

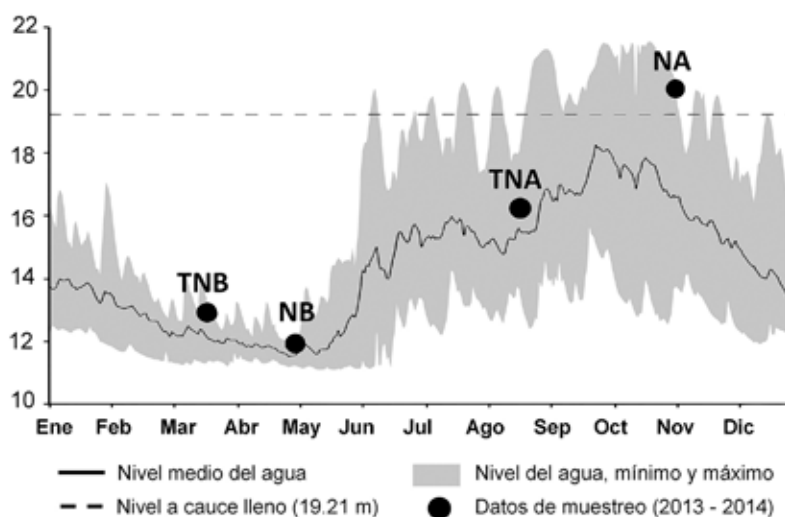
# Peces e inundaciones: una relación favorable para la vida

Marcela **Madrigal-Cruz**  
Nicolás **Álvarez-Pliego**  
Miguel Ángel **Salcedo**

En el contexto humano, las inundaciones se perciben como incidentes desfavorables para el desarrollo, ya que se asocian con enfermedades, destrucción de infraestructura y pérdidas económicas. No obstante, los eventos de inundación en los ecosistemas dulceacuícolas constituyen la fuerza principal que regula los ciclos de vida de los organismos que los habitan, en especial los peces.

## **EL CICLO DE INUNDACIÓN LOS GUÍA Y ELLOS SE JUNTAN: LA CONECTIVIDAD HIDRÁULICA**

El sureste de México se localiza en una zona tropical, donde la precipitación es la principal fuente de agua y se refleja en la alta disponibilidad del recurso hídrico en su planicie. No obstante, esto presenta variaciones contrastantes en el nivel del agua de los ríos, lagos y en la zona de inundación. Entonces, es más adecuado hablar de los niveles altos y bajos en los ecosistemas acuáticos de esta planicie tropical. De acuerdo con lo anterior, se reconoce que la cantidad de agua que fluye en un río (caudal) y el volumen de agua aportada por las precipitaciones en los ecosistemas acuáticos se relacionan con cuatro condiciones de nivel del agua, que en conjunto se puede denominar como ciclo de inundación; estas son: 1) nivel bajo, comprendido entre los meses de marzo, abril, mayo; 2) transición a nivel alto, entre junio,



**Figura 1.** Variación del nivel del río Usumacinta durante 2003 a 2015. TNB, Transición a nivel bajo; NB, Nivel bajo; TNA, transición a nivel alto; NA, nivel alto (Figura modificada de Cruz-Ramírez *et al.*, 2019a).

julio y agosto; 3) nivel alto en septiembre, octubre y noviembre, 4) transición a nivel bajo en diciembre, enero y febrero) (Figura 1) (Cruz-Ramírez *et al.*, 2019).

En este contexto, los ciclos de inundación son el principal motor que regula los humedales, que se definen como zonas de transición entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres, que pueden ser de carácter: 1) temporal, es decir que la presencia de agua depende del tiempo, y 2) permanente, inundados independientemente de la época del año y que dependen del relieve negativo (depressiones en la planicie) y de la conexión permanente con las corrientes que los alimentan (tributarios) (Lewin y Ashworth, 2014).

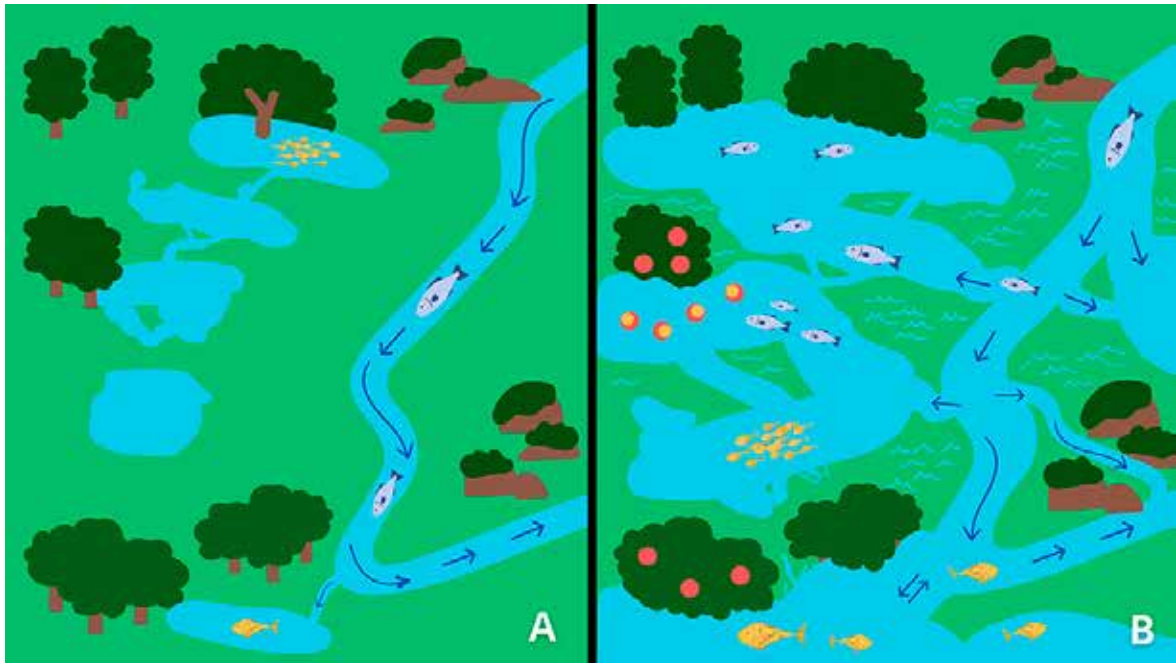
Existen humedales que pueden ser definidos por su conectividad hidráulica superficial, es decir, un río que alimenta permanentemente a un lago (río-planicie de inundación) a través de un canal, o se conectan entre sí cuando el nivel del río aumenta y desborda (Figura 2). En contraste, existen lagos que están parcialmente aislados del cauce de un río, ahora más frecuentemente por la construcción y operación de infraestructura para control de inundaciones (Salcedo *et al.*, 2022). En todo caso, los humedales se encuentran en constante cambio, pues se expande y contrae su volumen de agua, esto es lo que se denomina variabilidad hidrológica, y aporta diferentes beneficios

para el ecosistema, los peces y la fauna acuática en general. Por ejemplo, durante el nivel alto, los animales acuáticos se mueven y dispersan a lo largo de la zona inundada aprovechando los recursos disponibles, pues ahí se encuentran las zonas temporales de alimentación y crianza para los peces de talla pequeña o las crías de otros peces. La conformación de estas comunidades temporales también puede ser compleja y es entonces cuando cada especie aprovecha sus atributos biológicos para sobrevivir (Winemiller y Rose, 1992).

#### ¿COMO PEZ EN EL AGUA! ESTRATEGIAS DE VIDA COMO RESPUESTA A LA VARIABILIDAD HIDROLÓGICA

Ante los cambios en los humedales, los peces han desarrollado distintas adaptaciones a la variabilidad hidrológica. Existen tres estrategias de vida que los peces pueden exhibir basados en: 1) la longitud máxima que logra alcanzar el pez en vida silvestre; 2) el promedio de crías que una hembra pueda tener, esto es, su fecundidad; y 3) el tiempo que tarda en alcanzar la talla que necesita para reproducirse, es decir, su talla de madurez sexual (Winemiller y Rose, 1992).

**Oportunista.** Son peces de cuerpo pequeño (< 15 cm de longitud), les toma poco tiempo alcanzar su talla para reproducirse, pero produce un número bajo de crías. Estas especies se adaptan fácilmente a las variaciones del nivel del agua ya que, al dejar poca descendencia, rápidamente pueden continuar su reproducción. Su pequeño tamaño les permite desplazarse a la zona inundada de poca profundidad donde buscan su alimento, refugio y protección contra peces más grandes que podrían depredarlos. Algunos peces que están en esta estrategia son los comúnmente denominados como topotes o guayacones o sardinitas (de la misma familia que los peces *guppies* o tetras de acuario), por ejemplo: *Astyanax finitimus*, *Gambusia sexradiata*, *Poecilia mexicana*,



**Figura 2.** A) Nivel bajo. Planicie de inundación. A la derecha se encuentra el río principal. B) Nivel alto. Conexión hidráulica superficial en la zona de inundación. Las flechas indican la dirección del flujo del agua. Dibujo Madrigal-Cruz.

*Pseudoxiphophorus bimaculatus* o *Xiphophorus maculatus* (Escalera-Vázquez *et al.*, 2017; Álvarez-Pliego *et al.*, 2021).

**Periódica.** En esta categoría los peces son de mayor longitud, tardan más tiempo en alcanzar la talla de madurez sexual y tienen una fecundidad alta. Estas especies se caracterizan por tener eventos de desove que coinciden con el movimiento de los organismos hacia hábitats propicios (migraciones reproductivas) o con temporadas favorables para el desarrollo de las crías (por ejemplo, en temporada de nivel alto o inundación). Estos peces dependen de la conectividad hidrológica lateral de la planicie inundada, y del caudal, los cuales son indispensables para la definición de sus rutas migratorias que, si se interrumpen, hacen imposible completar el ciclo reproductivo. Ejemplos de estrategias periódicas son el juil (*Rhamdia guatemalensis*) o el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*).

**Equilibrio.** Los peces que presentan esta estrategia se asocian con humedales donde las variaciones en el nivel del agua no son frecuentes (por ejemplo, lagos permanentes o ambientes con poca influencia de inundaciones). Dado que estos organismos habitan en ambientes con espacio y

recursos limitados, su fecundidad es baja; sin embargo, estos peces tienen una adaptación evolutiva que les permite asegurar la supervivencia de su progenie. En biología se considera esto como cuidado parental y consiste en que los padres invierten tiempo y energía en cuidar a las crías hasta que puedan valerse por sí mismas. Además, algunos de estos organismos son fértiles a lo largo de todo el año. Los estrategas de equilibrio pueden considerarse como “residentes”, ya que no realizan grandes desplazamientos; no obstante, sí pueden moverse hacia la planicie inundada cuando es temporada de nivel alto. Algunos peces con esta estrategia son las mojarra de la familia Cichlidae, como el cíclido boca de fuego (*Thorichthys meeki*), la mojarra castarrica (*Mayaheros urophthalmus*) y la mojarra pinta (*Parachromis multifasciatus*).

Es importante mencionar que las estrategias utilizadas por los peces no siempre se cumplen en las especies, incluso los mismos autores que proponen estas estrategias señalan las variaciones y limitantes que existen (Escalera-Vázquez *et al.*, 2017). Quizás la integración de otras de características

biológicas, como la flexibilidad fenotípica de algunas especies, podría aportar mayor precisión sobre sus estrategias.

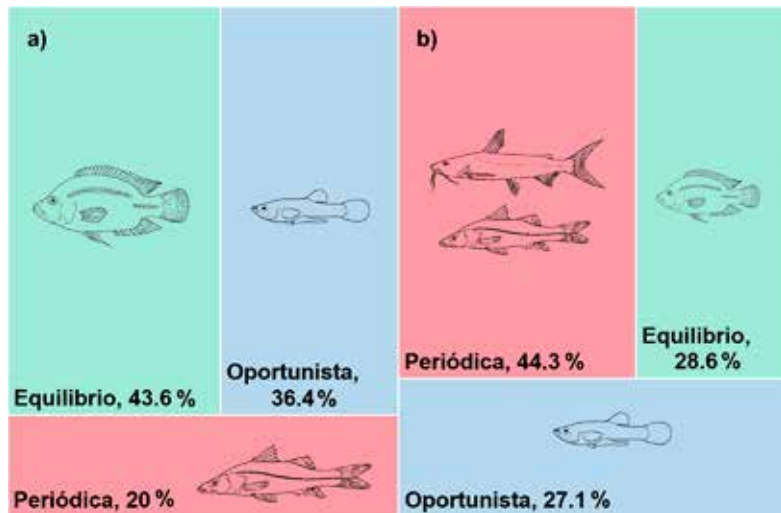
### EL FUTURO DE LOS PECES

El crecimiento urbano es uno de los factores que más ha incidido en la degradación del ambiente, pérdida de los humedales y de la diversidad de especies, debido al cambio de uso de suelo y sobreexplotación de los recursos acuáticos; por ejemplo, en la llanura de inundación del río Grijalva, el crecimiento acelera-

do del área metropolitana ha ocasionado la desconexión entre los humedales, la pérdida de más de 289 hectáreas de humedales (Palomeque de la Cruz *et al.*, 2017) y la disminución o daño en los organismos acuáticos (Sánchez *et al.*, 2019). Por otra parte, la construcción de presas, diques y canales para satisfacer la demanda de agua o para generar energía eléctrica tiene como consecuencia la interrupción del paso del agua en los periodos de inundación y conectividad hidráulica superficial en los humedales.

Por ejemplo, el ciclo de vida de peces migratorios se ve interrumpido, y los que lo logran son capturados antes de poder reproducirse y dejar descendencia. A su vez, en los lagos que quedan aislados y en los humedales urbanos que han permanecido “desconectados” de otros sistemas fluviales por mucho tiempo, la riqueza de especies, principalmente las de afinidad marina, disminuye debido a esta falta de conectividad hidráulica superficial (Sánchez *et al.*, 2019).

El cambio climático global también ocasiona eventos extraordinarios que afectan significativamente a los organismos que habitan el medio acuático; por ejemplo, los eventos intensos de sequía pueden causar una disminución drástica de peces de tallas grandes y medianas (oportunistas y de equilibrio), lo que altera la cadena alimenticia y tiene repercusiones



**Figura 3.** a) Área Metropolitana de Villahermosa (Sánchez *et al.*, 2019); b) Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (Álvarez-Pliego *et al.*, 2021).

a largo plazo (Röpke *et al.*, 2017). Por el contrario, el aumento rápido en el nivel del agua causado por inundaciones extremas puede perjudicar los terrenos de desove y dañar a los huevos y larvas de los peces, lo que resultará en una baja de organismos adultos y, si esto persiste, la desaparición total de la población (Chea *et al.*, 2020). En este sentido, las estrategias de vida juegan un papel muy importante para la sobrevivencia de los peces, lo cual resalta la importancia de estudiar la biología de los animales y sus respuestas ante los cambios ambientales. Para tener un ejemplo del efecto provocado por las alteraciones humanas hacia los ecosistemas acuáticos, se comparó la comunidad de peces de dos zonas de las cuencas Grijalva-Usumacinta: en el área Metropolitana de Villahermosa (AMV), Tabasco (Sánchez *et al.*, 2019) y en la Reserva de la Biósfera de Pantanos de Centla (RBPC) (Álvarez-Pliego *et al.*, 2021).

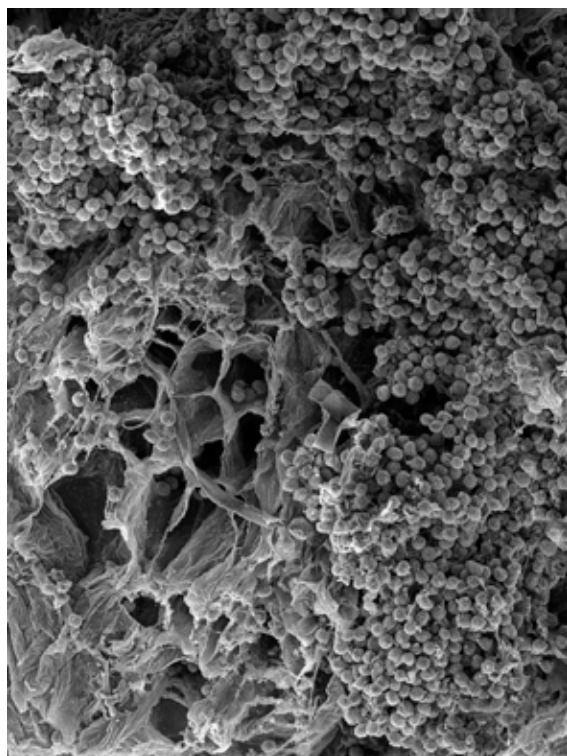
A cada especie se le asignó una categoría (oportunista, periódica o equilibrio), a partir de estas se cuantificaron en cada área y del subtotal se obtuvo el porcentaje de especies por área (Figura 3). Como resultado, se observa que en el AMV los peces con estrategia de equilibrio fueron dominantes (43.6%), mientras que los peces periódicos obtuvieron un porcentaje de 20%. En contraste, en la RBPC las especies con estrategia periódica fueron las más relevantes (44.3%). Lo anterior indica que la biología de

los peces con estrategia periódica está ligada a los ciclos de inundación y conectividad hídrica, por lo que su baja presencia en la zona con mayor impacto antrópico es un ejemplo de los efectos de la alteración de los ciclos naturales de los ecosistemas acuáticos.

## CONCLUSIÓN

Ante el inminente panorama de cambio climático, el aumento de la población mundial y los requerimientos de recursos naturales que esto conlleva es necesario generar y poner en práctica estrategias y planes de desarrollo sostenible que aseguren la conectividad de los ecosistemas y la conservación de los organismos acuáticos que forman parte crucial del bienestar humano. Los planes de manejo con base en la biología de los organismos acuáticos, en particular los peces, son necesarios, de lo contrario se estarán enfrentando a un escenario incierto a futuro, pues, como se ha documentado, no todos los organismos responden del mismo modo ante los cambios en el medio ni tienen la misma capacidad

© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

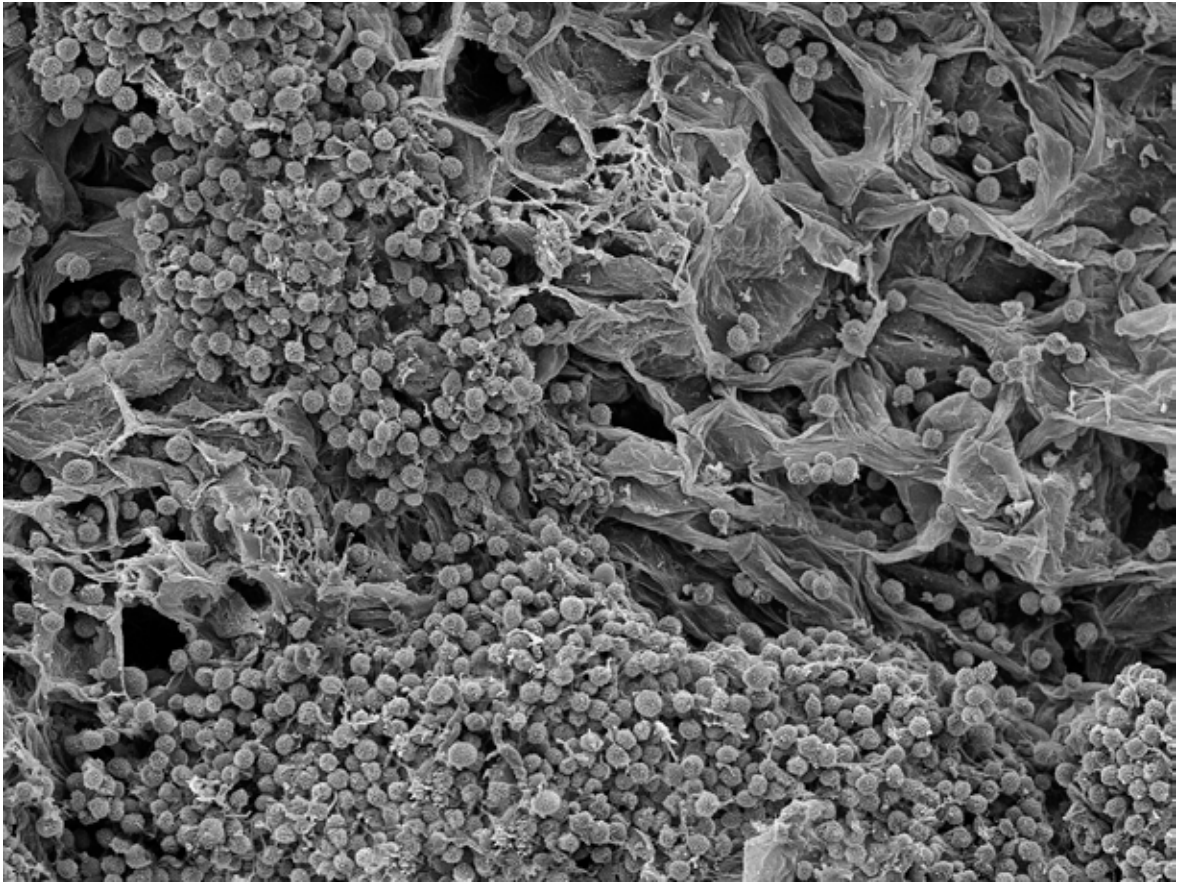


de adaptarse, por lo que se esperaría una pérdida considerable de especies.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Pliego N, Sánchez AJ, Florido-Araujo RA, Salcedo-Meza MÁ, Cruz-Ramírez AK y Barba-Macias E (2021). Diversidad de peces en la reserva de la biosfera Pantanos de Centla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8(1):1-16. doi: <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2713>.
- Chea R, Pool TK, Chevalier M, Ngor P, So N, Winemiller KO, Lek S and Grenouillet G (2020). Impact of seasonal hydrological variation on tropical fish assemblages: abrupt shift following an extreme flood event. *Ecosphere* 11(12). doi:10.1002/ecs2.3303.
- Cruz-Ramírez AK, Salcedo M, Sánchez AJ, Barba-Macias E and Mendoza-Palacios JD (2019). Relationship among physicochemical conditions, chlorophyll-a concentration, and water level in a tropical river-floodplain system. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16(7):3869-3876. doi:10.1007/s13762-018-2127-7.
- Escalera-Vázquez LH, Calderón-Cortés N and Zambrano-González L (2017). Fish population responses to hydrological variation in a seasonal wetland in southeast México. *Neotropical Ichthyology* 15(2). doi:10.1590/1982-0224-20160129.
- Lewin J and Ashworth PJ (2014) The negative relief of large river floodplains. *Earth-Science Reviews* 129:1-23. doi:10.1016/j.earscirev.2013.10.014.
- Palomeque-de la Cruz MÁ, Galindo-Alcántara A, Sánchez AJ y Escalona-Maurice MJ (2017). Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas* (68):151-172. doi:10.14198/INGEO2017.68.09.
- Röpke CP, Amadio S, Zuanon J, Ferreira EJJ, De Deus CP, Pires THS and Winemiller KO (2017). Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports* 7(1):1-10. doi:10.1038/srep40170.
- Salcedo MÁ, Cruz-Ramírez AK, Sánchez AJ, Álvarez-Pliego N, Florido R, Ruiz-Carrera V and Morales-Cuetos SS (2022). Water Quality Indicators in Three Surface Hydraulic Connection Conditions in Tropical Floodplain Lakes. *Water* 14 (23):3931. doi:10.3390/w14233931.
- Sánchez AJ, Álvarez-Pliego N, Espinosa-Pérez H, Florido R, Macossay-Cortez A, Barba E and Garrido-Mora A (2019). Species richness of urban and rural fish assemblages in the Grijalva Basin floodplain, southern Gulf of Mexico. *Cybium* 43:239-254. doi:10.26028/cybium/2019-433-005.
- Winemiller KO and Rose KA (1992). Patterns of Life-History Diversification in North American Fishes: Implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(10): 2196-2218. doi:10.1139/f92-242.

**Marcela Madrigal-Cruz**  
**Nicolás Álvarez-Pliego**  
**Miguel Ángel Salcedo**  
**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**  
**Villahermosa, Tabasco, México**  
**[smurple98@gmail.com](mailto:smurple98@gmail.com)**



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).