Raven, K.P. & Loeppert, R.H.** (1997). Trace element composition of fertilizers and soil amendments. *Journal of Environmental Quality*, 26(2): 551-557. DOI «<https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600020028x>»
- Rodríguez Ortiz, J.C.; Alcalá Jáuregui, J.A.; Hernández Montoya, A.; Rodríguez Fuentes, H.; Ruiz Espinoza, F.H.; García Hernández, J.L. & Díaz Flores, P.E.** (2014). Elementos traza en fertilizantes y abonos utilizados en agricultura orgánica y convencional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4): 695-701. Recuperado de «<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263130476013>»
- Ruelas-Inzunza, J. & Páez-Osuna, F.** (2004). Distribution and concentration of trace metals in tissues of three penaeid shrimp species from Altata-Ensenada del Pabellón Lagoon (S.E. Gulf of California). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 72(3): 452-459. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-004-0267-6>»
- Ruelas-Inzunza, J. & Páez-Osuna, F.** (2008). Trophic distribution of Cd, Pb, and Zn in a food web from Altata-Ensenada del Pabellón Subtropical Lagoon, SE Gulf of California. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 54: 584-596. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00244-007-9075-4>»
- Ruiz-Fernández, A.C.; Wu, R.S.S.; Lau, T.C.; Pérez-Bernal, L.H.; Sánchez-Cabeza, J.A. & Chiu, J.M.Y.** (2018). A comparative study on metal contamination in Estero de Urias lagoon, Gulf of California, using oysters, mussels and artificial mussels: implications on pollution monitoring and public health risk. *Environmental Pollution*, 243(A): 197-205. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.047>»
- Sabiha-Javied, T.; Mehmood, M.M.; Chaudhry, M; Tufail, M. & Irfan, N.** (2009). Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. *Microchemical Journal*, 91(1): 94-99. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.009>»
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).** (2016). Agua: consume aparente de plaguicidas. *SEMARNAT – Gobierno de México* [Website]. Consultado el 20 de abril del 2020 de «[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores16/conjuntob/indicador/02\\_agua/2\\_2\\_5.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores16/conjuntob/indicador/02_agua/2_2_5.html)»

**Sepúlveda, C.H.; Góngora-Gómez, A.M.; Álvarez-Pérez, S.; Rodríguez-González, H.; Muñoz-Sevilla, N.P.; Villanueva-Fonseca, B.P.; Hernández-Sepúlveda, J.A. & García-Ulloa Gómez, M.** (2020). Trace metals in two wild populations of the squalid callista clam (*Megapitaria squalida*) in the southeastern Gulf of California, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3): 667-676. DOI «<http://dx.doi.org/10.20937/RICA.53565>»

**Shih, R.A.; Hu, H.; Weisskopf, M.G. & Schwartz, B.S.** (2007). Cumulative lead dose and cognitive function in adults: a review of studies that measured both blood lead and bone lead. *Environmental Health Perspectives*, 115(3): 483-492. DOI «<https://doi.org/10.1289/ehp.9786>»

**SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).** (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. *Cierre de la producción agrícola - Gobierno de México* [Website]. Consultado el 18 de abril del 2020 en «<https://nube.siap.gob.mx/cierreaagricola/>»

**SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).** (2019). *Expectativas agroalimentarias: diciembre 2019* (p. 20). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 19 de marzo del 2020 de «[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/533995/EXPECTATIVAS\\_DICIEMBRE\\_19.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/533995/EXPECTATIVAS_DICIEMBRE_19.pdf)»

**Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., & Gupta, R.** (2011). Heavy metals and living systems: an overview. *Indian Journal of Pharmacology*, 43(3): 246-253. DOI «<https://doi.org/10.4103/0253-7613.81505>»

**Sotelo González, M.I.; Sánchez Cárdenas, R.; García Ulloa, M.; Góngora Gómez, A.M.; Salcido Guevara, L.A.; Arzola González, J.F. & Sepúlveda, C.H.** (2019). Las almejas pata de mula (Arcidae) de Sinaloa, México. *Ciencia y Mar*, 23(69): 45-50. Recuperado de «<https://docplayer.es/191776875-Divulgacion-las-almejas-pata-de-mula-arcidae-de-sinaloa-mexico.html>»

**Soto-Jiménez, M.; Páez-Osuna, F. & Ruiz-Fernández, A.C.** (2003). Geochemical evidences of the anthropogenic alteration of trace metal composition of the sediments of Chiricahueto marsh (SE Gulf of California). *Environmental pollution*, 125(3): 423-432. DOI «[https://doi.org/10.1016/s0269-7491\(03\)00083-6](https://doi.org/10.1016/s0269-7491(03)00083-6)»

**Stewart, W.M.; Dibb, D.W.; Johnston, A.E. & Smyth, J.T.** (2005). The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal*, 97(1): 1-6. DOI «<https://doi.org/10.2134/agronj2005.0001>»

**WHO (World Health Organization).** (2010, June 01). 10 chemicals of public health concern. *Newsroom – World Health Organization* [Website]. Consulted on 28-Feb-2020 in «<https://www.who.int/news-room/photo-story/photo-story-detail/10-chemicals-of-public-health-concern>»

**Zhou, Q.; Zhang, J.; Fu, J.; Shi, J. & Jiang, G.** (2008). Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica Chimica Acta*, 606(2): 135-150. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.11.018>»



**EJEMPLAR DE LORO CABEZA AMARILLA ('*Amazona oratrix*'): PROGRAMA DE RESGUARDO, PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ESPECIES ENDÉMICAS EN LA UMA DE PSITÁCIDOS.**

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

*Fotografía: Jesús Ramírez.*

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

DACBIOL



**EJEMPLAR HERBORIZADO DE *Ruellia* sp. (Acanthaceae) DE LA COLECCIÓN DE PLANTAS VASCULARES DEL «HERBARIO UJAT»**

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

Fotografía: José Francisco Juárez López



**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.

