

CANTERA



Revista de divulgación científica
del Instituto de Ciencias
Biológicas de la UNICACH

AÑO 6, NÚMERO 1 | ENERO- JUNIO 2025



El campesino y su milpa de montaña

Voces Ancestrales:

Mujeres que Custodian la Memoria Biocultural

Los hongos endófitos mejoran la vida de las plantas

Repoblación de peces nativos

en la costa de Chiapas: **Mojarra tahuina**
(*Amphilophus trimaculatus*)

Las esponjas marinas:

ni plantas, ni hongos pero sí animales primitivos

La neurogénesis: ¿Problema y solución?

Explorando las causas del daño **cerebral infantil**

Las 3Rs: Una audaz estrategia
para responder preguntas de ciencia

Cuéntanos tu tesis. **Entre hojarasca
y caminos de restauración**

Día a día en el ZooMAT. Desafíos de los Zoológicos

Amasijo de ciencia y arte

**Una propuesta de análisis iconográfico
de la máscara del Patrón de los Parachicos**

Las Aventuras de Huitlacoacán. Episodio II

Presentación

Divulgar es publicar, extender, poner al alcance del público algo. **CANTERA** es un medio de comunicación del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH que pretende trascender los muros universitarios y socializar el conocimiento, aquel que se aprende y genera dentro de las aulas, los laboratorios, las selvas y los bosques o el que proviene de los saberes tradicionales, que son parte del quehacer diario de la biología. CANTERA tiene como tentativa transmitir el conocimiento como a uno mismo le hubiera gustado que le contaran las cosas.

Para este número **CANTERA** integra once colaboraciones, ocho notas son de contribución libre y representan el mosaico de la biología, en las primeras se relata la relevancia de las voces y conocimientos tradicionales de sectores algo olvidados en la vorágine social: las mujeres y los campesinos. Se incluye el relato sobre los esfuerzos unicachenses para la repoblación de peces nativos en la costa de Chiapas. Un texto intenta contarnos la importancia de la solidaridad en la naturaleza vista a través de la relación plan-

ta-hongo. Se publica la nota sobre la esencia animal de las esponjas marinas. Además de dos textos de corte neurológico, la reflexión de las consecuencias que contrae la generación de nuevas neuronas y de la mano de ella una nota sobre las causas del daño cerebral en infantes. Para generar conocimiento se necesitan de tácticas y estrategias cada vez menos invasivas, el texto de las 3Rs habla sobre ello.

En la secciones fijas, se puede leer en *Amasijo de arte y ciencia* las hipótesis iconográficas de la máscara del patrón de los parachicos de la festividad Chiapacorcense; en *Cuéntanos tu tesis*, una connotada profesora del ICBIOL nos relata la peripecias entre hojarascas de su tesis de Licenciatura. El personal del ZooMAT nos escribe sobre los desafíos de sus actividades que el público que los visita no percibe.

En la parte de ilustración sale a la luz el segundo episodio de Las Aventuras de Huitlacochín, un hongo comestible muy conocido.

Buena lectura
Comité Editorial

Portada **El campesino**

Un campesino observa la serranía con sus montañas cubiertas de exuberante vegetación con el volcán Tacaná en Chiapas y el Tajumulco en Guatemala en el horizonte. Desde la perspectiva del campesino milpero tradicional y ancestral la naturaleza es y funciona como un todo inseparable, lo que para un profesional es un paisaje regional heterogéneo compuesto de ecosistemas locales en el cual interactúan y evolucionan las diversas especies que lo habitan.



Fotografía de paisaje, versión blanco y negro; iso 200, f/100, 1/500 seg.
Autor: **Noé Jiménez Lang.**

Contraportada

Memorias de mi tierra

Al recorrer la vía de Tuxtla Gutiérrez a Villaflores en Chiapas se observa una marcada transición de paisaje de las zonas urbanas hacia las áreas rurales de vegetación y campo. La transición provoca un cambio en el estado de ánimo y permite redescubrir la importancia de la naturaleza para nuestra subsistencia. Nos hace conscientes de lo desconectados y alejados que estamos de ella. Aunque el panorama parezca desolador en algunos puntos, encontrar milpas en medio del paisaje evoca la vida de generaciones pasadas, cuando la convivencia armónica con el medio natural les permitió obtener recursos sin destruirlo. Tal vez sea el momento de reaprender a vivir en armonía con la naturaleza y encontrar un equilibrio sostenible considerando la sabiduría de los antepasados.

Detalles técnicos: 1/1000s, f/8, ISO 400, 17 mm
Autor: **Caleb Nahaliel Simuta Vicente.**



Contenido

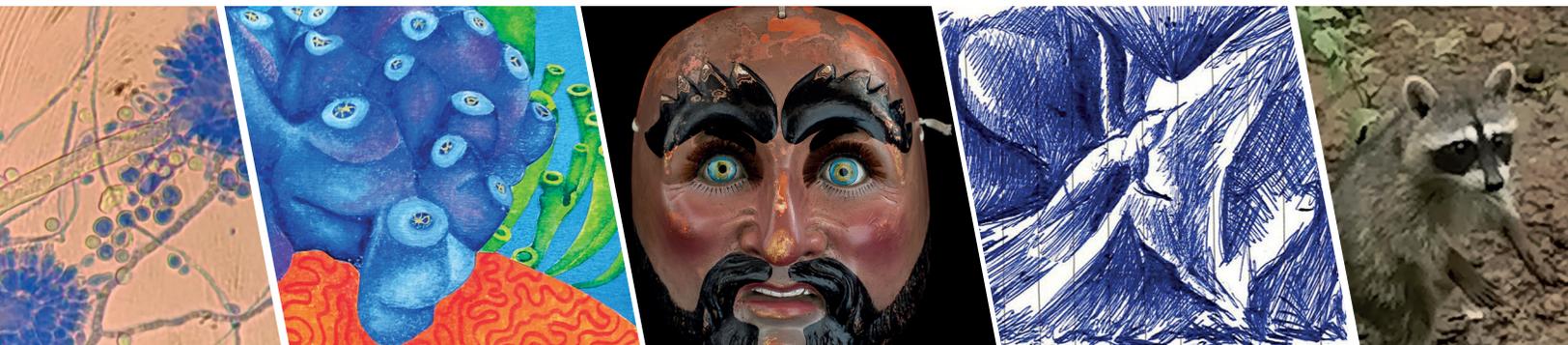
Revista de divulgación científica del Instituto de Ciencias Biológicas

<p>El campesino y su milpa de montaña NOÉ JIMÉNEZ LANG</p> <p>Voces Ancestrales: Mujeres que Custodian la Memoria Biocultural ORQUIDIA GUADALUPE RODRÍGUEZ-MORENO Y ANDREA VENEGAS SANDOVAL</p> <p>Los hongos endófitos mejoran la vida de las plantas CLAUDIA AZUCENA DURÁN RUIZ Y ALMA ROSA GONZÁLEZ ESQUINCA</p> <p>Repoblación de peces nativos en la costa de Chiapas: Mojarra tahuina (<i>Amphilophus trimaculatus</i>) ANDREA HILERIO-RUIZ, TAMARA HILERIO-RUIZ, WILLIAM RODRÍGUEZ-VALENCIA, MARIO A. GÓMEZ-GÓMEZ, EMILIO I. ROMERO-BERNY, FRANCISCO J. TOLEDO-SOLIS</p> <p>Las esponjas marinas: ni plantas, ni hongos pero sí animales primitivos BRANDON NICOLÁS LÓPEZ RAMÓN</p> <p>La neurogénesis: ¿Problema y solución? ANDREA SORAYA OROZCO-RODRÍGUEZ, AURORA DEL CARMEN SÁNCHEZ-GARCÍA, WILBER MONTEJO-LÓPEZ, LAURA MIREYA ZAVALA-FLORES, JESICA JOCELYN CORTÉS-CORTINA Y DANIEL HERNÁNDEZ-BALTAZAR</p>	<p>2</p> <p>5</p> <p>8</p> <p>10</p> <p>13</p> <p>16</p>	<p>Explorando las causas del daño cerebral infantil JULIÁN DAVID GONZÁLEZ-PABÓN, GUERSON YAEL VARELA-CASTILLO, JIMENA ESTHER ALBA-JIMÉNEZ, MARÍA DE JESÚS ROVIROSA-HERNÁNDEZ, PAOLA BELEM PENSADO-GUEVARA Y DANIEL HERNÁNDEZ-BALTAZAR</p> <p>Las 3Rs: Una audaz estrategia para responder preguntas de ciencia ABRIL ALONDRA BARRIENTOS BONILLA, JUAN FRANCISCO RODRÍGUEZ-LANDA, EDUARDO RIVADENEYRA DOMÍNGUEZ, MARCOS FERNANDO OCAÑA SÁNCHEZ Y DANIEL HERNÁNDEZ BALTAZAR</p> <p><i>Cuéntanos tu tesis. Entre hojarasca</i> y caminos de restauración ANA G. ROCHA-LOREDO</p> <p>Día a día en el ZooMAT. Desafíos de los Zoológicos CLAUDETH MARIELLI CASTRO ANGULO</p> <p>Amasijo de ciencia y arte Una propuesta de análisis iconográfico de la máscara del Patrón de los Parachicos JULIO CÉSAR AGUILAR SUÁREZ</p> <p>Las Aventuras de Huitlacochín. Episodio II LUZ NOYOLA MÉNDEZ</p>	<p>18</p> <p>20</p> <p>23</p> <p>25</p> <p>27</p> <p>29</p>
---	--	---	---

CANTERA, Año 6 , número 1, enero-junio de 2025, es una publicación semestral editada por el **Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, UNICACH**. Libramiento norte poniente 1150, Col. Lajas Maciel; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Tel.: 961 617 0400, www.unicach.mx, cantera.biologia@unicach.mx. Editores responsables: Iván de la Cruz Chacón, Claudia Azucena Durán Ruiz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título: 04-2023-070413145300 otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. ISSN electrónico: en trámite.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los editores ni de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. Todo el contenido intelectual que se encuentra en la presente publicación periódica se licencia al público consumidor bajo la figura de **Creative Commons**. Esta obra se distribuye bajo una Licencia **Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir**



El campesino y su milpa de montaña

NOÉ JIMÉNEZ LANG



El campesino.

Foto: Noé Jiménez Lang.

El paisaje adquiere vida si uno esta bien dispuesto a contemplarlo con los ojos del alma

La serranía del sur tropical mexicano mantiene todo el año un color verdoso cerúleo en su parte alta, en su parte media y baja se pinta de verde grisáceo hasta ocre verdinoso. Esta coloración en el paisaje regional la confiere la estacionalidad de la vegetación con su flora arbórea, el dosel y follaje, que pinta el antiguo lienzo edáfico. Si uno se adentra en el paisaje y lo vive no pasan desapercibidos el zumbido del colibrí, el runrún de una abeja dentro de una flor, el sobrevuelo en bandada de las rapaces migratorias, el chirrido de la cigarra, el rumor del río en la cañada, el vuelo inarmónico de una mariposa, el silbido de una ráfaga entre los árboles, la hormiga cargando a otra hormiga, el calor del sol en la coronilla y el campesino que anda hacia su milpa. El paisaje adquiere vida si uno esta bien dispuesto a contemplarlo con los ojos del alma [1].

En algún lugar de la serranía del sur tropical mexicano vive un campesino. Es posible que vista con un sombrero raído y sucio como revolcado

en la tierra, una camisa desgastada manga larga o corta, pantalón desteñido y remendado, que calce huaraches o botas de hule con una rotura en el forro y otra en la suela. Él podría ser de estatura baja o varejón como palmera, cuerpo enjuto o regordete, de piel morena, prieta o quemada por el sol, de manos callosas esculpidas por el uso del machete, con el rostro arrugado como hoja seca o alisado como piedra de río, de ojos negros o marrón para ver al **azacuán**. En su frente acaso luzca lunares como pedacitos de carbón y en su mentón una barba rala o tupida como arañas patudas amontonadas. Su plática quizá fluya como un río y se quede inmóvil como tocón de árbol o inquieto como trompo bailarín. Si se enoja igual es como fresca lluvia de mayo o un torrente que arrastra cuanto encuentra a su paso. Por las noches capaz que se asoma a la ventana para ver las estrellas o si lloverá al día siguiente. Lo más seguro es que madrugue y vaya a su milpa en compañía de su perro.



El campesino trabaja, no expresa cansancio y sonríe. Cultiva milpa, palma y café. Cría gallinas, patos, cerdos y procura el cuidado de sus perros. Corta cuanta fruta encuentra y pepena las del suelo cuando buenas. Come **pacaya** con huevo y tortillas a mano, también compra en la tiendita. En su milpa siembra **tol** para guardar las tortillas, **pumpo** para llevar agua, **frijol patashete**, calabaza, maíz jarocho y chayote, además una fruta que parece sandía y calabaza a la vez, el **chilacayote**. Su cosecha abastece de alimento a él, su esposa, una hija con sus retoños, un hijo que regresó del vecino país del norte y su joven nieta que no va a la escuela secundaria porque en el pueblo no hay. Todos los campesinos saben que también compartirán la cosecha con el mapache, tejón, tuza, **arrocerito**, **tunquil**, zanate, palomas, cotorras y además con otros campesinos, pero no les preocupa porque saben que así es en el campo. El campesino es creativo y explica cómo elaborar un sembrador “use un tol seco, le corta aquí y levanta un pedacito, le hace un agujero aquí y otro aquí, en los dos lados, le mete un lacito, le saca toda la semilla y lo llena todo con maíz”, ya uno se lo amarra en la cintura colocado a un costado o debajo del ombligo y va sacando las semillas para enterrarlas en el surco.

Ayer el campesino fue a su milpa y decidió regresar a su casa antes que el sol embraveciera y el calor lo sobrepasara. En su momento echó al hombro un costal lleno de mazorcas, dos toles y lo que la tierra le dio a su tiempo. Caminó con paso ligero, a veces tambaleó, las rígidas botas de hule no le permitían un buen equilibrio en aquel camino inclinado y pedregoso. Caminó sin detenerse y no volteó a ver para atrás, el costal le estorbaba, miraba al suelo como contando las piedras o sus pasos, a veces hacia al frente como buscando a su pequeño perro engarrapatado. Cuando se cansó se detuvo un rato y no bajó su carga, observó a su alrededor y tomó aire para continuar. Más adelante en el camino con calma bajó su carga y se sentó, sacó su **itacate** (tortillas a mano, huevo con calabaza, frijol y queso), le convidó al profesional acompañante y a su cánico amigo, comió, envolvió el traste con una manta y lo metió a su costal, se levantó y caminó. En el mismo

La pervivencia, la creatividad y la adaptación al entorno, en el campesino se manifiestan en su modo de vida

arroyo donde pasaron por la mañana se detuvo y bajó su costal. Desde la distancia vio de reojo a quien le acompañaba. Se agachó y con las manos formó una jícara para beber agua, rellenó su botella de plástico, se levantó y echó nuevamente el costal a su hombro. Y caminó hasta llegar a su casa donde su pequeña gran familia le esperó.

La **pervivencia**, la creatividad y la adaptación al entorno, en el campesino se manifiestan en su modo de vida, en la elaboración de herramientas rústicas de trabajo y de manera principal en el cultivo de milpa natural. Como habitante de un entorno agreste el campesino ha de ser seguro de sí mismo para pervivir ante la adversidad económica y la climática [2]. Así es como el campesino a través de sus costumbres y tradiciones permite conservar la diversidad biológica agrícola de su entorno y la cultural de su territorio, además contribuye al conocimiento científico con sus saberes [3]. El campesino hipotético, en diversos sentidos, evoca a cualquier campesino del México rural contemporáneo donde el desarrollo es una utopía [4] y el paisaje geográfico pertenece al presente donde aún se conserva la biodiversidad.

A G R A D E C I M I E N T O S .

A don Urbano Lorenzo Pérez Vázquez por su apoyo en campo e insuflar a la creación de este retrato literario y visual. A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por el apoyo financiero al proyecto “Recuperación e integración de elementos tradicionales ancestrales para revitalizar la agricultura familiar en territorios campesinos de la reserva de la biósfera El Triunfo”, en el concurso Sembradores 2019.

G L O S A R I O

Arrocerito. Nombre local para las aves semillero brincador (*Volatinia jacarina*) y semillero de collar (*Sporophila torqueola*), que visitan las milpas y arrozales para alimentarse de granos.

Azacuán. Bandada de aves rapaces migratorias compuesta de casi veinte especies principalmente tres: *Buteo platypterus*, *Buteo swainsoni* y *Cathartes aura* [5].

Chilacayote. Fruto comestible de una variedad de calabaza común, de corteza lisa y verde, y pulpa fibrosa [6].

Edáfico. Perteneciente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a las plantas [7].

Frijol Patashete. Variedad de frijol (*Phaseolus lunatus*) originario de México y Perú [8].

Itacate. s m Provisión de alimentos que lleva una persona al trabajo, generalmente en el campo o cuando se va de viaje [6].

Pacaya. Flores comestibles de la palmera silvestre (*Chamaedorea tepejilote*), similar a una mazorca.

Pervivencia. Seguir viviendo a pesar del tiempo o de las dificultades [7].

Pumpo. Fruto leñoso de formas biglobular, similar a una calabaza. También se le conoce como bule.

Tol. Fruto leñoso de forma globular similar a una calabaza.

Tunquil. Nombre local para referirse al ave tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) y tordo ojo rojo (*Molothrus aeneus*), que visitan en bandadas los pastizales, maizales y milpas.

PARA CONOCER MÁS

[1] Checa-Artasu Martín M. (2014). Oportunidades y carencias para una cultura del paisaje en México. Algunas notas. En: Checa-Artasu Martín M., García Chiang A., Soto Villagran P., Sunyer Martin P. (2014). Paisaje y Territorio. Articulaciones teóricas y empíricas. Universidad Autónoma Metropolitana. 423 pp.

[2] Fromm Erich y Maccoby Michael. 1973. Sociopsicoanálisis del campesino mexicano. Fondo de Cultura Económica. 395 pp.

[3] Hipólito Romero E. (2018). Las prácticas tradicionales como patrimonio biocultural: capital sociocultural para recuperar la producción primaria local. En: Reyes Montes L., Pérez Sánchez José M. y Moctezuma Pérez S. (Coords). (2018). Sistemas agrícolas tradicionales. Biodiversidad y cultura. El Colegio Mexiquense. 224 pp.

[4] Ávila Foucat V. Sophie. (Coord). (2014). Pobreza y sustentabilidad. Capitales en comunidades rurales. En: Sánchez



Almanza A. (2014). La pobreza en el contexto del desarrollo regional. Universidad Nacional Autónoma de México. Ariel. 302 pp.

[5] eBird.org (2025). Migración de aves rapaces. <https://ebird.org/region/ca/post/migracion-de-aves-rapaces> Acceso 26 de mayo de 2025.

[6] Diccionario del español de México (2025). <https://dem.colmex.mx/Inicio>. Consultado el 26 de mayo de 2025.

[7] Diccionario de la lengua Española (2025). <https://dle.rae.es/>. Consultado el 26 de mayo de 2025.

[8] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/frijoles>. Consultado el 26 de mayo de 2025.

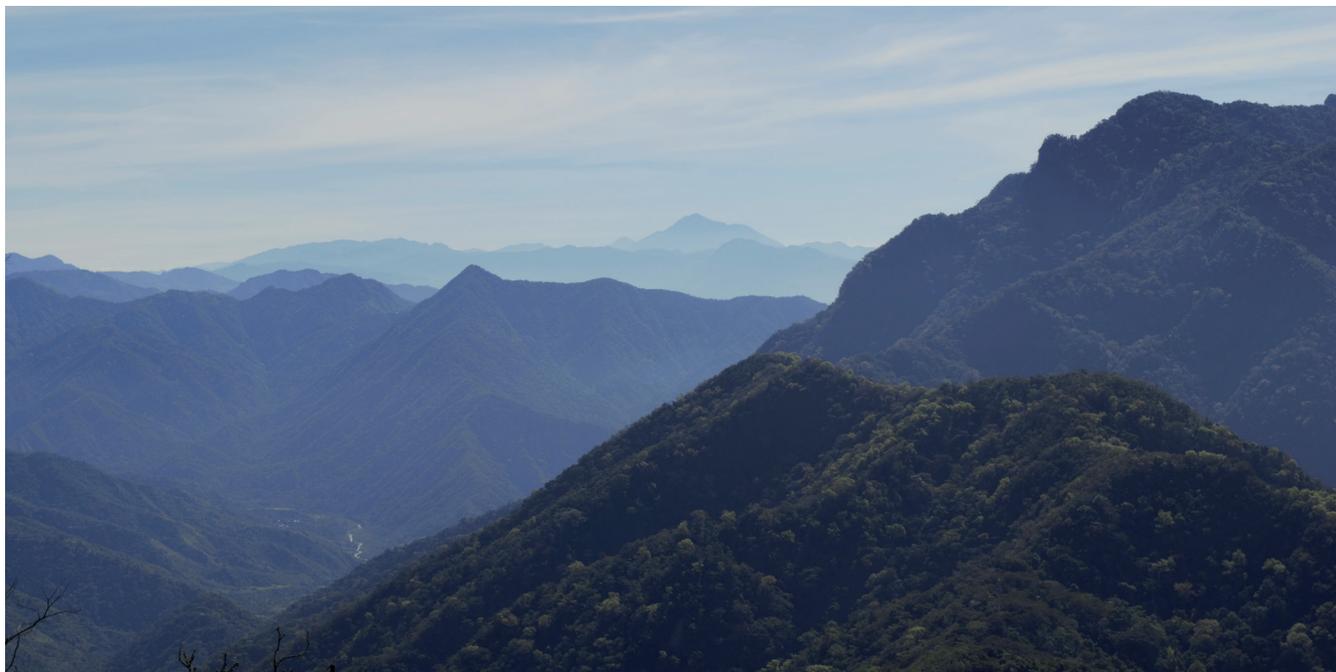
Maíz criollo "jarochero" cultivado en la serranía del sur tropical mexicano en Chiapas. Foto: Noé Jiménez Lang.

DEL AUTOR

Noé Jiménez Lang

Biólogo egresado de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

tsukumraku@outlook.com



Montañas y volcán Tacaná en la serranía del sur tropical mexicano en Chiapas. Foto: Noé Jiménez Lang.

Voces Ancestrales: Mujeres que custodian la memoria biocultural

ORQUIDIA GUADALUPE RODRÍGUEZ-MORENO Y ANDREA VENEGAS SANDOVAL

La memoria biocultural se manifiesta en los paisajes cultivados, los sistemas alimentarios tradicionales, los saberes medicinales, las lenguas originarias y las formas de organización comunitaria

La mujer y la memoria biocultural

En el corazón de los pueblos originarios y comunidades locales, las mujeres han sido fundamentales en la conservación de la **memoria biocultural**, entendida como un entramado dinámico de conocimientos, prácticas, valores, espiritualidades y afectos que vinculan profundamente a las comunidades con sus territorios. Esta memoria no es un archivo del pasado, sino una práctica viva de resistencia, adaptación y reconstrucción frente a procesos históricos de colonización, despojo y transformación ecológica [1].

Según datos de la FAO, el 43% de la fuerza laboral agrícola en países en desarrollo está conformada por mujeres, quienes desempeñan un papel clave en la preservación de semillas y conocimientos agroecológicos [2]. Las mujeres, como guardianas de estos saberes, han desarrollado estrategias para seleccionar, cultivar y conservar especies vegetales, asegurando su permanencia en el tiempo. En comunidades indígenas de México y Perú, proyectos de reforestación liderados por mujeres han restaurado hectáreas de bosque, asegurando la continuidad de especies nativas y prácticas sustentables. Además, hay estudios que destacan que las mujeres desempeñan un papel esencial en la transmisión de conocimientos agroecológicos y en la preservación de la biodiversidad [2]. Su papel trasciende la vida cotidiana, pues no solo garantizan la continuidad de saberes ancestrales, sino que también impulsan la innovación en la gestión sostenible del ambiente.

La memoria biocultural se manifiesta en los paisajes cultivados, los sistemas alimentarios tradicionales, los saberes medicinales, las lenguas originarias y las formas de organización comunitaria. Como cuidadoras de la vida, las mujeres han sido portadoras y recreadoras de la memoria colectiva. Su participación en la selección de semillas, el manejo del agua, la crianza, los rituales, la oralidad y la salud comunitaria no solo asegura la transmisión de saberes, sino también la preservación de los sentidos de pertenencia e identidad de las comunidades.

El papel de las mujeres en la agroecología y la herbolaria

Históricamente, las mujeres indígenas y campesinas han sido protagonistas en la domesticación de cultivos que hoy sustentan la alimentación global. Según la FAO, el 60% de las semillas utilizadas en sistemas agroecológicos provienen de prácticas de selección y mejora lideradas por mujeres [2]. Sin embargo, su contribución ha sido invisibilizada debido a múltiples factores derivados del sistema patriarcal y neoliberal, que conllevan principalmente a la falta de reconocimiento económico y social. A pesar de ello, han formado redes de acción que combinan conocimientos heredados con técnicas contemporáneas, promoviendo la sustentabilidad y el desarrollo comunitario.

En la medicina tradicional, las mujeres han jugado un papel crucial en la selección y el uso de plantas medicinales, contribuyendo al bienestar de sus comunidades y al avance del conocimiento científico. Estos saberes no son meramente utilitarios,



sino parte de un entramado ético, espiritual y territorial que conforma los cimientos de muchas culturas originarias. Estudios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) resaltan que más del 80% de las poblaciones rurales en América Latina dependen de la medicina tradicional para su atención primaria, con las mujeres como principales transmisoras de este conocimiento [3].

En este contexto, resulta imprescindible hablar de **diálogo de saberes**, entendido no como una integración mecánica entre el conocimiento científico y el tradicional, sino como un encuentro intercultural basado en el respeto mutuo y el reconocimiento de distintas formas de entender el mundo. Tal como plantea Catherine Walsh, el diálogo de saberes es “una posibilidad de re-existencia” que abre caminos para reconstruir mundos otros, desde el entretrejo de experiencias, memorias y luchas de los pueblos [4]. Este diálogo implica aprender a escuchar y valorar saberes que han sido históricamente deslegitimados.

Retos y resistencia: mujeres ante el cambio climático

Actualmente, las mujeres enfrentan desafíos derivados del cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Estudios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) han señalado que las comunidades rurales lideradas por mujeres, como

las de la Sierra Tarahumara en México, han experimentado cambios drásticos en los patrones de precipitación y temperatura, afectando su acceso a fuentes de agua y la productividad agrícola [5]. Estas alteraciones han incrementado la vulnerabilidad de las mujeres en la gestión de recursos naturales y la seguridad alimentaria. Según el IPCC, las mujeres rurales son particularmente vulnerables a la degradación ambiental, ya que dependen en gran medida de los recursos naturales para su subsistencia. No obstante, han logrado abrir espacios en la educación, la política y la economía, impulsando modelos de comercialización sostenible y luchando por una gestión equitativa de los recursos.

El uso de tecnologías innovadoras les ha permitido fortalecer sus estrategias de conservación y difusión de la memoria biocultural. Entre estas tecnologías, destacan los sistemas de monitoreo satelital para evaluar cambios en la biodiversidad, el uso de drones en el mapeo de ecosistemas comunitarios y aplicaciones móviles que facilitan la recopilación de datos etnobiológicos. Desde plataformas digitales hasta nuevas técnicas de agricultura regenerativa, las mujeres han sabido equilibrar la tradición con el progreso. Un ejemplo de ello es el programa de agroecología digital impulsado por la Red de Mujeres Indígenas sobre Biodiversidad, el cual ha permitido la capacitación en técnicas agrícolas sostenibles mediante el uso de plataformas en línea [6].



Hacia un futuro de equidad y reconocimiento

Aun con su rol esencial en la preservación de los recursos naturales y el conocimiento tradicional, las mujeres continúan enfrentando discriminación por su género, etnia y estatus socioeconómico. Es imperativo garantizar sus derechos individuales y colectivos, incluyendo el acceso equitativo a la tierra, la participación política y la justicia social.

El reconocimiento y fortalecimiento de su papel en la gestión del patrimonio biocultural no solo beneficia a sus comunidades, sino que también contribuye a la construcción de sociedades más justas y sustentables. En diversas regiones del mundo, este reconocimiento ha sido impulsado por políticas públicas y programas de conservación con enfoque de género. Por ejemplo, en Bolivia, la Ley de Derechos de la Madre Tierra ha fortalecido la participación de mujeres indígenas en la gestión ambiental, facilitando su acceso a recursos naturales [7].

En el contexto chiapaneco, las mujeres indígenas han desempeñado un papel esencial en la defensa del territorio y el mantenimiento de sus tradiciones. Organizaciones comunitarias han impulsado estrategias de agroecología y gestión del agua que han permitido fortalecer la seguridad alimentaria y preservar la biodiversidad local. Asimismo, el movimiento de parteras tradicionales ha asegurado la continuidad de saberes ancestrales en salud, promoviendo el reconocimiento de su labor dentro de los sistemas de salud pública. Valorar sus aportaciones es fundamental para garantizar la continuidad del legado biocultural

en Chiapas y otras regiones con dinámicas similares, asegurando su papel central en la construcción de un futuro sostenible para las generaciones venideras.

PARA CONOCER MÁS

[1] Toledo VM, Barrera N. *La memoria biocultural y la resistencia comunitaria*. México, D.F.: UNAM; 2023.

[2] FAO. *El rol de las mujeres en la agroecología y la seguridad alimentaria*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2023.

[3] Organización Mundial de la Salud (OMS). *Medicina tradicional en América Latina y su impacto en la salud pública*. Ginebra: OMS; 2023.

[4] Walsh C. Interculturalidad, conocimiento y decolonialidad. *Revista de Ciencias Sociales*. 2009;(25):12-30.

[5] Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). *Cambio climático, género y comunidades vulnerables: evaluación global*. Ginebra: IPCC; 2023.

[6] Red de Mujeres Indígenas sobre Biodiversidad de América Latina y el Caribe (RMIB-LAC). Participación y liderazgo de las mujeres indígenas en la conservación de la biodiversidad. Ciudad de Panamá: RMIB-LAC; 2023. Disponible en: <https://rmiblac.org>

[7] Pérez R, González M. Perspectivas de género en la conservación biocultural. Bogotá: Editorial Universitaria; 2023.

DE LAS AUTORAS

M. en C. Orquidia Guadalupe Rodríguez-Moreno

Instituto de Conservación del Patrimonio Biocultural A.C.
Autora de las fotografías

Dra. Andrea Venegas Sandoval

Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
andrea.venegas@unicach.mx

Desde plataformas digitales hasta nuevas técnicas de agricultura regenerativa, las mujeres han sabido equilibrar la tradición con el progreso.



Los hongos endófitos mejoran la vida de las plantas

CLAUDIA AZUCENA DURÁN RUIZ Y ALMA ROSA GONZÁLEZ ESQUINCA

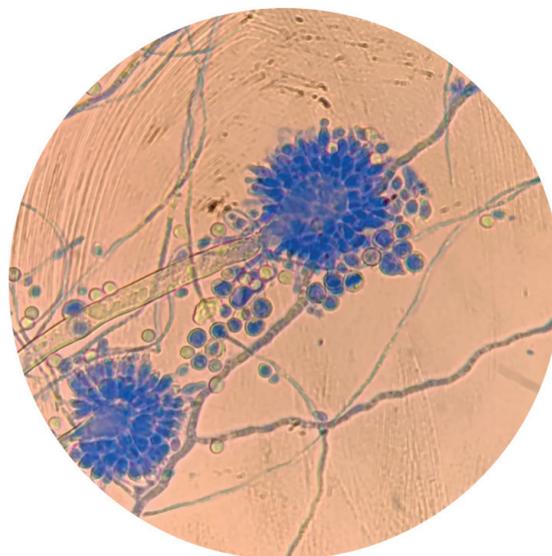
Los endófitos habitan en las células de las hojas, tallos y raíces, formando comunidades ecológicas donde varios coexisten en una misma planta

Hace algunos años se consideraba a las plantas como organismos autónomos, capaces de realizar procesos biológicos como crecer, reproducirse, defenderse de herbívoros y alimentarse sin la ayuda de otros organismos. Sin embargo, estudios recientes han descubierto que algunas especies de hongos habitan dentro de los tejidos de las plantas y pueden influir en estos procesos.

Generalmente, la percepción común sobre los hongos es negativa, ya que se les asocia con enfermedades. No obstante, esto no es del todo cierto, en las interacciones con las plantas, algunos viven con ellas en una relación de “común acuerdo” y con beneficios mutuos. A los que logran esta comunión se les conoce como hongos endófitos [1].

Los endófitos habitan en las células de las hojas, tallos y raíces, formando comunidades ecológicas donde varios coexisten en una misma planta [2]. Los tejidos vegetales proporcionan un ambiente ideal para que estos microorganismos encuentren nutrientes, temperatura y humedad óptima para sobrevivir y desarrollarse.

En esta interacción surgen varias preguntas ¿Las plantas permiten que los hongos vivan en ellas y de ellas? No siempre. Los hongos producen y liberan compuestos para invadir los tejidos vegetales, mientras que las plantas producen sustancias químicas de defensa para impedir dicha invasión. Si la planta está débil, el hongo puede causarle daño y provocar enfermedad. En cambio, si la planta está fuerte puede defenderse eficazmente y evitar la colonización. Entonces, la relación endofítica se forma cuando ambas partes alcanzan un estado de equilibrio [3].



La relación mutualista implica que tanto la planta como el hongo se benefician, por ejemplo, algunos endófitos participan de forma activa en los procesos de la planta, ya que pueden ser promotores del crecimiento mediante la producción y regulación de fitohormonas [4]. También activan mecanismos de defensa frente a patógenos, mejoran la absorción de nutrientes como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio [4], y favorecen la adaptación de las plantas a condiciones adversas como sequía, salinidad, acidez [5] o suelos con presencia de metales pesados como plomo y zinc [6].

Algunos géneros de hongos endófitos son *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phomopsis*, *Cylindrocladiella*, *Fusarium* y *Colletotrichum* [4]. Los dos últimos han sorprendido a la comunidad científica porque son conocidos principalmente por

Hongo *Aspergillus* visto al microscopio. Foto: Cristina Vázquez Ovando.



causar enfermedades en plantas, como la podredumbre de raíces en el maíz o la antracnosis en el aguacate. Sin embargo, cuando son endófitos en *Arabidopsis thaliana* y *Vitex negundo* y otras especies, promueven la producción de metabolitos secundarios con actividades biológicas como la antimicrobiana e insecticida que fortalecen a su planta hospedera y le permiten defenderse y sobrevivir [7, 8]. Esto evidencia que un mismo hongo puede ser patógeno para algunas especies pero beneficioso para otras.

Otra pregunta es ¿Cómo sería la vida de las plantas sin la presencia de los hongos endófitos? Según lo observado, estos hongos están tan involucrados en procesos esenciales que resulta difícil imaginar a las plantas sin ellos. Es necesario realizar investigaciones para determinar si todas las especies de plantas albergan hongos endófitos, cuáles son y si algunos son específicos para ciertos órganos o procesos. La tarea es compleja, se requieren más recursos, colaboración y tiempo para comprender a fondo esta singular relación. Las respuestas que se obtengan revelarán datos importantes sobre las adaptaciones y relaciones que probablemente se originaron hace millones de años.

PARA CONOCER MÁS

- [1] González Esquinca AR y CA Riley Saldaña. (2023). ¿Qué son, en dónde viven y qué hacen los hongos endófitos? *Cantera*, 4(1): 13-15.
- [2] Nisa H, Kamili A, Nawchoo I, Shafi S, Shameem N, Bandh S. (2015). Fungal endophytes as prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products: A review. *Microbial Pathogenesis*, 82: 50-59.
- [3] Sánchez-Fernández RE, Sánchez-Ortiz BL, Sandoval-Espinosa KM, Ulloa-Benítez A, Armendáriz-Guillén B, García-Méndez MC, Macías-Rubalcava ML. (2013). Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 16(2): 132-146.
- [4] Watts, D., Palombo, E. A., Jaimes Castillo, A., y Zaferanloo, B. (2023). Endophytes in Agriculture: Potential to improve yields and tolerances of agricultural crops. *Microorganisms*, 11(5): 1276.

Los hongos producen y liberan compuestos para invadir los tejidos vegetales, mientras que las plantas producen sustancias químicas de defensa para impedir dicha invasión.



Hongo *Fusarium* visto al microscopio.
Foto: Cristina Vázquez Ovando.

- [5] Abello JF, Kelemu S. (2006). Hongos endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el interior de las plantas. *Corpoica, Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2): 55-57.
- [6] Li, X., Li, W., Chu, L., White, J. F., Xiong, Z., & Li, H. (2016). Diversity and heavy metal tolerance of endophytic fungi from *Dysphania ambrosioides*, a hyperaccumulator from Pb-Zn contaminated soils. *Journal of Plant Interactions*, 11(1): 186-192.
- [7] Toghueo, R. M. (2019). Bioprospecting endophytic fungi from *Fusarium* genus as source of bioactive metabolites. *Mycology*, 11(1), 1-21.
- [8] Arivudainambi, U. E., Anand, T. D., Shanmugaiyah, V., Karunakaran, C., & Rajendran, A. (2011). Novel bioactive metabolites producing endophytic fungus *Colletotrichum gloeosporioides* against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 61(3): 340-345.

DE LAS AUTORAS

Dra. Claudia Azucena Durán Ruiz.

Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal.
Instituto de Ciencias Biológicas.
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
claudia.duran@unicach.mx

Dra. Alma Rosa González Esquinca.

Laboratorio de Fisiología y Química Vegetal.
Instituto de Ciencias Biológicas.
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
aesquinca@unicach.mx

Repoblación de peces nativos en la costa de Chiapas: **Mojarra tahuina** (*Amphilophus trimaculatus*)

ANDREA HILERIO-RUIZ, TAMARA HILERIO-RUIZ, WILLIAM RODRÍGUEZ-VALENCIA, MARIO A. GÓMEZ-GÓMEZ, EMILIO I. ROMERO-BERNY, FCO. JAVIER TOLEDO-SOLIS

Una especie nativa es cualquier especie que pertenece a la zona donde ha evolucionado de forma natural y se considera propia de una determinada región geográfica, país, continente, o cualquier otra delimitación biogeográfica y/o administrativa de estudio [1].

Chiapas se caracteriza por su riqueza biológica y una amplia red hidrológica que propicia la presencia de numerosos peces y un alto grado de endemismo (especies que sólo se distribuyen en una zona o región). En el Estado, una de las familias predominantes es la Cichlidae, la cual se integra por algunas especies nativas como *Amphilophus trimaculatus* [2]. Esta mojarra conocida comúnmente como camiche, negra o tahuina, se distribuye en la región hidrológica del río Grijalva y en la costa de Chiapas [3].

Los sistemas acuáticos (ríos, lagunas y esteros) en donde habita se caracterizan por ser de flujo lento, preferentemente se encuentra en zonas con plantas acuáticas y sustratos limosos, lodosos y **detritus**. Desde el punto de vista ecológico, es una especie secundaria omnívora que se alimenta de pequeños peces, macroinvertebrados e insectos acuáticos y/o terrestres. En lo económico, la mojarra tahuina es apreciada en la región con un valor monetario mayor que otras especies en los mercados locales.

La extracción de la mojarra tahuina para el autoconsumo y la comercialización denota la importancia de la especie, por lo que se deben realizar acciones de aprovechamiento (desarrollar la bio-



Figura 1.
Reproductor de mojarra tahuina (*Amphilophus trimaculatus*).

tecnología de cultivo) y de conservación (repoblación), con el fin de mitigar el agotamiento de los recursos pesqueros. En cuanto a esta última acción, una repoblación se conoce como el refuerzo poblacional o proceso que trata de incrementar el número de individuos en una población existente a través de movimiento y/o liberación de ejemplares de la misma especie [4].

¿Pero cómo conseguimos producir crías para su repoblación? Hoy, se cuenta con la biotecnología para producir larvas de mojarra tahuina en condiciones controladas para investigación y realizar acciones de liberación. La reproducción de la mojarra tahuina consiste en recolectar ejemplares (Fig. 1), principalmente de los sistemas acuáticos de la región y acondicionarlos a los sistemas de cultivo. Esta actividad se realiza en condiciones controladas, preferentemente en sistemas de recirculación en donde se habilitan refugios para la anidación. Se utiliza una proporción de dos hembras por cada ma-



cho, después de establecer los ciclos de reproducción los peces dominantes forman parejas y comienzan un periodo de cortejo; una vez obtenidos los **embriones**, se trasladan a otro sistema de recirculación para su crianza. En los primeros días, las larvas se alimentan con las reservas del **saco vitelino**, agotada tales reservas se les suministra alimento vivo, seguido de una alimentación combinada y por último, alimento balanceado hasta conseguir la talla deseada (Fig. 2). En todas las etapas se utiliza alimento comercial con 45% de proteína y 16% de lípidos.

Pero ¿cuáles son los criterios para una liberación exitosa? Para ello, es necesario tener en cuenta algunos aspectos biológicos que la especie demanda, como la profundidad del sistema acuático, tipo de sustrato, régimen hidrodinámico, disponibilidad de hábitat, seguridad del sitio y calidad del agua. Preferentemente, la liberación de organismos se debe realizar donde el hábitat de la mojarra presente algún tipo de vegetación que sirva de refugio, de ser posible hacer coincidir las liberaciones con épocas de reproducción de las poblaciones silvestres de la especie [4].

¿En dónde repoblamos? Considerando lo anterior, este grupo de trabajo realizó, el 29 de noviembre del 2024, la liberación de 5 mil crías de mojarra tahuina de un peso aproximado de 2 gramos (Fig. 3) en una de las zonas de refugio de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (Topón, Pijijapan). También se realizó el curso-taller “Introducción al cultivo de especies nativas: la mojarra camiche (*Amphilophus trimaculatus*)” en la Sociedad cooperativa Agostaderos de Topón (Fig. 4), quienes realizaron el compromiso de capturar esta especie solo después de alcanzar la talla reproductiva (mayor a 15 centímetros).

El Centro de Investigaciones Costeras del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) estima replicar estas acciones en otros sitios de refugio de la Costa de Chiapas y en sociedades cooperativas pesqueras y con ello aportar en la retribución social y en el extensionismo del sector rural.

G L O S A R I O

Detritus: Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas.

Embrión: Ser vivo en las primeras etapas de su desarrollo, desde la fecundación hasta que el organismo adquiere las características morfológicas de la especie.



Saco vitelino: Bolsa llena de vitelo, del que se alimentan ciertos embriones animales durante las primeras etapas de su desarrollo.

Figura 2.

Larvas de mojarra tahuina (*Amphilophus trimaculatus*).

P A R A C O N O C E R M Á S

[1] CANEI (2010). Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 94 paginas.

[2] Říčan, O., Piálek, L., Dragová, K., Novák, J. (2016). Diversity and evolution of the Middle American cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) with revised classification. *Vertebrate Zool.* 66(1):1-102. doi:<https://doi.org/10.3897/vz.66.e31534>

[3] Gómez-Martínez, R.F., López-Vila, J.M., Matamoros, W.A., González-Díaz, A.A., Gómez-González, A.E. (2022). Diversity of Cichlid Fishes (Cichliformes: Cichlidae) in Chiapas, Mexico: A practical identification key with updated distribution maps. *Zootaxa*. Vol. 5175(2):231-252. doi:<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5175.2.3>

[4] OESA-Fundación Biodiversidad (2018). Caracterización de la cría en cautividad y repoblación de especies de interés a través de la acuicultura. Fundación Biodiversidad, Madrid, España. 60 paginas.



Figura 4. Curso-taller “Introducción al cultivo de especies nativas: la mojarra camiche (*Amphilophus trimaculatus*)”, sociedad cooperativa Agostaderos de Topón, Pijijiapan, Chiapas.

DE LOS AUTORES

Andrea Hilerio-Ruiz

Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos (LAFIRA),
División Académica de Ciencias Biológicas.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
Villahermosa, Tabasco, México.
aghr-c@hotmail.com

Tamara Hilerio-Ruiz

Laboratorio de Fisiología en Recursos Acuáticos (LAFIRA),
División Académica de Ciencias Biológicas.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
Villahermosa, Tabasco, México.
hilerio.3098@gmail.com

William Rodríguez-Valencia

Laboratorio de Investigación en Fisiología de Organismos
Acuáticos (LIFOA), Centro de Investigaciones Costeras.
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tonalá, Chiapas.
william.rodriguez@unicach.mx

Mario A. Gómez-Gómez

Laboratorio de Investigación en Fisiología de Organismos
Acuáticos (LIFOA), Centro de Investigaciones Costeras.
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tonalá, Chiapas.
mario.gomez@unicach.mx

Emilio I. Romero-Berry

Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera (LIECO),
Centro de Investigaciones Costeras.
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tonalá, Chiapas.
emilio.romero@unicach.mx

Francisco Javier Toledo-Solis

Laboratorio de Investigación en Fisiología de Organismos
Acuáticos (LIFOA), Centro de Investigaciones Costeras.
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tonalá, Chiapas.
fj.toledos@gmail.com



Figura 3. Liberación de crías de mojarra tahuina (*Amphilophus trimaculatus*) en zonas de refugio de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Topón, Pijijiapan, Chiapas.



Las esponjas marinas: ni **plantas**, ni **hongos** pero sí **animales primitivos**

BRANDON NICOLÁS LÓPEZ RAMÓN

La ausencia de pigmentos fotosintéticos hace que las esponjas sean incapaces de alimentarse por cuenta propia, por lo que dependen de otros seres vivos para nutrirse

Los Poríferos, mejor conocidos como esponjas marinas, son animales invertebrados que pertenecen al filo Porifera, uno de los grupos de animales más primitivos. Reciben su nombre debido a los numerosos poros que los caracterizan, son diversos en formas, colores y tamaños. Fueron de

los primeros animales que aparecieron en nuestro planeta, con registros fósiles del periodo Cámbrico temprano, hace unos 530 millones de años [1].

Se han identificado cerca de cinco mil especies de esponjas, todas completamente acuáticas, y si bien por *vox populi* (lat. "voz del pueblo") se les lla-



ma esponjas marinas, como si fueran exclusivas del mar, hay algunas representantes de agua dulce. Durante su vida adulta permanecen fijas a un sustrato, careciendo de desplazamiento o locomoción, de ahí el término de organismos sésiles (sujetos a algo).

A continuación nos empaparemos un poco en las características más importantes e interesantes de las esponjas marinas para comprender el porqué son englobadas dentro del reino animal y porqué las excluimos de grupos de seres vivos típicamente asociados como sésiles, tal como las plantas u hongos.

¿Por qué NO son plantas?

Tal vez para un aficionado de la biología el planteamiento del parentesco entre las plantas y las esponjas marinas suena ilógico, pero para el lector ocasional es un cuestionamiento sincero, y es que claro, si son seres que no se mueven y que parecen carecer de autonomía y conciencia ¿Por qué las esponjas no podrían ser algún grupo vegetal muy primitivo? De hecho, este cuestionamiento fue válido mucho tiempo, hasta el siglo XIX las esponjas se clasificaban como animales-planta o zoófitos [2]. Entonces, ¿Qué nos ha llevado a deslindarlas por completo de este grupo? Para comprenderlo, es conveniente realizar un contraste muy sencillo. Los organismos vegetales se caracterizan por generar su propio alimento a partir de la energía del Sol, gracias a los pigmentos que se localizan en sus células y les permiten realizar la fotosíntesis. Además, las plantas también se caracterizan por poseer pared celular en las células que las constituyen. Las esponjas no poseen las características anteriores, como alternativa a la pared celular que les brinde soporte y estructura, han desarrollado dos estructuras microscópicas, las espículas de carbonato de calcio o de óxido de silicio y las fibras orgánicas proteínicas de espongi-na o de colágeno [3]. Muchas esponjas incluso tienen ambos elementos que brindan la mayor rigidez y complejidad posible.

Además, la ausencia de pigmentos fotosintéticos hace que las esponjas sean incapaces de alimentarse por cuenta propia, por lo que dependen de otros seres vivos para nutrirse, por ello son considerados organismos heterótrofos; incluso “requie-

ren de servicio a domicilio” ya que dependen de las corrientes marinas ricas en plancton, para que al pasar por sus diminutos canales internos, las partículas alimenticias sean capturadas, por un fenómeno conocido como fagocitosis, por dos tipos de células: las ovoides flageladas llamadas **coanocitos**, o las células sin forma (ameboidales) llamadas **arqueo-citos**. Por lo anterior, a las esponjas se les reconoce como las filtradoras del océano.

¿Por qué NO son hongos?

Las esponjas están más relacionadas con los hongos (también heterótrofos), ya que al igual que todos los seres del reino animal, almacenan energía en forma de glucógeno (una molécula de carbohidrato de reserva). Aun con lo anterior, hay características que marcan la diferencia entre éstos, una de ellas son las formas de reproducción y el ciclo vital. Durante la **meiosis** se originan estructuras haploides (con la mitad de la carga genética): son las esporas de los hongos y los gametos (óvulos y espermatozoides) de las esponjas. Las esporas de los hongos requerirán de condiciones específicas para germinar y dar origen a un nuevo individuo, pero seguirán siendo haploides; mientras que los gametos de las esponjas deben fusionarse para formar un cigoto (primer célula que dará origen al organismo) con una estructura diploide (con carga genética completa).

Por otra parte, en la reproducción asexual los hongos dan lugar a esporas, mientras que las esponjas forman un individuo por gemación, proceso en el cual se forma una protuberancia en el cuerpo del organismo dando origen a uno nuevo.

Otro de los caracteres más relevantes para la diferenciación entre estos dos grupos es la nutrición, en palabras simples, los hongos descomponen la materia orgánica y tienen digestión *extracelular*, mientras que las esponjas ingieren y tienen digestión *intracelular* [4].

¿Por qué son animales?

Un animal se puede describir como un ser vivo conformado por billones de células sin pared, organizadas en lo general por tejidos, con capacidad de desplazamiento, con presencia de colágeno,



Las esponjas están más relacionadas con los hongos, ya que al igual que todos los seres del reino animal, almacenan energía en forma de glucógeno.

son diploides en la mayor parte de su ciclo biológico (solo los gametos en la fase haploide) y con nutrición heterótrofa por ingestión, por mencionar las características más importantes. Muchos de estos caracteres están presentes en las esponjas, sin embargo, sus células muestran cierto grado de “independencia” o “individualidad”, por lo que la coordinación o comunicación entre ellas es insuficiente como para formar un tejido verdadero. Esta independencia celular llevó a los científicos a considerar por muchos años que las esponjas eran colonias de protozoarios [3], sin embargo, debido a la falta de evidencia morfológica y molecular esta teoría se considera obsoleta.

Entonces, si las esponjas marinas son carentes de algunos caracteres de los animales ¿Por qué las seguimos englobando dentro de este grupo? La respuesta más cercana es porque comparte la mayoría de las características del grupo animal, aunque al ser de los organismos más primitivos del grupo no tienen otros rasgos “animalescos”.

La clasificación de las esponjas marinas es un tema controversial, ya que aunque compartan muchas características de los animales, sus estructuras y funciones las distinguen de los animales más complejos y modernos, sin embargo, incluirlas dentro de alguno de los demás reinos (como de las plantas y hongos) tendría menos congruencia.

G L O S A R I O

Fagocitosis: Captura de partículas microscópicas que realizan ciertas células con fines alimenticios o de defensa, mediante la emisión de pseudópodos [5].

Meiosis: Sucesión de dos divisiones celulares en la reproducción sexual de la que resultan cuatro células con el número de cromosomas reducido a la mitad [5].

Plancton: Conjunto de organismos animales y vegetales, generalmente diminutos, que flotan y son desplazados pasivamente en aguas saladas o dulces [5].

Protozoarios: Organismos constituidos por una sola célula eucariota o por una colonia de células iguales entre sí, y que casi siempre son microscópicos [5].

P A R A C O N O C E R M Á S

[1] Schejter, L. (2014). Porifera. En J. A. Calcagno (Ed.), *Invertebrados marinos* (pp. 49-65). Fundación de Historia Natural Félix de Azara; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Universidad Maimónides; Vázquez Mazzini Editores.

[2] Curtis, H. (2000). Eukarya IV: el linaje de los animales I. En H. Curtis, N. S. Barnes, A. Schnek y A. Massarini (Eds.), *Biología* (pp. 535-575). Editorial Médica Panamericana.

[3] Carrera, M. G. (2008). Porifera. En H. H. Camacho y M. I. Longobucco (Eds.), *Los invertebrados fósiles* (pp. 147-168). Fundación de Historia Natural Félix de Azara; Vázquez Mazzini Editores.

[4] Hickman, C. P., Roberts, L. S., y Larson, A. (2001). Mesozoa y Parazoa. En *Integrated Principles of Zoology* (pp. 240-252). McGraw-Hill.

[5] Real Academia Española. (s. f.). *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). <https://dle.rae.es>.

D E L A U T O R

Brandon Nicolás López Ramón.

brandon.lopezrmn@e.unicach.mx

Estudiante de cuarto semestre de la Licenciatura en Biología.

Instituto de Ciencias Biológicas

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Ilustración: Esponja de mar.

Técnica: Acuarela sobre papel guarro

Autora: Yarica Singuila Aguilar Hernández

yaricasinguila09@gmail.com

La neurogénesis: ¿Problema y solución?

ANDREA SORAYA OROZCO-RODRÍGUEZ, AURORA DEL CARMEN SÁNCHEZ-GARCÍA, WILBER MONTEJO-LÓPEZ, LAURA MIREYA ZAVALA-FLORES, JESICA JOCELYN CORTÉS-CORTINA Y DANIEL HERNÁNDEZ-BALTAZAR

Quizá el futuro no radique en hacer que el cerebro adulto sea similar al de la juventud, sino en potenciar sus propios mecanismos de regeneración

Durante mucho tiempo, se consideró improbable la existencia de neurogénesis en el cerebro humano adulto, debido a que el aumento en el número de neuronas y la formación de nuevos circuitos podrían comprometer su estabilidad estructural y funcional. No obstante, se ha demostrado que la neurogénesis ocurre en ciertos núcleos cerebrales bajo condiciones específicas. ¿Cuán conveniente es que las neuronas proliferen en la edad adulta?

Proliferación y vida

La generación de neuronas, conocida como neurogénesis, ocurre a partir de las células madre durante el desarrollo embrionario. Este proceso es importante para integrar redes o circuitos que faciliten el funcionamiento cerebral [1]. Por lo tanto, para mantener al cerebro sano es necesario controlar el número y la ubicación de las neuronas. Para evitar la proliferación no deseada, este proceso es regulado por dos mecanismos principales: 1) el bloqueo de la división de las células madre, por ejemplo, mediante la inactivación de proteínas nucleares como Nogo-A, y 2) la inducción de la muerte celular con la respectiva remoción de restos celulares a partir de las células gliales, un grupo de células especializadas en el mantenimiento y la protección de las neuronas [2]. Este proceso es adaptable y controlado para lograr que las neuronas “maduren” gradualmente.

El proceso de maduración conlleva que las neuronas produzcan sus propios insumos, y adquieran una función específica, es decir se especializan. La especialización implica generar moléculas para adherirse al medio o interactuar con otras células, esto sucede mediante contacto físico o químico, fenó-

meno conocido como sinapsis. Esta capacidad es clave para la comunicación con células cercanas, neuronas residentes de núcleos cerebrales distantes, e incluso con células gliales, a través de la liberación de neurotransmisores.

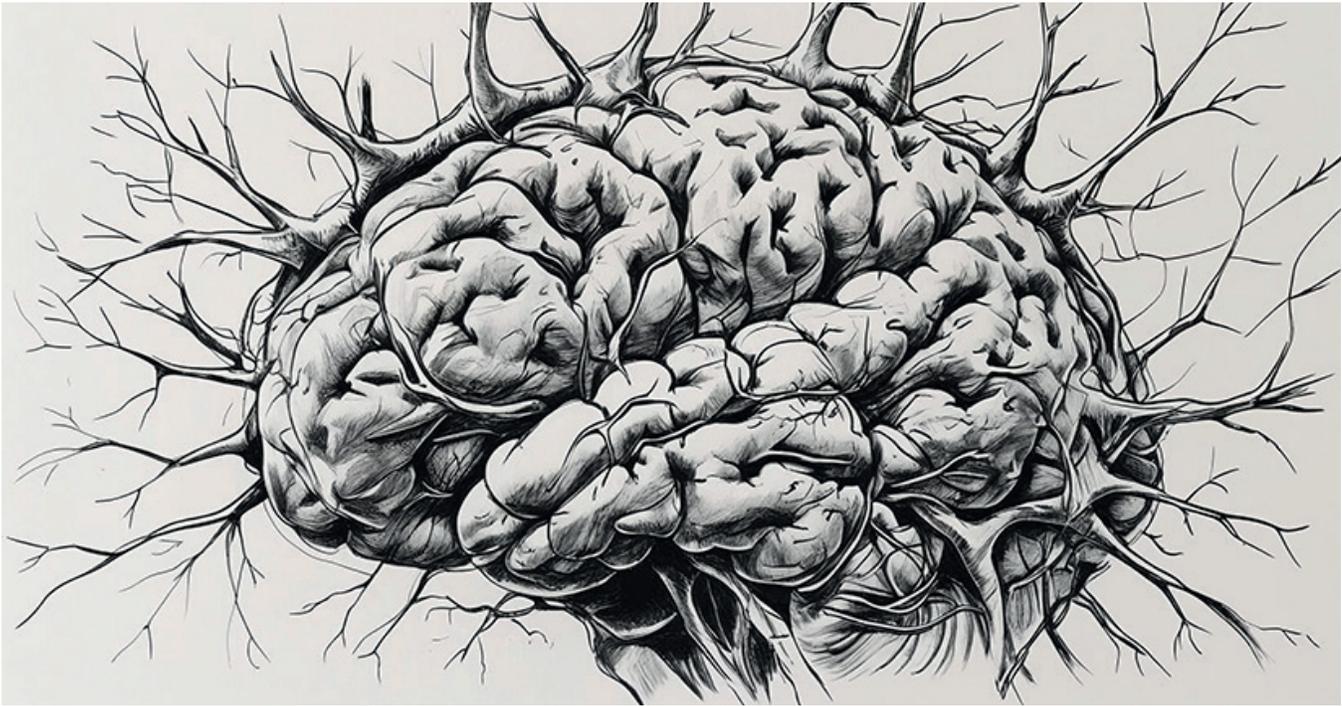
La comunicación, en consecuencia, es útil para mantener a las células sanas, o bien para contrarrestar el daño neuronal (neurodegeneración). Ante ésta última condición, se puede propiciar que la misma neurona se regenere, o incluso, que el circuito del que forma parte se repare, evento llamado plasticidad neuronal.

Lo interesante del caso, es que a cualquier edad, el cerebro puede enfrentar neurodegeneración con tal intensidad que los mecanismos de mantenimiento y protección celular no sean suficientes [3]. En esta situación ¿es necesario activar la neurogénesis o sólo estimular la regeneración y la plasticidad neuronal?

Plasticidad neuronal como opción

En principio, la activación de la neurogénesis resulta conveniente. El hecho de que la neurogénesis en la edad adulta sea limitada no significa que no pueda propiciarse.

En modelos animales, especialmente en roedores, la formación de nuevas neuronas se ha conseguido mediante dos estrategias: la exposición a moléculas tóxicas, o bien en modelos en los que se evalúa el impacto del ejercicio físico o la nutrición. Estos abordajes experimentales han permitido concluir que la neurogénesis puede ocurrir, en condiciones específicas, en el hipocampo y en la zona subventricular, núcleos cerebrales relevantes en la consolidación de la memoria y el movimiento. Sin



Inervación.
Imagen
generada
en Canva.
Cortesía
de Andrea
Soraya
Orozco
Rodríguez.

embargo, en humanos, la neurogénesis en el hipocampo es escasa en comparación con lo observado en roedores [4]. Lo anterior permite reflexionar que, si bien la proliferación neuronal es limitada, el cerebro adulto no es un órgano estático.

Existen dos mecanismos celulares alternativos que permiten proteger la integridad de los circuitos neuronales sin la necesidad de generar nuevas neuronas: la regeneración neuronal favorecida por moléculas propias o provenientes de la glía, y la plasticidad neuronal, mecanismo vinculado a la recuperación de conectividad celular [5].

Finalmente, a medida que la investigación avanza, la posibilidad de intervenir en estos procesos para mejorar la calidad de vida en el envejecimiento y en enfermedades neurodegenerativas se vuelve cada vez más tangible.

REFLEXIÓN

Quizá el futuro no radique en hacer que el cerebro adulto sea similar al de la juventud, sino en potenciar sus propios mecanismos de regeneración.

GLOSARIO

Células gliales: Conjunto de células que habitan junto a las neuronas. Se clasifican en microglía, astrocitos y oligodendrocitos.

PARA CONOCER MÁS

[1] Kempermann G. Adult Neurogenesis: An Evolutionary Perspective. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2015. 18;8(2):a018986. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a018986>

[2] Pensado Guevara PB, Hernández Baltazar D. Apoptosis neuronal. *Revista Cantera.* 2023. 4 (2): 4-5. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/5006>

[3] La Rosa C, Parolisi R, Bonfanti L. Brain Structural Plasticity: From Adult Neurogenesis to Immature Neurons. *Front Neurosci.* 2020. 4;14:75. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00075>

[4] Jurkowski MP, Bettio L, Woo EK, Patten A, Yau S-Y and Gil-Mohapel J. Beyond the hippocampus and the SVZ: Adult neurogenesis throughout the brain. *Front. Cell. Neurosci.* 14:576444.

<https://doi.org/10.3389/fncel.2020.576444>

[5] Al-Onaizi M, Al-Khalifah A, Qasem D, ElAli A. Role of microglia in modulating adult neurogenesis in health and neurodegeneration. *Int. J. Mol. Sci.* 2020. 21:6875. <https://doi.org/10.3390/ijms21186875>

DE LOS AUTORES

Biol. Andrea Soraya Orozco Rodríguez.

Universidad de Guanajuato.
andrejun2026@gmail.com.

Biol. Aurora del Carmen Sánchez García.

Departamento de Neuropatología Experimental.
Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. aucasaga@yahoo.com.mx.

Dr. Wilber Montejo López.

Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chiapas. wmontejo61@gmail.com

Dra. Laura Mireya Zavala Flores.

Centro de Investigación Biomédica del Noreste. IMSS.
laura5utr@gmail.com

Dr. Daniel Hernández-Baltazar.

Investigadores por México SECIHTI / Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
danielhernandez@uv.mx

Si bien la proliferación neuronal es limitada, el cerebro adulto no es un órgano estático

Explorando las causas del daño cerebral infantil

JULIÁN DAVID GONZÁLEZ-PABÓN, GUERSON YAEL VARELA-CASTILLO, JIMENA ESTHER ALBA-JIMÉNEZ,
 MARÍA DE JESÚS ROVIROSA-HERNÁNDEZ, PAOLA BELEM PENSADO-GUEVARA Y DANIEL HERNÁNDEZ-BALTÁZAR

Durante la gestación y los primeros tres años de la infancia, el cerebro humano adquiere la estructura que le permite funcionar eficientemente. Para esto es necesario que todas las células maduren y se comuniquen. Debido a que este proceso ocurre gradualmente, el cerebro infantil es susceptible al daño por agentes genéticos, nutricionales, e incluso ambientales. Entonces, resulta valioso conocer cuáles son los factores que lo afectan, para luego implementar estrategias que favorezcan el sano desarrollo del individuo.

El origen del daño

El cerebro infantil humano puede alterarse por factores físicos y químicos. Los golpes, o traumatismos, son agentes físicos que propician fallas en el flujo sanguíneo. No obstante, las principales causas de daño cerebral están asociadas con aspectos nutricionales y ambientales. Entre ellos destacan la deshidratación, la desnutrición, y la intoxicación accidental por la absorción de iones metálicos, entre ellos mercurio y arsénico, presentes en el aire o en el agua. Por lo tanto, las alteraciones inducidas por moléculas tóxicas debidas a la contaminación ambiental son una preocupación clínica. Para facilitar la comprensión de esto es importante contemplar tres aspectos:

Primero, el cerebro es uno de los órganos con mayor posibilidad de experimentar un desequilibrio en el metabolismo, proceso conocido como estrés fisiológico. En la infancia, las neuronas están en proceso de maduración, por lo tanto la carencia de hidratación óptima y/o nutrientes adecuados, o bien la acumulación de moléculas tóxicas, impedirá una eficiente síntesis de proteínas. Aspecto que puede derivar en fallas en la respiración celular y en los procesos de transmisión de información neuronal (neurotransmisión).

Segundo, cuando una molécula ingresa al organismo puede ser procesada de dos formas: se degrada o se incorpora al metabolismo. En el caso de las moléculas potencialmente dañinas o citotóxicas, las condiciones para que sean degradadas o inactivadas son: 1) que su concentración en sangre supere los niveles permitidos, y 2) que el organismo tenga los mecanismos activos para procesarlas [1]. Por lo tanto, si las partículas citotóxicas están presentes frecuentemente, se convierten en un estímulo crónico.

Tercero, los estímulos crónicos pueden afectar al cerebro infantil impidiendo la adecuada maduración de las neuronas, o alterando sus interacciones (circuitos neuronales). Estas situaciones impactan en la capacidad de las neuronas para migrar, organizarse, e incluso, repararse. Por lo tanto, el estrés crónico no es una condición deseable porque al dañar los circuitos neuronales puede generar enfermedades físicas y mentales.

Ahora bien, habiendo identificado las posibles causas del daño cerebral infantil debido a partículas tóxicas, nos da pauta para analizar los mecanismos internos de protección celular.

Protección celular

La susceptibilidad cerebral al estrés es más alta en la infancia que en la edad adulta porque las neuronas son inmaduras [2]. El proceso de maduración neuronal es gradual, y acontece en paralelo al de otras células, por ejemplo las inmunológicas. Estas células conforman el sistema inmune y son capaces de inactivar a moléculas o células dañinas [3]. Un dato curioso es que la respuesta inmune es rápida independientemente de la ubicación del órgano afectado. ¿Cómo se entera el sistema inmune de una “alerta de seguridad” a distancia?

Esto es posible porque el cerebro está vinculado a los demás órganos mediante tres sistemas: 1) la barrera hematoencefálica, que es una región que regula el paso de moléculas hacia el cerebro, 2) los ejes hipotálamo-hipofisario-tiroideo e hipotálamo-hipofisario-adrenal, que son circuitos que conectan al cerebro con órganos productores de hormonas, y 3) la liberación de elementos de respuesta al estrés producidos por las células inmunológicas. Una condición clave para la comunicación entre el cerebro y los órganos es una nutrición acorde a la edad.

En las últimas décadas se ha determinado que el suministro eficiente de nutrientes y su adecuada absorción es importante en el desarrollo cerebral infantil [4]. Por ejemplo, a partir del primer trimestre de gestación hasta los dos años de edad, en el cerebro humano se desarrolla el hipocampo y el cuerpo estriado, regiones cerebrales asociadas a la memoria y al movimiento corporal. Además, durante este lapso de tiempo todas las neuronas son recubiertas por mielina, una proteína que las aísla del entorno y les permite formar circuitos neuronales garantizando una correcta neurotransmisión [5].

Recientemente se demostró que la deficiencia de hierro está asociada a un bajo tono muscular, así como daño cerebral que impacta en el coeficiente intelectual, el aprendizaje y la memoria. Asimismo que, bajos niveles de vitamina D durante la gestación, y en los primeros años de edad, podrían incrementar el riesgo de alteraciones del neurodesarrollo que propicien, por ejemplo, el autismo [6]. En resumen, para lograr que los infantes gocen de salud física y mental es fundamental un cuidado integral.

Recomendaciones

Evitar el consumo de sustancias adictivas y fármacos sin prescripción médica, fomentar la lactancia materna, realizar actividades que ejerciten la función cerebral y corporal, consumir alimentos nutritivos, y en la medida de lo posible, estimular el óptimo funcionamiento corporal mediante el descanso.

PARA CONOCER MÁS

- [1] Hernández-Baltazar D, Rivadeneyra Domínguez E, Pensado Guevara PB, Barrientos Bonilla AA, Varela Castillo CY, Nadella R, et al. Efecto citotóxico de iones metálicos: Una breve revisión. *UVserva*. 2023. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi16.2933>
- [2] Jeong H, Moore T, Durham E, Reimann G, Dupont R, Cardenas-Iniguez C, et al. General and specific factors of environmental stress and their associations with brain structure and dimensions of psychopathology. *Biol. Psychiatry Glob. Open Sci*. 2023. 3 (3):480-489. <https://doi.org/10.1016/j.bpsgos.2022.04.004>



- [3] Kollmann TR, Kampmann B, Mazmanian SK, Marchant A, Levy O. Protecting the newborn and young infant from infectious diseases: lessons from immune ontogeny. *Immunity*. 2017. 46:350–63. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2017.03.009>
- [4] Essa M, Qoronfleh M. Personalized food intervention and therapy for autism spectrum disorder management. In: *Advances in Neurobiology*. Denmark: Springer. 2020. 24:2. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-30402-7>
- [5] Simo L. The interplay of environmental factors and neuroscience: Investigating tissue damage in environmental diseases. *Environ Disease*. 2024. 9(3): 57-59. https://doi.org/10.4103/ed.ed_17_24
- [6] Sethi P, Prajapati A, Mishra T, Chaudhary T, Kumar S. Effects of Malnutrition on Brain Development. In: *Nutrition and Psychiatric Disorders*. Singapore: Springer. 2022. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5021-6_4

DE LOS AUTORES

Biol. Julián David González-Pabón.

Universidad Nacional de Colombia.
juldgonzalezpab@unal.edu.co

M en C. Guerson Yael Varela-Castillo.

Facultad de Psicología / Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
gvarela@uv.mx

Dra. Jimena Esther Alba-Jiménez.

IxM SECIHTI / Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Universidad Veracruzana.
jimalba@uv.mx.

Dra. María de Jesús Rovirosa-Hernández.

Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
jrovirosa@uv.mx.

M en C. Paola Belem Pensado-Guevara.

Programa de Doctorado. Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
paoly_R21@hotmail.com

Dr. Daniel Hernández-Baltazar.

IxM SECIHTI / Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
danielhernandez@uv.mx

Salud y entorno.

Imagen generada en Procreate. Cortesía de Julián David González Pabón.

Las 3Rs: Una audaz estrategia para responder preguntas de ciencia

ABRIL ALONDRA BARRIENTOS BONILLA, JUAN FRANCISCO RODRÍGUEZ-LANDA, EDUARDO RIVADENEYRA DOMÍNGUEZ, MARCOS FERNANDO OCAÑA SÁNCHEZ Y DANIEL HERNÁNDEZ BALTAZAR

El refinamiento no sólo incluye lo relacionado directamente con el bienestar y el cuidado de los animales, sino también cualquier acción que impacte en el diseño de nuevas técnicas, pruebas o métodos de evaluación de los efectos ejercidos por las manipulaciones experimentales a las que sea sometido el animal

En la investigación científica, una actividad organizada que busca encontrar respuestas confiables, es necesario trabajar en equipo para favorecer el avance de las humanidades, las ciencias médico-biológicas y la tecnología. Uno de los aportes sustanciales que vinculan éstas tres áreas fue logrado por el zoólogo William M. S. Russell y el microbiólogo, Rex L. Burch, quienes implementaron los Principios de las 3Rs (*Refinar, Reducir, Reemplazar*), como parte de una estrategia para la incorporación responsable de seres vivos en la investigación.

Si bien el incremento de nuevos modelos animales de experimentación, asociado al auge del uso de herramientas bioinformáticas para el modelado de sistemas biológicos, ha generado necesarias actualizaciones en términos de su aplicabilidad, por lo tanto la meta de cada principio de Russell y Burch permanece vigente. *Refinar* contempla la optimización de procesos experimentales que disminuya cualquier tipo de dolor o sufrimiento, mientras que el principio de *Reducir* implica minimizar el número de animales, o incluso se prevé la opción de *Reemplazar*, principio con el que se procura la sustitución de animales por material no sensible. Sin duda, todo con la finalidad de garantizar el bienestar animal sin comprometer la calidad de las investigaciones.

El pensamiento de Russell y Burch continúa motivando, por consiguiente, la reflexión de tres aspectos: El respeto por la vida, la necesidad del uso de animales en la investigación, y la posibilidad de

incluir nuevas formas de responder preguntas en el campo de las ciencias biológicas y de la salud.

El respeto por la vida

El refinamiento no sólo incluye lo relacionado directamente con el bienestar y el cuidado de los animales, sino también cualquier acción que impacte en el diseño de nuevas técnicas, pruebas o métodos de evaluación de los efectos ejercidos por las manipulaciones experimentales a las que sea sometido el animal [1]. Parte de la estrategia para lograr esto es la incorporación de estudios *in silico*, así como la mejora en los diseños experimentales, el uso eficaz de los análisis estadísticos y, de forma destacada, la reflexión sobre la relevancia científica de los estudios en animales.

Por ejemplo, durante muchos años se aplicaron choques eléctricos a las patas de roedores para inducir estrés que derivara en ansiedad y/o depresión. Esta técnica cuando no era controlada podía intensificar los síntomas que no estaban directamente relacionados con las patologías estudiadas y producir dolor significativo. Para evitar estos inconvenientes se han refinado los métodos de inducción de estrés controlando la intensidad y duración de los choques, para entender los mecanismos involucrados en el desarrollo de la patología, reduciendo el sufrimiento innecesario del animal.

Otro ejemplo, tiene que ver con la anestesia de mamíferos. Antes se utilizaba el cloroformo como



anestésico, el cual es altamente tóxico y produce irritación en la piel y las mucosas; con el tiempo, fue sustituido por otros líquidos volátiles como el éter, sin embargo, aunque con menos efectos tóxicos es irritante. Actualmente, se emplea el isoflurano, que es altamente seguro, con una muy baja toxicidad, de acción rápida y pronta recuperación.

Por lo tanto, refinar, asegura el bienestar de los animales al reducir el dolor, sufrimiento o daño prolongado, lo cual contribuye al avance de una ciencia con alto sentido bioético.

Sólo los necesarios

El principio de Reducir implica minimizar el número de animales contemplados en la investigación [2]. La decisión de reducir depende de una hipótesis bien definida, y objetivos claros, así como de la selección precisa de controles y variables [3]. Revisemos un par de casos de investigación.

Caso 1. La fibrosis hepática humana, entendida como una falla en el proceso de cicatrización del hígado, puede ser inducida en roedores mediante sustancias hepatotóxicas como el tetracloruro de carbono (CCl_4), por lo que se emplea como modelo en la investigación biomédica. No obstante existen distintos tipos de este modelo, los cuales se caracterizan por el uso de múltiples dosis, así como la frecuencia y duración del tratamiento; condiciones

que incrementan el número de animales necesarios para realizar los estudios.

Caso 2. En diversas especies, contemplar las diferencias metabólicas debidas al sexo son cruciales para la correcta interpretación de resultados. Por ejemplo, se ha identificado que, en la generación de la enfermedad hepática no alcohólica en roedores, los machos son más susceptibles que las hembras. Por lo tanto, cuando se diseña un experimento en el que se evalúan los efectos de un tratamiento contra esa patología, la inclusión de machos garantizará la confiabilidad de los resultados y reducirá la cantidad de animales de experimentación.

El principio de reducción debe entenderse, entonces, como un enfoque integral que busca disminuir el número de animales y también mejorar la calidad de los datos.

“Algo” en lugar de alguien

El principio de *reemplazar*, apunta a una interesante reflexión: la sustitución puede ser relativa o absoluta. Es relativa cuando los sujetos experimentales sólo son necesarios en alguna etapa del experimento, por ejemplo, cuando se requiere probar una vacuna que ha sido producida *in vitro*; mientras que en el reemplazo absoluto los animales no son necesarios en ninguna fase de la evaluación [4].

Explorando con conciencia. Ilustración en tinta sobre papel cortesía de Daniel Hernández Baltazar.

De acuerdo con la Directiva 2010/63/EU y las interpretaciones propuestas por el Centro Nacional del Reino Unido para la estrategia de las 3Rs [5], el reemplazo representa una práctica conveniente para el cese gradual del uso de animales en investigación científica, pero su ejecución es difícil por dos razones: 1) la desigualdad de recursos que enfrentan los investigadores a nivel mundial, y 2) las múltiples preguntas de investigación que implican la prueba de hipótesis en animales. Esto es clave en áreas como las neurociencias, toxicología, hematología, inmunología y bioquímica metabólica, en las que los modelos animales son indispensables para evaluar los efectos, tóxicos o terapéuticos, en diversas patologías, que difícilmente se recrean con las nuevas tecnologías *in silico*. Por lo tanto, la sustitución parcial o completa de animales podría tener un impacto negativo en el desarrollo de la investigación clínica.

Si bien este tema estimula un debate complejo, en la práctica requerimos ser proactivos. Una posibilidad es el establecimiento de colaboraciones internacionales multidisciplinarias que disminuyan la brecha tecnológica, como las que han favorecido el desarrollo de la ingeniería de tejidos animales y vegetales de importancia biomédica [6]. Aunado a esto, se debe promover el trabajo que vincule a expertos en modelos animales de experimentación con especialistas en bioinformática o en inteligencia artificial que procure la optimización de recursos vivos en la investigación científica de calidad.

PARA CONOCER MÁS

[1] Marañón-Murga E, Linares-Márquez P, Rodríguez-Landa JF. 2023. Pensamiento filosófico y bienestar animal en la experimentación científica: análisis retrospectivo frente a las necesidades éticas por la contingencia sanitaria por COVID-19. *Bios Papers* 2(1), e4319. <https://doi.org/10.18270/bp.v2i1.4319>

[2] Martínez-López S, Angel-Gomis E, Sánchez-Ardid E, Pastor-Campos A, Picó J, Gómez-Hurtado I. 2023. The 3Rs in experimental liver disease. *Animals*, 13(14), 2357. <https://doi.org/10.3390/ani13142357>

¿Qué podemos hacer para que los principios de las 3Rs sean una práctica cotidiana?

1. Priorizar el bienestar animal y el respeto por todas las formas de vida.
2. Mejorar los métodos de reproducción, crianza, mantenimiento y manejo de animales.
3. Optimizar los métodos y técnicas experimentales.
4. Reducir el número de animales usados para la investigación.
5. Innovar constantemente las estrategias para responder preguntas científicas.
6. Reflexionar si la relevancia científica justifica la inclusión de animales de experimentación.

Homberg JR, Adan RAH, Alenina N, Asiminas A, Bader M, Beckers T, et al. 2021. The continued need for animals to advance brain research. *Neuron*, 109(15), 2374–2379. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.07.015>

[3] Lauwereyns J, Bajramovic J, Bert B, Camenzind S, De Kock J, Elezovi A, et al. 2024. Toward a common interpretation of the 3Rs principles in animal research. *Lab animal*, 53(12), 347–350. <https://doi.org/10.1038/s41684-024-01476-2>

[4] Tannenbaum J, Bennett BT. 2015. Russell and Burch's 3Rs then and now: the need for clarity in definition and purpose. *JAALAS*, 54(2), 120–132. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4382615/>

[5] Barrientos Bonilla AA, Zavala Flores LM, Hernández Baltazar D. 2023. Modelos biológicos en investigación biomédica: características e implicaciones. *Contactos, Revista de educación en ciencias e ingeniería*, (128), 43-51. <https://contactos.izt.uam.mx/index.php/contactos/article/view/272>

DE LOS AUTORES

Dra. Abril Alondra Barrientos-Bonilla.

CoSustenta, Universidad Veracruzana.

abribarrientos@uv.mx

Dr. Juan Francisco Rodríguez-Landa.

Instituto de Neurootología, Universidad Veracruzana.

juarodriguez@uv.mx

Dr. Eduardo Rivadeneyra-Domínguez.

Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Universidad Veracruzana.

edrivadeneyra@uv.mx

Dr. Marcos Fernando Ocaña-Sánchez.

Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Universidad Veracruzana.

maocana@uv.mx

Dr. Daniel Hernández-Baltazar.

Investigadores por México SECIHTI / Instituto de Neurootología, Universidad Veracruzana.

danielhernandez@uv.mx

Cuéntanos tu tesis

Entre hojarasca y caminos de restauración

ANA G. ROCHA-LOREDO

El objetivo fue evaluar qué tan rápido se descomponía la hojarasca de especies de árboles usados para restaurar los bosques nativos y también evaluar cuánta hojarasca se producía en lugares con diferentes etapas del proceso natural en la que un ecosistema va cambiando

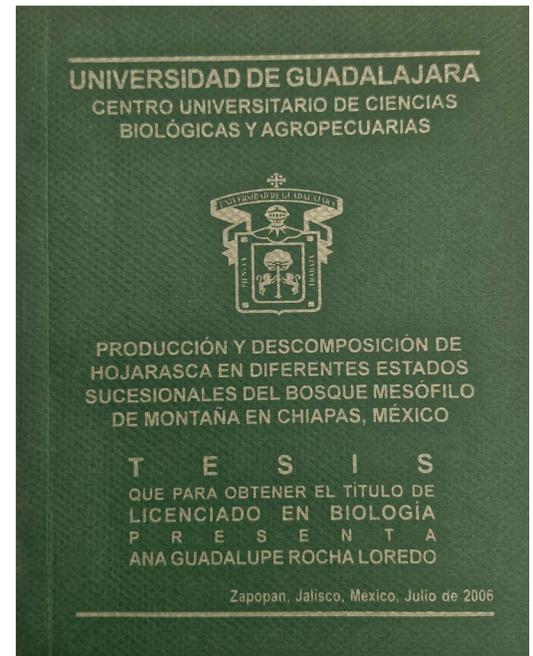
Mi tesis de licenciatura la realicé como parte del proyecto “Definición de grupos funcionales vegetales para la restauración del Bosque Mesófilo de Montaña en Chiapas” en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad San Cristóbal. Conocí por primera vez ECOSUR un semestre antes de iniciar mi tesis cuando realicé una estancia en el programa de Verano de la Ciencia de la Academia Mexicana de las Ciencias, el cual me permitió conocer el trabajo que desarrolla el grupo de “Bosques” en ECOSUR. Durante ese verano tuve oportunidad de hacer varias actividades relacionadas con la Restauración ecológica y me interesó mucho el tema, por eso busqué la oportunidad de regresar, lo cual fue posible mediante una beca de Fondos sectoriales de SEMARNAT-CONACYT .

Egresé de la Universidad de Guadalajara en diciembre de 2004, y a principios del 2005 me trasladé a San Cristóbal de las Casas para iniciar el trabajo de tesis bajo la dirección del Dr. Neptalí Ramírez Marcial. Buscando una forma de evaluar las especies de árboles que se usaron en la restauración en años anteriores y entender cómo se reciclan los nutrientes en las etapas de desarrollo del bosque (estadios sucesionales), mi tesis se tituló: “Producción y descomposición de hojarasca en diferentes

estadios sucesionales del Bosque Mesófilo de Montaña en Chiapas, México”.

La parte experimental la realicé en el Parque Nacional Lagunas de Montebello y en la comunidad de Bazom en Huixtán, que es parte de Los Altos de Chiapas, en parcelas con diferentes composiciones arbóreas que forman parte de un paisaje fragmentado, cuyo patrón se repite en todos los Altos de Chiapas: manchas de bosques conservados, vegetación secundaria o perturbada, casas dispersas, parcelas con borregos, cultivos de maíz, todo en un mosaico complejo.

El objetivo fue evaluar qué tan rápido se descomponía la hojarasca de especies de árboles usados para restaurar los bosques nativos y también evaluar cuánta hojarasca se producía en lugares con diferentes etapas del proceso natural en la que un ecosistema va cambiando y desarrollándose con el tiempo, del más al menos conservado: Bosque de Encino, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Pino y Bosque de Pino-Encino-Liquidámbar y Parcelas de



Portada de tesis.
Ana Rocha.

*Alnus
acuminata*
Alex Diaz©
[²]



*Lyquidambar
styraciflua.*
Ana Rocha



La tesis no solo me permitió desarrollar la habilidad académica de redactar el documento recepcional, sino también aprender la parte administrativa del ECOSUR

restauración; estos dos últimos en el Parque Nacional Lagunas de Montebello. Además evaluamos la cantidad de nutrientes que tenían las hojas de las especies arbóreas para recomendar especies de rápida descomposición y alto valor de elementos como Carbono, Nitrógeno y Fósforo.

Con tales características concluimos que los árboles de aliso o aile (*Alnus acuminata*) y liquidámbar (*Lyquidambar styraciflua*) son los que mayor potencial tendrían para recuperar la fertilidad del suelo debido a su composición química y a la mejor velocidad de descomposición.

La tesis no solo me permitió desarrollar la habilidad académica de redactar el documento recepcional, sino también aprender la parte administrativa del ECOSUR, desde organizar la logística de campo (fechas, alimentos, confirmar acompañantes), facturar, hacer comprobaciones de gastos, solicitar oficios de comisión, solicitud del vehículo oficial, entre otras cosas. Para este proceso fue muy importante el acompañamiento de Angélica Camacho Cruz y Luis Galindo Jaimes que me brindaron su apoyo logístico, moral y técnico, además en campo me acompañó el técnico Pedro Girón quien me enseñó muchas cosas de Chiapas, sus bosques y la cultura tseltal de Tenejapa.

Una vez terminada la tesis, regresé a Guadalajara a defender mi trabajo, el cual fue recibido

con gusto y curiosidad por conocer los bosques de Chiapas y sus mecanismos de sucesión ecológica. Poco después realizamos el artículo “Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de Pino-Encino en Chiapas, México”, publicado en el Boletín de la Sociedad Botánica de México ahora Botanical Sciences [¹].

Como nota curiosa, en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, las tesis impresas son pequeñas ya que se imprimen a tamaño media carta.

PARA CONOCER MÁS

[¹] Rocha-Loredo, A. G., & Ramírez-Marcial, N. (2009). Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (84): 1-12. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282009000100001&lng=es&tling=es.

[²] Diaz A (2025). *Alnus acuminata*. Foto 253874296, <https://mexico.inaturalist.org/photos/253874296>

DE LA AUTORA

Mtra. Ana G. Rocha-Loredo.

Profesora del Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Estudiante del Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales. UNICACH. ana.rocha@unicach.mx



Día a día en el ZooMAT

Desafíos de los Zoológicos

CLAUDETH MARIELLI CASTRO ANGULO

Los zoológicos son vistos por la mayoría de las personas como espacios cuya función principal es exhibir ejemplares de fauna silvestre, exótica o nativa; y aunque son sitios recreativos, la función principal es contribuir al conocimiento y conservación de especies de fauna silvestre, especialmente las que están en peligro de extinción a causa de las actividades humanas. En realidad, los zoológicos son centros de conservación de la biodiversidad, que se realiza a través de programas de manejo, investigación científica, educación ambiental y recuperación de especies, que en la medida de las posibilidades están ligados a la conservación de los animales en su hábitat natural [1].

Cada zoológico opera conforme a los objetivos de conservación sobre las especies que maneja, a su capacidad presupuestal y/o de gestión de recursos, a los apoyos institucionales externos, a sus lineamientos, o a la cantidad de personal de que dispone, entre otras situaciones que surgen con el día a día del quehacer zoológico. No obstante, los zoológicos tienen un fin común: procurar el bienestar de todo animal alojado; brindándole los cuidados y necesidades básicas. En ocasiones, esta labor es objeto de muchas críticas por el desconocimiento de cómo se lleva a cabo, pues la mayor parte de actividades que realizan los zoológicos ocurre tras bambalinas y no es percibida por sus visitantes ni por la sociedad en general, que desconoce las implicaciones del manejo de fauna silvestre.

El trabajo con animales silvestres es distinto al que se realiza con especies domésticas, ya que es más difícil que los primeros se adapten a un espacio más limitado al que tenían estando en su hábitat natural; por otra parte, sus requerimientos biológicos, fisiológicos y **etológicos** son diversos y específicos que no es sencillo replicarlos sin el conocimiento técnico especializado y los elementos de infraestructura y equipamiento.

Cabe mencionar que los zoológicos en coadyuvancia con instancias gubernamentales, al menos en nuestro país, juegan un papel fundamental en



Los zoológicos tienen un fin común: procurar el bienestar de todo animal alojado; brindándole los cuidados y necesidades básicas

El ZooMAT está comprometido con impulsar acciones de conservación de la fauna nativa del Estado de Chiapas con especial énfasis en las especies amenazadas y su entorno

las labores de rescate y alojamiento de organismos en situación de riesgo, por lo que muchos ejemplares provienen de decomisos por obtención de forma ilegal, o de personas que con la intención de rescatarlos, al no contar con las instalaciones adecuadas para su manejo, no les brindan un alojamiento y alimentación adecuada, por lo que muchas veces llegan lesionados y con un alto nivel de estrés que compromete significativamente su salud y su posibilidad de sobrevivir. Algunos ejemplares incluso son rescatados de zonas lejos de sus sitios de distribución natural por lo que no pueden liberarse y tienen que permanecer en las instalaciones de los zoológicos a veces para siempre o por mucho tiempo cuando los decomisos con procedimientos jurídicos demoran demasiado en definir su destino final.

Sin embargo, es posible favorecer la recuperación de los animales si se considera el conocimiento de la especie, se aplica la medicina veterinaria adecuada y se ofrece estímulos que disminuyan su estrés y promuevan su conducta natural. En este último caso las formas de aplicación pueden ser mal vistas por el común de las personas, que ante la falta de conocimiento interpretan este tipo de manejo como maltrato animal. Por ejemplo, el manejo de depredadores de gran tamaño, como un jaguar o un cocodrilo, requiere de eventuales estímulos con presa viva como conejos, cuyos, ratas, ratones o aves. Esta acción es complicada de manejar frente al público pues se interpreta como un aspecto de crueldad hacia la presa, pues no consideran que el consumo de estos organismos es necesario para mantener la salud conductual de los depredadores, que se traduce en el bienestar psicológico y la reproducción exitosas de las especies en situación de riesgo.

El Zoológico Regional "Miguel Álvarez del Toro" (ZooMAT) está comprometido con impulsar acciones de conservación de la fauna nativa del Estado de Chiapas con especial énfasis en las especies amenazadas y su entorno, ofreciendo un espacio de recreación, educación, investigación y exhibición de fauna local, así como coordinar acciones en materia de capacitación, promoción y asistencia para el estudio, manejo y protección de la fauna nativa; beneficiando directa e indirectamente a la población



chiapaneca y visitantes del zoológico, con el propósito de sensibilizar y generar conciencia social en beneficio de la naturaleza y sus formas de vida [4].

G L O S A R I O

Etológico: Relativo a la etología, parte de la biología que estudia el comportamiento de los animales.

P A R A C O N O C E R M Á S

- [1] 2006-2012 Gobierno del Distrito Federal, Libros Blancos, Los Zoológicos de la Ciudad de México.
- [2] Barongi, R., Fiskén, F. A., Parker, M. & Gusset, M. (eds) (2015) *Comprometiéndose con la Conservación: La Estrategia Mundial de los Zoológicos y Acuarios para la Conservación*. Gland: Oficina ejecutiva de WAZA, 69 pp.
- [3] Pacheco, F. (2004) "Más allá de las rejas" *Revista ¿Cómo ves?* [En línea] No. 63. febrero 2004, México, Universidad Nacional Autónoma de México, disponible en: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/63/mas-alla-de-las-rejas>.
- [4] . Misión del ZooMAT; <https://www.zoomat.chiapas.gob.mx/nosotros>

D E L A A U T O R A

Biól. Claudeth Marielli Castro Angulo.

Curaduría General de Fauna Silvestre y Etología.

Zoológico Regional Miguel Álvarez Del Toro

Autora de las fotografías

cocodrely@gmail.com



Amasijo de Arte y Ciencia

Una propuesta de análisis iconográfico de la máscara del Patrón de los Parachicos

JULIO CÉSAR AGUILAR SUÁREZ



Figura de máscaras de parachico. Julio César Aguilar Suárez

Hay mucha evidencia que en las culturas mesoamericanas no pasaron desapercibidas las características y habilidades biológicas del jaguar, se han encontrado representaciones del felino a lo largo y ancho de esta región cultural. Estas representaciones naturalistas y simbólicas se encuentran en piedras, cerámica, huesos, jade y metales, y se ve reflejada también en leyendas, mitos, cuentos, historias, rituales y danzas, en esta última manifestación la región cultural Chiapaneca cuenta con dos representaciones simbólicas de este felino, la danza del Calalá y el Parachico.

A primera vista la danza del Parachico pareciera que nada tiene que ver con el felino, pero uno de los personajes más importantes de esta tradición pudiera simbolizar al jaguar, en 1798 fray Cosme de

Alonso un padre interino en el beneficio de Chiapa le escribe una carta al obispo don José Fermín Fuero y Gómez, donde se queja y describe una parte de lo que actualmente conocemos como “Fiesta de Enero”, mencionando que **“... algunos indios vienen vestidos de pieles silvestres y al que trae la de tigre entregan los padres a sus propios hijos para que los azote y eviten de esa suerte algún infortunio...”**^[1].

Este personaje de la piel de tigre probablemente representa en la actualidad al “Patrón de los parachicos” pues es él quien aun realiza la actividad de flagelación, su rostro es probablemente la representación simbólica del animal que nos ocupa y el chamarro que usa sustituyó a la piel de “tigre”.

La máscara de jaguar transfiere poder a quien la porta, en este caso al Patrón de los parachicos

La máscara del patrón de los parachicos presenta algunos rasgos iconográficos que podrían considerarse típicos de la representación simbólica del felino en cuestión y observando el conjunto de las características intrínsecas de la "máscara" se puede determinar

que las cejas fruncidas y bajas, la boca entre abierta mostrando la dentadura en forma de gruñido, las aletas de la nariz hinchadas, las fosas nasales abiertas, las arrugas en la frente, ojos, nariz y boca, los ojos semidesorbitados y redondos, la barbilla apretada, los pómulos sobresalidos y enrojecidos representa el rostro de un ser humano que muestra agresividad y fiereza.

"Los rasgos faciales que caracterizan a la ira... son: cejas bajas, contraídas y en disposición oblicua; parpado inferior tensionado; labios tensos o en ademán de gritar; y mirada prominente"^[2].

Estas características son innatas de muchas especies de mamíferos, entre ellas la nuestra y su función biológica es la intimidación, esta expresión facial otorga una percepción de intimidación que es percibida por las demás personas pareciendo el enojado más capaz de infringir daño, estas terceras personas pueden ser oponentes o contrincantes, o personas a las que se desea someter.

La boca abierta señalando ferocidad y mostrando los dientes superiores, "Muestra una boca abierta de labios caídos que parecen gruñir, rasgo característico de las representaciones olmecas asociadas al jaguar"^[3], los ojos en sus coyunturas semidesorbitados muestran ferocidad, las arrugas que presenta no son propias de la vejez sino de un estado de agresividad.

El enrojecimiento o rubor en las mejillas es una reacción fisiológica ante una emoción que puede ser pena, vergüenza o en este caso enojo o ira.

El rostro iracundo resalta la fuerza, la agresividad, la capacidad de lucha, la ferocidad, el poder, la superioridad e intimida a terceras personas, esta expresión de ferocidad tiene su origen en el con-

flicto y un significado comunicacional: hay un hecho antes del enojo y ese hecho provoca la ira. El rostro enojado es pues una herramienta diseñada para intimidar, es decir, hace que el individuo parezca más atemorizante y con capacidad de causar daño, es pues una simple exhibición de amenaza, pero ¿quién necesitaría intimidar a otras personas? un guerrero, un sacerdote o un gobernante, alguien que quiere imponer ante los demás su poder, su estatus de más fuerte.

El jaguar en el mundo mesoamericano tenía muchas valencias y niveles de simbolización, representaba la ambivalencia, el jaguar personifica la belleza, la astucia, la fuerza, el asecho, la muerte y el misterio, pero también el poder, el amo, el jefe, el que manda, el que gobierna a todos los demás animales, los que se vestían de jaguar eran la autoridad de la sociedad, todo esto entrelazado en los mitos y las leyendas.

La máscara de jaguar transfiere poder a quien la porta, en este caso al Patrón de los parachicos, como sinónimo de el que manda, el que gobierna, el amo, el señor, el jefe, el que protege, el guía, el que dicta las normas, el que tienen contacto con los seres sobrenaturales a través del ritual de flagelación y el canto del nambujú.

"Las cualidades naturales de los felinos salvajes como depredadores poderosos y furtivos, inspiraron en las sociedades mesoamericanas la creación de una simbología que resaltaba, metafóricamente el poder político hereditario, la trans de los gobernantes en sus naguales y su oficio como sacrificadores supremos"^[4].

PARA CONOCER MÁS

^[1] AHDSC, fondo diocesano, car. 197, exp. 2. Año de 1798. Informe del cura de Chiapa del estado de su parroquia. (8ff)

^[2] Chóliz M (1995) en Pérez Nieto MÁ, Redondo Delgado Mm & León L. (2008). Aproximaciones a la emoción de ira: de la conceptualización a la intervención psicológica. Reme, 11(28), 5.

^[3] Saunders NJ (2005) El icono felino en México fauces, garras y uñas, Arqueología Mexicana, 72: 20-27. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-jaguar-entre-los-olmecas>

^[4] El jaguar en el México prehispánico, págs. 40-45. Javier Urcid Serrano.

DEL AUTOR

Profesor Julio César Aguilar Suárez

Escuela primaria federal Belisario Domínguez Palencia
aphelocoma@hotmail.com



Figura de máscaras de parachico. Julio César Aguilar Suárez



Las Aventuras de Huitlacoichín

Episodio II

Luz Noyola Méndez



DE LA AUTORA

Mtra. Luz Noyola Méndez El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas

luznoy@gmail.com luz.noyola@posgrado.ecosur.mx



LICENCIATURA EN Biología MARINA

¡Un mundo acuático por estudiar!

Te invitamos a escanear el QR
para conocer más acerca de nuestro
programa educativo:



LICENCIATURA EN Manejo de RECURSOS HÍDRICOS

*Prepárate para dirigir el aprovechamiento
sustentable del agua y los recursos hídricos de
los cuales depende su conservación*

Te invitamos a escanear el QR
para conocer más acerca de nuestro
programa educativo:





Guía de autores

Resumen ejecutivo

El objetivo de la revista de divulgación del Instituto de Ciencias Biológicas es difundir el conocimiento biológico de manera clara, precisa y accesible a la comunidad universitaria y al público no especializado que esté interesado en ampliar su comprensión acerca de temas biológicos.

Las aportaciones para la revista se pueden redactar como notas informativas, ensayos, artículos, reportajes, entrevistas o reseñas bibliográficas; y pueden relacionarse o no con las actividades desarrolladas en nuestro Instituto. Los textos de carácter técnico y los informes de trabajo no corresponden al perfil editorial de la gaceta.

Los trabajos enviados deben ser explicados con claridad. Sugerimos que, en medida de lo posible, los autores adecuen sus textos con el fin de que su mensaje sea comprensible para una persona con estudios de enseñanza media o básica.

Están invitados a participar investigadores, académicos, estudiantes, técnicos académicos y administrativos del Instituto, con textos cuyos temas se encuentren comprendidos en alguna de las áreas de las ciencias biológicas: Botánica, Zoología, Micología, Microbiología, Ecología, Evolución, Etnobiología, Sustentabilidad y Biotecnología.

Criterios de evaluación, selección y publicación

Las colaboraciones recibidas serán dictaminadas por especialistas, mientras que el comité editorial y el de redacción harán una revisión de estilo de los textos.

Los criterios de los dictámenes son:

- Dominio del tema y actualidad. Demostrar el rigor de los argumentos y resultados, así como su vigencia científica.
- Estructura lógica, coherente y ordenada del texto.
- Redacción clara y precisa.
- Uso de un lenguaje comprensible para todo público. Explicar de manera didáctica y accesible los temas elegidos.
- Las notas se publicarán de acuerdo al espacio disponible.

Formato de presentación

a) Presentación y extensión. Los textos deben ser enviados por correo electrónico escritos en cualquier procesador de texto, sin estilo ni formato previo. La extensión debe ser de 500 a 1500 palabras, incluidas referencias, cuadros y bibliografía. Los pies de imagen o figura deberán adjuntarse al final del texto.

b) Estructura. Todos los textos son de estructura libre, la siguiente es una sugerencia:

» Comenzar con una introducción. Texto que sirva como una presentación general del tema a tratar, donde se establezcan su delimitación y antecedentes. De preferencia breve y conciso.

» Dividir la nota en secciones destacadas mediante subtítulos, de acuerdo a la estructura elegida.

» Plantear y desarrollar los conceptos, argumentos o reflexiones. Se aconseja que sean sustentados por investigaciones propias o reconocidas en el ámbito académico.

» Exponer las conclusiones, o bien, los retos a futuro del tema.

Estilo. Presentar el mensaje en la forma más amena posible. Se busca absoluto rigor en la selección de la información que se brinda, procurando un

estilo narrativo y atractivo para el público, más que una descripción formal. Se recomienda que tanto el título como los subtítulos de las secciones resulten llamativos y poco extensos.

Explicitud. La inclusión de términos técnicos está condicionada a la clara explicación que de ellos se ofrezca, mediante una breve nota a pie de página, la cual debe ser fácilmente inteligible y no debe incluir más términos técnicos. En caso de usar abreviaturas, siglas o acrónimos, es indispensable que se explique su significado. El uso de ecuaciones deberá ser evitado, a menos que sea imprescindible para la comprensión del contenido y, en tal caso, se aclararán de la manera más didáctica posible. Si resulta necesario expresar alguna frase en otro idioma, se deberá anotar la traducción entre paréntesis. Se sugiere evitar los extranjerismos si existe un término equivalente en español.

El diseño. La revista se encargará del diseño, por lo que los cuadros, gráficas y pies de figuras deberán adjuntarse al final del texto. Las figuras se deben enviar en archivos separados y con nombre (p. ej. Fig. 1), pero sin la descripción de los pies de figuras.

Presentación de anexos. Las gráficas o cuadros deberán acompañarse de un título y de los rubros que apoyen la explicación de puntos específicos. Es necesario que en el texto exista la llamada pertinente para que el lector observe los anexos (p. ej. ver cuadro 1 o ver figura 3).

Bibliografía y referencias. Las fichas bibliográficas o las referencias deben contener los siguientes datos: autor(es), título del libro o artículo de revista y nombre de ésta, editorial, ciudad en la que se publicó el artículo, año de publicación y serie o colección, con su número correspondiente. El número máximo de referencias será de seis; en caso de exceder esa cantidad, queda al criterio de los editores incluir alguna más e invitar a los lectores a consultar en la versión electrónica la bibliografía adicional. El comité editorial de la gaceta se encargará del formato de las referencias.

h) Ilustración. Es conveniente que los autores aporten diagramas, ilustraciones o fotografías (en especial aquellas tomadas durante la realización de los trabajos de investigación, para lograr un mayor acercamiento de los lectores con el trabajo científico universitario) que puedan ser utilizadas como complemento informativo. Si el autor cuenta con imágenes que le parecen adecuadas para resaltar la presentación y el atractivo del texto, el equipo editorial agradecerá su envío, aunque no forzosamente lleven pies explicativos. En cualquier caso, es indispensable que el autor informe si las imágenes enviadas requieren recibir algún crédito o si precisan algún permiso para su publicación. Se remitirán en los formatos PDF o JPG – por separado – con una resolución mínima de 300 pixeles por pulgada. El número de imágenes en la versión impresa será limitado; las ilustraciones no comprendidas en la versión impresa serán incluidas en la publicación digital.

i) Información general. Es preciso acompañar la nota con un breve anexo que contenga los siguientes puntos: Datos generales (nombre completo y cuenta de correo electrónico para mantener comunicación durante el proceso editorial); Tres ideas principales a destacar e importancia de difundir el texto.

Periodicidad de publicación

- Cantera pública dos números al año. Para el número de febrero-junio la fecha límite de envío de la contribución es el 30 de marzo y para el número de agosto-diciembre el 30 de septiembre.
- La nota debe ser enviada a cantera.biologia@unicach.mx



DIRECTORIO DEL INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez
Directora del Instituto de
Ciencias Biológicas

Mtro. Carlos Gellida Esquinca
Secretario Académico del Instituto
de Ciencias Biológicas

C.P. Fernando Morales Gómez
Secretario Administrativo

Dra. Dulce María Gómez Pozo
Coordinadora de la Licenciatura
en Biología

Dr. Francisco Javier Toledo Solís
Coordinador de la Licenciatura
en Biología Marina y de la Licenciatura
en Manejo de Recursos Hídricos

Dr. Miguel Ángel Peralta Meixueiro
Coordinador de Investigación y Posgrado del Instituto
de Ciencias Biológicas

Dr. José Antonio de Fuentes Vicente
Coordinador de la Maestría en
Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosiste-
mas Tropicales

Dra. María Silvia Sánchez Cortés
Maestría en Didáctica de las Ciencias Biológicas y
Químicas

Dr. Miguel Ángel Peralta Meixueiro
Coordinador del Doctorado en
Ciencias en Biodiversidad y Conservación
de Ecosistemas Tropicales

Comité Organizador de Cantera

Comité Editorial

Iván de la Cruz Chacón.
Editor responsable.

Claudia Azucena Durán Ruiz.
Editora responsable.

Noé Jiménez Lang.
Daniel Pineda Vera.
Antonio Durán Ruiz.
Revisor de estilo.

Sergio de Jesús Siliceo Abarca.
Fotógrafo.

Fridali García Islas.
Ilustradora.
Yarica Sanguila
Aguilar Hernández.
Ilustradora.

Revisión técnica de las notas

Dra. Marisol Castro Moreno
Dr. Juan Felipe Ruan Soto
Dr. Miguel Ángel
Peralta Meixueiro

Revisión de lectura general

Mtra. Erika Cecilia Pérez Ovando
Mtro. José Alexis
de Aquino López

Apoyo Institucional Consejo Editorial del Instituto de Ciencias Biológicas

Dra. Alma Gabriela
Verdugo Valdez
Dra. Lorena M. Luna Cazáres
Dr. Juan Felipe Ruan Soto

Comité Técnico de Edición
Dr. Noé Martín Zenteno Ocampo
*Departamento de Procesos
Editoriales de la UNICACH*



*Sé un profesional en el estudio
científico de la vida*

Te invitamos a escanear el QR
para conocer más acerca de nuestro
programa educativo:



CANTERA



© CALEE SIMUTA | BIOFOTÓN

