



Ambystoma mexicanum

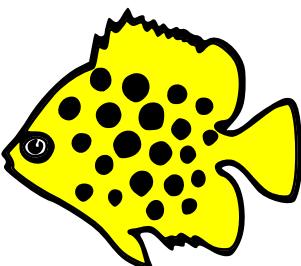
Rhinoptera marginata / Filtración. Fotocatálisis oxidativa por TiO_2 / Austrolebias

editorial

Terminada recientemente la "Cumbre Mundial del Clima" en Egipto, creo que podemos sacar la conclusión de lo poco eficaces que resultan estas cumbres para afrontar soluciones a problemas tan acuciantes como el cambio climático. Los expertos ya afirman que el tren para revertir los efectos del cambio climático ya pasó y que ahora ya solo podemos aspirar a mitigarlos si empezamos a actuar con prontitud y valentía. Pero los gobiernos, como siempre, están para foto pero no para asumir estos retos. Así que las decisiones y la voluntad de cambio estarán en manos de cada uno de nosotros, en asumir nuestras acciones como responsables del problema y modificarlas para pasar a ser parte de la solución. Podemos minimizar el

uso del coche, ser racionales con el consumo en calefacción y luz, comprar localmente, ser exigentes con nuestros dirigentes, evitar los productos de un solo uso, sumarnos a iniciativas colectivas de restauración de ecosistemas... Hay muchas posibilidades en nuestras manos. Los acuaristas conocemos los delicados equilibrios que rigen los ecosistemas y también podemos actuar como miles de pequeñas arcas de Noe para preservar la biodiversidad y sumarnos a proyectos de conservación. No esperemos que los políticos den los pasos que podemos dar los ciudadanos, porque no lo harán.

Fernando Zamora
Presidente de la AEA



**Publicación trimestral de la
Asociación Española de Acuaristas**

www.mundoacuariofilo.org



Argos es una publicación para acuaristas hecha por acuaristas, anima a colaborar.

Queda prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización expresa del autor y de la revista Argos.



Foto portada: *Ambystoma mexicanum* ©Tim Flach.

Director

José María Cid Ruiz

Comité de Redacción

Miriam Falgueras (Coordinadora)

Fernando Zamora

Juan Artieda González-Granda

Marketing Digital

Xabier García Legido

Arlet Escorihuela

Diseño y Maquetación

Planeario

contactanos en aquaticnotesweb@gmail.com



*¡Gracias por
vuestro apoyo!*



aq-arium.com



power-aquaculture.es



CORAL SUPPLIES
coralsupplies.es



mundoacuariofilo.org

contenidos

A punto de terminar el año, aquí tenemos un nuevo número de Argos, con una amplia variedad de contenidos. Todos ellos, basados en la propia experiencia de sus autores. Así, abrimos la revista con una primicia, dado que es la primera publicación del magnífico trabajo de reproducción en el Atlantis Aquarium Madrid de **Rhinoptera marginata**, una manta raya en peligro crítico según la UICN. Sus autores, **Rocío Gea y Sergio Taranco**, nos detallan los aspectos clave del mantenimiento y cría en cautividad de esta especie. Seguidamente, encontraremos el artículo **"Fotocatálisis oxidativa por TiO₂"**, a través del cual, su autor, **José Luis González**, nos introduce en esta poderosa herramienta de filtración-depuración por oxidación potenciada por radiación de U.V. sobre dióxido de titanio.

Austrolebias, es el título de nuestro siguiente trabajo, **Carlos Diez**, su autor, nos presenta los resultados de su experiencia práctica en el mantenimiento y reproducción de algunas de las especies más comunes de este bello género de "killis" perteneciente a la familia Rivulidae. **"El Ajolote"** (*Ambystoma mexicanum*), es el título de nuestro siguiente artículo, en el, **Arlet Escorihuela**, aborda una visión global de esta singular especie, cuyas propiedades de neotenia y de regeneración siguen intrigando a la ciencia. La autora nos clarifica con gran rigor, las principales hipótesis que los científicos manejan a día de hoy para explicar estas capacidades tan singulares. Si avanzáis en la lectura, como así espero, encontrareis las secciones: **"Acuariofilia en la Red"**, **"Noticias"** y **"Contraportada"**, las cuales, completan nuestra propuesta de contenidos para el presente número.

En nombre de toda la redacción de Argos, os deseamos que el **Fin de Año**, os encuentre en la **cañita** compañía de vuestras familias de la forma más segura posible.

José María Cid Ruiz
Director Argos





06

Rhinoptera marginata

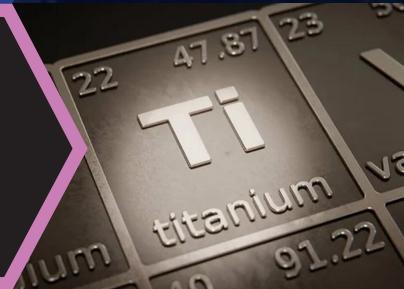
Rocío Gea y Sergio Taranco



16

Fotocatálisis oxidativa TiO_2

Jose Luis González Clamens



24

Austrolebias

Carlos Díez



35

Ambystoma mexicanum

Arlet Escorihuela Pérez



50

Acuarofilia en la Red

F.A.O., fuente de información de garantías.

Equipo de Redacción



52

Noticias

Conferencia Mundial sobre la Vida Silvestre.

Equipo de Redacción



53

En contraportada *Plagiotremus rhinorhynchos*

José María Cid Ruiz



sumario

CERCA DEL PROFESIONAL. CERCA DEL AFICIONADO.

El mejor servicio de distribución de material para acuariofilia marina y de agua dulce. Más de 40 marcas internacionales, con los productos más innovadores y tecnológicamente avanzados. **El envío más rápido y económico!**



Deltec

Jebao



TRITON



AQUARIO



TWINSTAR



Oceans Wonders

ZEOvit®



WATERBOX
AQUARIUMS



SALIFERT



HAILEA®



Nos encontrarás en: Avda. de Barcelona, 66 – NAVE C | 08720 – Vilafranca del Penedès | Barcelona – España



w aq-arium.com

938 925 400

info@aq-arium.com

f AQariumsol

@aq.arium



Rhinoptera marginata

Reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

Rocío Gea y Sergio Taranco



Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

Rhinoptera marginata (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817) es una de las ocho especies de raya de la familia Rhinopteridae. Conocida con el nombre vulgar de la raya nariz de vaca lusitana, gavilán lusitánico o arzobispo, esta especie de elasmobranquio es poco común en los acuarios públicos de Europa, en los cuáles es más habitual encontrarnos a su congénere *Rhinoptera bonasus* (Mitchill, 1815), la raya nariz de vaca caribeña.

La información acerca de *R. marginata* es muy limitada, lo poco que se sabe de sus avistamientos es gracias a su captura en artes

industriales y artesanales de pesca como arrastre, palangre, cerco, redes de enmalle, anzuelo y línea. Al tratarse de animales que viven en grandes cardúmenes se pueden pescar en grandes cantidades con un solo lance, lo que hace que esta especie esté sometida a una fuerte presión pesquera en toda su área de distribución. En Brasil, por ejemplo, las pesquerías de bajura han provocado la extinción a nivel local de *Rhinoptera brasiliensis* (Muller, 1836) la raya nariz de vaca brasileña. Tampoco ayuda la gran demanda de tiburones y rayas para consumo. Su carne se utiliza a nivel local e internacional como producto fresco, congelado, seco y ahumado. **Se cree que las poblaciones de *R. marginata* se han reducido un 80% en estos últimos 80 años.** En la actualidad, está catalogada en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como especie en peligro crítico (CR).

DESCRIPCIÓN

La raya nariz de vaca tiene el cuerpo aplanado dorsoventralmente, en forma de rombo y más ancho que largo. Suele ser de color marrón/dorado con el vientre blanquecino o amarillento. En la parte dorsal se puede observar una cabeza ancha con ojos muy separados, un par de lóbulos subrostrales muy distintivos y espiráculos. La boca, orificios nasales y cinco pares de branquias se encuentran en la parte ventral. Sus dientes están fusionados en placas dentarias con nueve filas en la parte superior y siete en la inferior, muy eficaces para la trituración de crustáceos y moluscos. Tienen una cola larga y delgada con un aguijón en la base, que utilizan para defenderse cuando se



Primer plano donde se aprecian branquias y espiraculos. ©Atlantis Aquarium Xanadu



Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

sienten amenazadas. Las hembras alcanzan tamaños máximos superiores a los machos, se han registrado hembras con un tamaño máximo aproximado de 210 cm de ancho de disco y los 13,6 kg de peso, mientras que los machos no suelen superar los 130 cm de ancho de disco y los 8,3 kg de peso.

Existe disparidad de opiniones acerca de la longevidad de esta especie. Por los datos recogidos de capturas de pesca y la comparación con otras especies del mismo género, **se estima que pueden vivir entre 20 y 27 años**, si bien estos datos no son más que estimaciones procedentes de los individuos pescados y de comparaciones con otras especies del mismo género.

DISTRIBUCIÓN

Esta especie se localiza en el Mar Mediterráneo, principalmente en la costa nororiental. Se encuentra también en la costa de Atlántico oriental, desde Portugal hasta el norte de Angola; siendo más común a lo largo de la costa occidental de África. **En el Mediterráneo está considerada como especie rara siendo la única de su familia que se encuentra en dicho mar.** Se supone que son migratorias, si bien no está claro su patrón migratorio.

BIOTONO

Se suelen encontrar en la costa en sustratos arenosos de bahías poco profundas, lagunas y estuarios, entre los 20 y los 100 metros de profundidad.

MANTENIMIENTO

En Atlantis Aquarium Madrid recibimos en octubre de 2018 quince ejemplares de *R. marginata* (12 hembras y 3 machos; razón de sexos muy parecida a lo estimado en el medio natural). Los ejemplares se encuentran en el acuario de exhibición principal de 20,8 m de largo, 14,1 m de ancho y 7 m de alto, con un volumen total de 1.700 metros cúbicos. En un lateral del acuario existe una compuerta que comunica con una piscina médica o de cuarentena, la cual tiene 5 m de



Las poblaciones de *R. marginata* se han podido reducir un 80% en los últimos 80 años. ©Atlantis Aquarium

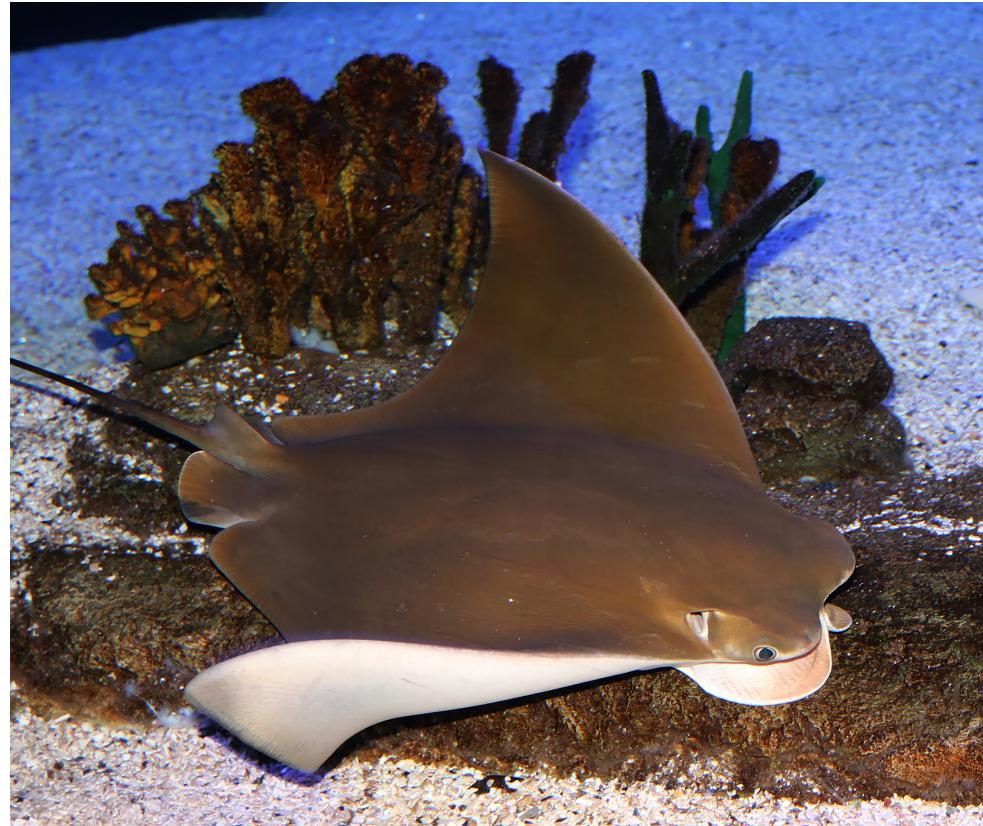
Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

ancho y 1,5 m de alto y un volumen de casi 30 metros cúbicos. Esta piscina es utilizada para la introducción de animales nuevos antes de transferirlos al acuario principal, así como para aislar los animales cuando sea necesario, sin tener que aclimatarlos en otras instalaciones y minimizar de esta forma el estrés de los individuos.

El acuario principal posee una iluminación compuesta por 15 focos de luz LED alternando con espectro de luz blanca y azul. Tiene un fotoperiodo medio de 11 horas y su encendido es progresivo, en varias fases que van de menor a mayor intensidad. Además, hay dos claraboyas por las que entra luz natural. La temperatura y salinidad se mantienen constantes a lo largo del año a 22 °C y 31 kg/m³ (31 ppt) respectivamente.

Los ejemplares de *R. marginata* conviven en el acuario con otras especies de elasmobranquios tales como el tiburón gris (*Carcharhinus plumbeus*), el tiburón puntas negras (*Carcharhinus melanopterus*), la raya látigo (*Dasyatis pastinaca*), la raya de panal (*Himantura uarnak*), o la raya de manglar de cola blanca (*Urogymnus granulata*); así como un ejemplar de tortuga boba (*Caretta caretta*) y distintas especies de peces tropicales.



Juvenil de *R. marginata*. Su longevidad máxima se estima en 27 años. ©Rocío Gea

ALIMENTACIÓN

La dieta de *R. marginata* en Atlantis Aquarium Madrid se basa en **mejillón, gamba, puntilla, merluza y pescado azul como arenque, eperlan y sprat**. Esta alimentación se divide en dos tomas al día, una por la mañana y otra por la tarde. Para la alimentación diaria, los animales han sido entrenados para comer en un lugar específico en la parte superior del acuario. En las ocasiones en las que se entra a bucear para llevar a cabo las labores de limpieza y mantenimiento, se les administra el alimento en el fondo del acuario. La alimentación se complementa con suplementos vitamínicos y yodo, ya que los elasmobranquios tienen tendencia a desarrollar bocio. Dos veces por semana se les administra almeja con cáscara o cangrejo que recogen del fondo del acuario, este enriquecimiento estimula el instinto de búsqueda de alimento y depredación de los animales, ya que gran parte de su dieta en el medio natural se basa en esta comida.

REPRODUCCIÓN

Se trata de animales ovovivíparos: el embrión en una primera etapa se ali-





Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

menta del vitelo del huevo, pero a partir de los 3-4 meses éste es prácticamente inexistente y el embrión pasa a alimentarse directamente de los nutrientes y sustratos disponibles en el útero materno. En referencia a la anatomía reproductiva de las hembras de *R. marginata*, los estudios sugieren que al igual que en otras especies del género solo el tracto reproductivo izquierdo está completamente desarrollado, aunque si está descrito el desarrollo del tracto reproductor derecho y su funcionalidad cuando el izquierdo sufre alguna lesión como en casos de cirugías reproductivas. A diferencia de otras *Rhinoptera* como *R. bonasus*, en el caso de *R. marginata* solo se ha encontrado un embrión desarrollado a nivel del útero izquierdo.

Estudios sobre otras especies de *Rhinoptera* indican que a partir del tercer trimestre los embriones se encuentran en posición vertical en



Alimentación de *R. marginata* desde la parte superior del acuario. ©Sergio Taranco García



Alimentación *Rhinopteras* en el fondo del acuario. © Fernando Casado Mora
el útero con el rostro hacia delante, las aletas pectorales dobladas hacia el dorso y la cola (con la columna fuertemente enfundada) doblada hacia adelante a lo largo del disco para evitar que el aguijón, ya totalmente calcificado, pueda producir laceraciones durante el parto o por movimientos de la cría.

No existe suficiente información acerca de la madurez sexual de esta especie y su edad máxima. Se ha hecho una estimación en función de los datos obtenidos de *R. bonasus* ya que ésta alcanza la madurez sexual a los 7 años y una edad máxima de 21 años. Al ser más grande de la *R. marginata*, estos valores de madurez sexual y edad máxima posiblemente aumenten.

Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

Los machos sexualmente inmaduros tienen los clasper (órganos reproductores) cortos y flexibles, lo cual impide la cópula. Con la madurez los cartílagos internos de los clasper se calcifican y articulan con las aletas pélvicas, permitiendo así que roten para la cópula con la hembra. Por su parte, las hembras alcanzan la madurez sexual cuando alcanzan un diámetro de ovario mayor a 10 mm o cuando se observa que están preñadas.

En Atlantis Aquarium Madrid hemos observado que **la época de apareamiento se da durante los meses de marzo y abril**, igual que lo indicado para el medio natural. **La duración de la gestación se ha estimado entre 11 y 12 meses**, similar a otras especies de *Rhinoptera*, dándose los partos entre finales de marzo y abril. Después del parto, las hembras suelen ovular. **En nuestro caso hemos podido observar cópulas en los días posteriores al parto**, se cree que los machos siguen a las hembras para maximizar las posibilidades de aparearse.

Cuando determinamos que las hembras están a punto de parir las trasladamos a la piscina médica, con el fin de separarlas del resto de especies y evitar así una posible depredación de las crías por parte del resto de animales del acuario. Todos los partos que hemos tenido se han producido de noche. El tamaño del disco de los ejemplares recién nacidos es cercano a los 24cm.

Hemos observado que los procedimientos veterinarios habituales como los controles, manipulación de ejemplares o trasladados a cuarentena, que en otras especies son inocuos, en el caso de *R. marginata* *pueden provocar abortos si el momento del parto está cerca*.

Los primeros nacimientos fueron trasladados a los acuarios de cuarentena, como se hace habitualmente con el resto de las especies de rayas del acuario, pero observamos que los recién nacidos comenzaban a tener problemas: se quedaban mucho tiempo posados en el fondo, cuando lo normal es que tengan una natación constante, se



La UICN tiene a *R. marginata* catalogada como especie en peligro crítico. ©Rocío Gea
rozaban con las paredes sufriendo lesiones y les costaba empezar a comer. En base a la experiencia y conocimientos obtenidos en otros acuarios públicos con la especie *R. bonasus*, en los que parece que las crías recién nacidas siguen la dinámica del grupo y ven favorecidas su actividad, natación y primera ingesta; probamos a dejarlas con las madres en la piscina médica, lo que resultó ser beneficioso para ellas. También hemos constatado que es importante un espacio grande con una altura de agua considerable para que los recién nacidos puedan nadar sin problemas y evitar lesiones de ningún tipo.



Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

Los recién nacidos tardan entre 3-6 días en empezar a comer, tienen una mayor predisposición a alimentarse de gamba y mejillón. En torno a los 4-5 días posteriores a la primera ingesta introducen en su dieta una mayor diversidad de alimento como eperlan, merluza, pescado azul y calamar. Para alimentarlos, les dejamos comida en el fondo de la piscina médica para que tengan alimento siempre a su disposición.

Hemos tenido nacimientos en los años 2021 y 2022 y hemos observado que las crías del 2021 han nacido más pequeñas que las del año 2022, si bien ésta es una valoración subjetiva, puesto que decidimos

no manipularlas para evitar el posible estrés asociado con el manejo de los recién nacidos. Hemos observado también que las crías nacidas en 2021 tardaron más en comenzar a alimentarse, lo que puede deberse a que los individuos reproductores eran jóvenes y primerizos.

En estos dos años han nacido en nuestras instalaciones un total de nueve individuos superando todos los 3 meses de edad, y en la actualidad podemos disfrutar de cuatro individuos que superan ya los 9 meses de edad. De esta forma, Atlantis Aquarium Madrid es el único acuario de Europa del que se tiene registro de la reproducción exitosa de *R. marginata*.



Se trata de una especie ovovivípara, con un periodo reproductivo entre marzo y abril. ©Atlantis aquarium

Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana



Dos crías prematuras debido a la manipulación. ©Rocío Gea Couto



Madre de *R. marginata* con crías nadando en la piscina médica. ©María Ramiro Suárez

CONCLUSIONES Y MEJORAS A FUTURO

Debido a la tendencia actual de disminución de las poblaciones de *R. marginata*, es importante seguir investigando, puesto que no existen datos suficientes acerca de la biología de la especie ni tampoco se han diseñado programas de conservación o protección de esta.

Creemos que parte de nuestro éxito reproductivo se podría deber a que tenemos una razón de sexos similar a la que existe en el medio natural, a pesar de tener unos parámetros de temperatura y salinidad diferentes.

La reproducción y cría de *R. marginata* tiene una serie de peculiaridades que hacen que el manejo y cuidados de esta especie difieran bastante de los de otras especies de rayas más comunes en los acuarios públicos.

Próximamente, completaremos la identificación mediante chip de todos los individuos de *R. marginata* de nuestras instalaciones. Esto

nos permitirá comprobar si una misma madre puede tener crías en años consecutivos (sospechamos que esto es posible ya que hemos observado cópulas poco después del parto), identificar si hay hembras más fértiles que otras, o recopilar datos de futuros nacimientos para obtener un registro detallado de peso y envergadura de los ejemplares.

BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFÍA

Başusta, N., Başusta, A., Çiçek, E., Cicia, A. M., & Sulikowski, J. A. (2022). First estimates of age and growth of the Lusitanian cownose ray (*Rhinoptera marginata*) from the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (5), 685.

Fisher, R. A., Call, G. C., & Grubbs, R. D. (2013). Age, growth, and reproductive biology of cownose rays in Chesapeake Bay. *Marine and Coastal Fisheries*, 5 (1), 224-235.

Jabado, R.W., Chartrain, E., De Bruyne, G., Derrick, D., Dia, M., Diop, M., Doherty, P., Dossa, J., Ducrocq, M., Leurs, G.H.L., Metcalfe, K., Porriños, G., Seidu, I., Soares, A.-L., Tamo, A., VanderWright, W.J. & Williams, A.B. 2021. *Rhinoptera marginata*



Rhinoptera marginata

reproducción en cautividad de la raya nariz de vaca lusitana

ata. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T161463A49318282. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T161463A49318282.en>. Consultado el 11 de noviembre de 2022.

Poulakis, G. R. (2013). Reproductive biology of the cownose ray in the Charlotte Harbor estuarine system, Florida. *Marine and Coastal Fisheries*, 5(1), 159-173.

Tıraşın, E. M., & Başusta, N. (2018). Near-term embryos and gravid females of Lusitanian cownose ray (*Rhinoptera marginata*) in Mersin Bay, eastern Mediterranean Sea. *Marine and Freshwater Research*, 69 (9), 1365-1371.

Ragheb, E., & Hasan, M. W. A. (2021). First record of *Pteroplatytrygon violacea* (Bonaparte, 1832) with annotation of cartilaginous fishes by-catch by gill nets (Egyptian Mediterranean). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47 (4), 387-392.



Rocio Gea Couto

Técnico en Cultivos Acuícolas
Conservadora de Atlantis Aquarium Madrid desde la pre-apertura, lleva trabajando con peces e invertebrados más de 22 años, tanto en acuicultura como en acuarios públicos tales como el Oceanografic de Valencia y el Oceanario de Lisboa.



Acceso al video cópula *R. marginata*



Acceso al video de una madre nadando con crías



Sergio Taranco García

Graduado en Biología por la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid en 2017. Comenzó a trabajar en Atlantis Aquarium en 2018 y actualmente ejerce las labores de jefe de Acuaristas.





Con tu ayuda, nadamos más lejos

Anímate a patrocinar ARGOS desde 10 €/mes
Visibilidad para tu negocio, apoyo a la afición

más información: aea@mundoacuariofilo.org

Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

Jose Luis González Clamens



Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

INTRODUCCIÓN

La fotosíntesis se encuentra en el corazón de un sin fin de procesos naturales de la vida en la Tierra. Las cianobacterias, hace 2600 millones de años aprendieron a obtener oxígeno de esta forma. La fotocatálisis oxidativa por TiO_2 es igualmente un proceso natural de descontaminación, activado por la luz del sol, resultando aún más antiguo que la propia fotosíntesis.

Como es bien sabido, en la fotosíntesis, la luz aporta la energía a la clorofila; que luego desencadena el ensamblaje de: carbono (C) del CO_2 , hidrógeno (H) del H_2O , oxígeno (O) del O_2 en el aire, y nitrógeno (N) del fertilizante, para obtener $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glucosa, un azúcar). En la fotocatálisis, la luz a quien aporta energía es al dióxido de titanio (TiO_2), el noveno mineral más común en el planeta. El titanio, por su parte, es un elemento químico de símbolo **Ti** y número atómico 22, que se sitúa en el grupo 4 de la tabla periódica de los elementos. Es un metal de transición de color gris, baja densidad y gran dureza. Es muy resistente a la corrosión por agua del mar, agua regia y cloro. Este elemento abunda en depósitos de minerales, principalmente en forma de óxidos como el rutilo y la ilmenita, ampliamente distribuidos en la corteza terrestre y la litosfera; también se encuentra en los seres vivos, cuerpos de agua y en meteoritos.

Fueron dos científicos japoneses en 1968, los primeros en caracterizar lo que sucede cuando la luz dota de energía al dióxido de titanio (Profesores Honda y Fujishima de la Universidad de Tokio).

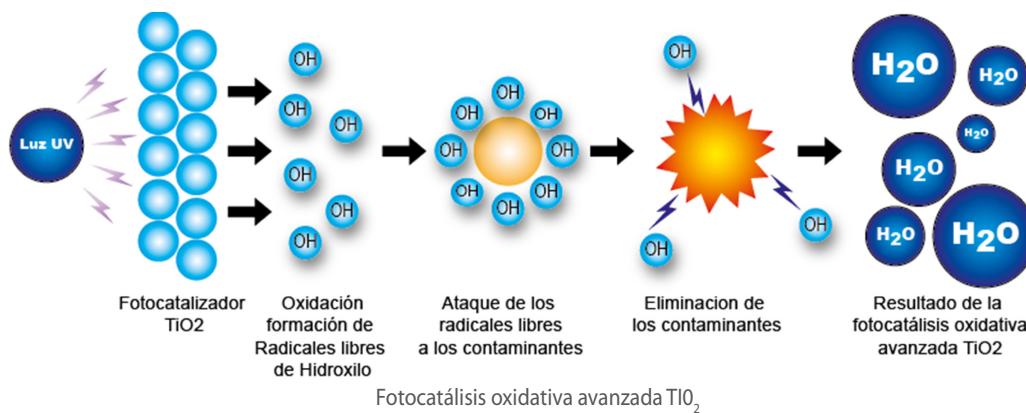
La eliminación de ma-

teria orgánica contenida en el agua por agentes oxidantes obedece a un proceso que depende de la capacidad de dicho agente de sustraer electrones de los enlaces que constituyen las moléculas a destruir. Si disponen de esa capacidad, pueden romper todos y cada uno de los enlaces de las moléculas contaminantes, las cuales, una vez oxidadas, se habrán transformado en CO_2 y H_2O . Denominándose este último proceso "mineralización".

El potencial redox del agente oxidante define su capacidad oxidativa. Si no alcanza un cierto valor, no importa la cantidad de agente oxidante que se utilice, pues el potencial redox no aumenta con la concentración de agentes oxidantes.

El anión OH^- presenta un potencial redox de gran valor (ver tabla). Lo que no pueda oxidar (eliminar) este radical, no lo podrá oxidar ningún otro agente oxidante. La extremadamente corta vida del anión OH^- significa dos cosas: 1) que no es posible un efecto residual. 2) que todo ocurre dentro, y solo dentro, del reactor, y a una velocidad tal que es imposible de cuantificar.

El dióxido de titanio es lo que se conoce como un semiconductor de banda ancha. Irradiado, con la longitud de onda adecuada, se "activa" (excitación de electrones con cambio de banda electrónica). Esto último desencadena la generación masiva de aniones OH^- .



FOTOCATÁLISIS

La fotocatálisis puede ser definida como la reacción fotoquímica que convierte la energía lumínica en energía química en la superficie de un catalizador. Este proceso involucra la

Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

absorción de luz por parte de un catalizador o sustrato reactivo.

La actividad fotocatalítica (PCA) depende de la capacidad del catalizador para crear pares de electrón-hueco, que generan radicales libres como el hidroxilo (OH^\cdot). Estas son moléculas muy inestables y reactivas, capaces de interaccionar rápidamente en reacciones secundarias con otras moléculas. Su aplicación práctica en filtración y descontaminación de aguas se hizo posible mediante la electrólisis del agua con utilización del dióxido de titanio. Ambos, luz y catalizador, son necesarios para alcanzar o acelerar la reacción química como veremos en la siguiente imagen.

El efecto foto-catalítico solo se produce en el interior del reactor, pues la vida del radical libre hidroxilo es de menos de un milisegundo y no afecta a las propiedades del agua.



Reactor fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

La eficacia del proceso está basada en la capacidad de oxidación junto a la extraordinaria velocidad de reacción del mencionado radical, muy superiores a cualquier otro agente oxidante y, también a la radiación UV. El nivel de desinfección del agua que por oxidación y radiación se consigue es del 99.99% para todos los patógenos dependiendo solo del tiempo de exposición de éstos en el reactor.

RADICAL OH^\cdot (RADICALES LIBRES DE HIDROXILO)

El radical OH^\cdot es el oxidante natural más importante en la química troposférica. A menudo se le llama el "detergente" de la atmósfera, ya que reacciona con muchos contaminantes, iniciando el proceso de depuración de estos contaminantes. También juega un papel importante en la eliminación de los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el metano, entre otros.

Es común confundir el nombre hidroxilo para referirse al anión OH^- , denominado hidróxido, uno de los iones poli-atómicos más simples y más importantes que se encuentra en los hidróxidos. Este ión está formado por un oxígeno y un hidrógeno y su carga eléctrica es -1. El grupo O-H sin carga tiene un electrón sin compartir que se sitúa sobre el oxígeno y se representa como OH^\cdot .

Una forma de obtener OH^\cdot es extrayendo un átomo de hidrógeno de una molécula de agua (H_2O). Los radicales libre hidroxilo (OH^\cdot), son la segunda molécula más oxidante de la naturaleza, tras el flúor (gas flúor, F_2),



Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

con un potencial redox del orden de un doscientos cincuenta por cien (250%) más que el del cloro, como refleja la siguiente tabla:

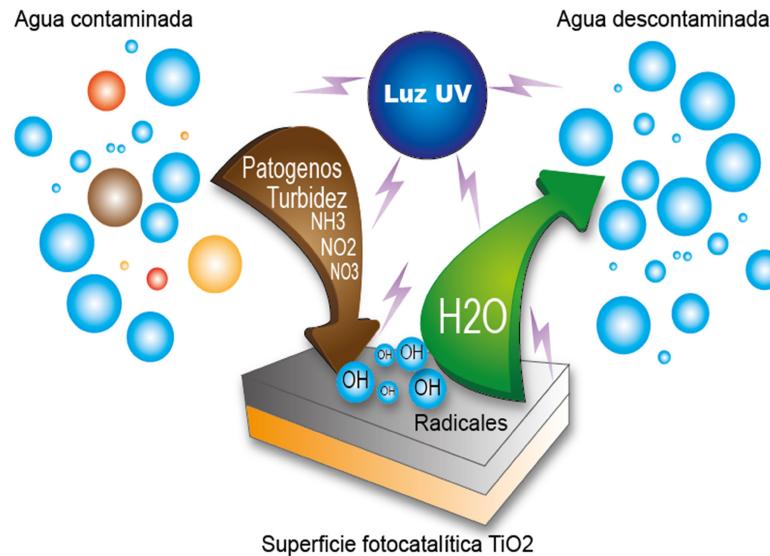
Agente Oxidante	E° (V)
Flúor	3.03
Radical hidroxilo	2.80
Oxígeno	2.42
Ozono	2.42
Peroxido de hidrogeno	1.78
Radical perhidroxilo	1.70
Permanganato	1.68
Cloro	1.36
Bromo	1.09
Yodo	0.54

Tabla 1. **Agente Oxidante:** Un agente oxidante es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación.

E° (V): El potencial normal de electrodo se representa habitualmente como E° y su unidad en el Sistema Internacional es el voltio (V). Es una constante de cada electrodo e indica la tendencia a producirse que posee cierta semireacción.

De este modo, dentro del reactor, se produce un intensísimo proceso de oxidación a gran velocidad. La materia orgánica y los microorganismos patógenos existentes en el agua son degradados e inactivados más rápida y más eficazmente que con cualquier otro sistema de filtración existente que se encuentre operativo hoy en día. Además, a esta desinfección por oxidación, llevada a cabo por los radicales hidroxilo (OH^\cdot), se le suma el hecho de que bacterias, virus y otros microorganismos son muy sensibles a la radiación UV,

puesto que daña su ADN/RDN, aportando un segundo efecto desinfectante al sistema. (Barrones, 2014)

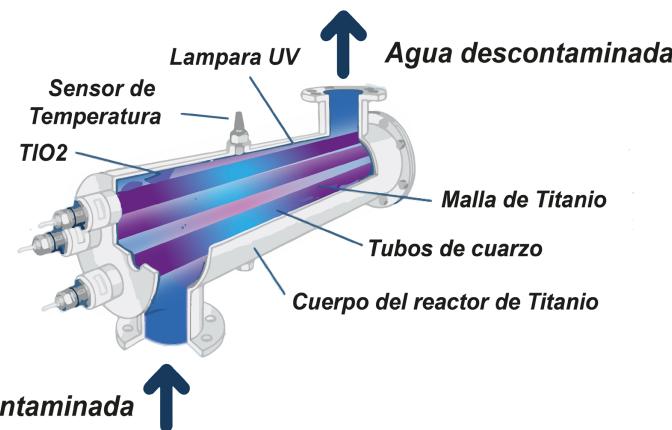


Descontaminación de agua por fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

Generalmente, los equipos de filtración y desinfección más utilizados en acuariofilia, están basados en el uso de dispositivos de UV y ozono para desinfectar el agua, eliminadores de proteína (skimmer) y finalmente en diferentes tipos de filtros biológicos que oxidan el NH_4^+ . Con la fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2 , se logran estos tres procesos en uno solo, reduciendo considerablemente el espacio en la instalación de filtros adicionales y sumideros que tanto espacio ocupan. También nos ayudará a reducir el volumen de los cambios de agua en nuestros acuarios. Este ha sido y sigue siendo, un tema muy controvertido entre nosotros los acuaristas. Sirva como ejemplo, mi acuario marino de 800 litros con población mixta de diversas especies de peces y corales. En dicho acuario, en un periodo de

3 años, solo efectué 8 cambios de agua de un 30% y me fue francamente bien. Cabe reseñar que, al iniciar mi acuario, los 800 litros de agua en su totalidad y los cambios de agua posteriores, fueron extraídos directamente del mar Caribe. Para mí, es muy importante hoy en día, hacer un uso consciente del agua para reducir la huella hídrica que dejamos al medio ambiente.

En el caso de la fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2 , su utilización en acuarios sin necesidad de ningún producto químico adicional, viene garantizada a través de la experiencia previa de esta tecnología en otros ámbitos de la actividad humana, tales como: uso industrial aplicado con éxito en centrales nucleares, quirófanos de hospitales, translánticos, etc. En acuarios públicos de prestigio, dos buenos ejemplos del uso de este método de filtración son el Oceanográfico de Valencia y el Zoo de Londres.



Esquema Reactor fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2



Acuario del autor ©José Luis González

Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2

¿QUÉ PASA CON NUESTRAS BACTERIAS EN EL ACUARIO?

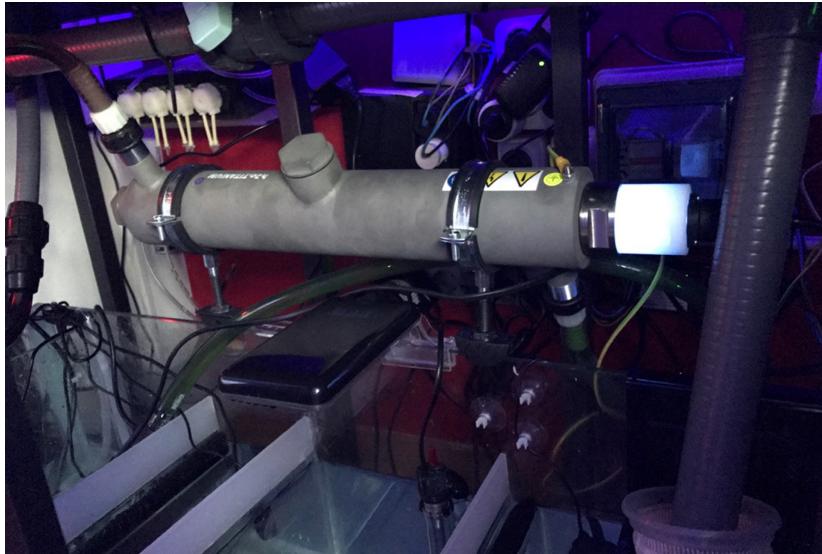
La fotocatálisis oxidativa TiO_2 sólo se produce dentro del reactor, mediante la irradiación constante de las lámparas UV sobre la capa de dioxido de titanio con el que se encuentra recubierta la cara interior del reactor. De este modo, las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* que convierten el amonio en nitrito y las *Nitrobacter* que oxidan nitrito y forman el nitrato) que colonizan las rocas y sustrato, no se ven afectadas por la actividad del reactor.

INSTALACIÓN DE UN REACTOR EN NUESTROS ACUARIOS

La instalación es muy sencilla en la mayoría de los modelos, con una toma de entrada y otra de salida. Generalmente, se ubica el reactor en una etapa posterior a los filtros mecánicos y biológicos, para evitar que la cámara del reactor tenga acumulación de partículas de gran tamaño que puedan perjudicar el correcto funcionamiento del

Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2



Instalación de Reactor fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2 mismo.

RESUMEN DE VENTAJAS DE LA FOTOCATÁLISIS OXIDATIVA POR TiO_2

- El titanio del reactor no se consume ni se desprende a diferencia de lo que ocurre en algunos filtros que requieren de un cartucho de reemplazo periódico.
- No genera subproductos.
- No es dañino fuera del reactor. No afecta a los habitantes del acuario
- Gran poder de oxidación, muy superior al del ozono
- Si el radical OH^- no encuentra moléculas para destruir, se reajusta y se convierte en agua (H_2O)

- Reduce la turbidez en cuestión de días
- No afecta el pH ni a la temperatura
- Reduce en un 60% los cambios de agua periódicos
- Eliminación de compuestos nitrogenados
- Eliminación de microorganismos patógenos
- El mantenimiento del reactor es mínimo
- El consumo eléctrico es muy bajo entre 15 y 20 W/M^3 agua tratada
- La instalación es rápida y fácil. No requiere de personal cualificado

UN VISTAZO AL FUTURO

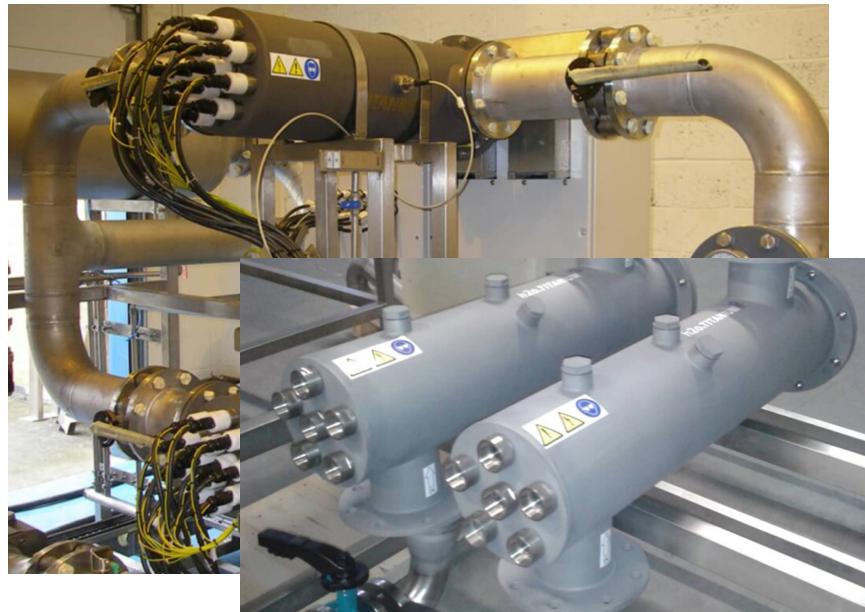
Como aficionados a la acuariofilia, en estos últimos tiempos hemos tenido una constante evolución en equipos técnicos destinados a nuestros acuarios. Evolución cargada de novedades, que hacen que cada día sea más sencillo mantener un acuario en las mejores condiciones posibles.

Veo un futuro muy prometedor para la acuariofilia, acuarios con tecnología de punta, más eficientes y automatizados, con monitoreo a distancia en tiempo real, una filtración más efectiva con menos residuos, iluminación de bajo consumo y alta eficiencia conectadas a internet que simulan condiciones climatológicas como amaneceres, atardeceres, nubes, día, noche y fases lunares, controladores de temperatura que se ajusten según la estación del año y sus variaciones entre el día y la noche, acuarios que funcionan con energías limpias tanto eólicas como solares, más ecológicos y en función al bienestar de nuestros animales.

EN RESUMEN

La fotocatálisis oxidativa avanzada TiO_2 es una solución efectiva De-





Reactor fotocatálisis oxidativa avanzada TiO₂ Nivel industrial

bido a la extraordinaria reactividad de los radicales hidroxilos OH, reaccionan con prácticamente cualquier contaminante del agua (incluido el amoniaco, los nitritos y los nitratos, sustancias orgánicas muy tóxicas para los corales, peces de agua salada y dulce, como fenoles y sus compuestos. Algunos metales pesados pueden ser removidos del agua precipitándose. En los procesos de oxidación avanzada, se puede alcanzar la desinfección del agua, lo cual es una solución integrada para mejorar la calidad del agua. Este proceso no genera productos tóxicos ni residuos en el agua tratada, los radicales hidroxilo (OH) tienen una vida corta menos de un milisegundo, si no reaccionan con un contaminante, se recombinan con los iones de Hidrógeno H+, generados por la fotocatálisis del agua, y los electrones e-, para producir moléculas de agua, por lo que son totalmente inocuos para los habitantes de los acuarios.

Filtración

fotocatálisis oxidativa avanzada TiO₂

BIBLIOGRAFÍA

- Barrones, S. (2014, October 7). *Fotocatálisis oxidativa para el tratamiento del agua sin producto químico - Grupo Gaherma*. Gaherma. Julio 25, 2022, <https://www.gaherma.com>
- Wikipedia, https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_hidroxilo
- Fundamentos de electroquímica. En: *Introducción a la química analítica*. Douglas A. Skoog, Donald M. West. Editorial Reverté, 2002. ISBN: 8429175113. Pág. 369
- *Buque Sarmiento de Gamboa*. (n.d.). h2o.TITANIUM. Julio 25, 2022, <https://www.ciencia.gob.es>
- *Conoce en 30 segundos cómo funciona la desinfección mediante Fotocatálisis Oxidativa Avanzada de h2o.TITANIUM*. (2016, Mayo 10). Aguasresiduales.info. Julio 25, 2022, from www.aguasresiduales.info
- *Fotos de Titanium atom, Imágenes de Titanium atom Descargar*. (n.d.). Depositphotos. Julio 25, 2022, from <https://sp.depositphotos.com>
- *Multimedia reactor*. (2022, Julio 6). h2o.TITANIUM. Julio 25, 2022, <https://h2otitanium.com/multimedia/>
- *Titanio*. (n.d.). Wikipedia. Retrieved Julio 25, 2022, <https://es.wikipedia.org/wiki/Titanio>



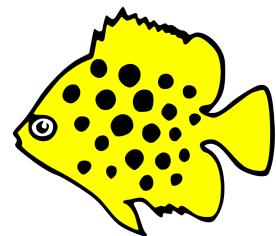
José Luis González

Siete años de experiencia en acuarios marinos, con especial dedicación a la cuarentena, reproducción y esquejado de corales SPS y LPS.

Mantengo dos acuarios marinos de 800 y 1000 litros para corales, peces e invertebrados. He realizado prácticas en el Acuario de Zaragoza de cuarentena, necropsias, limpieza de sistemas de filtración, preparación y distribución de alimentos. Soy Técnico especialista en fauna marina grandes acuarios (Instintia, Madrid). También soy buceador certificado (PADI open water).



juntos, nadamos mejor
únete al cardumen



Asociación Española de Acuaristas

Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

Carlos Díez

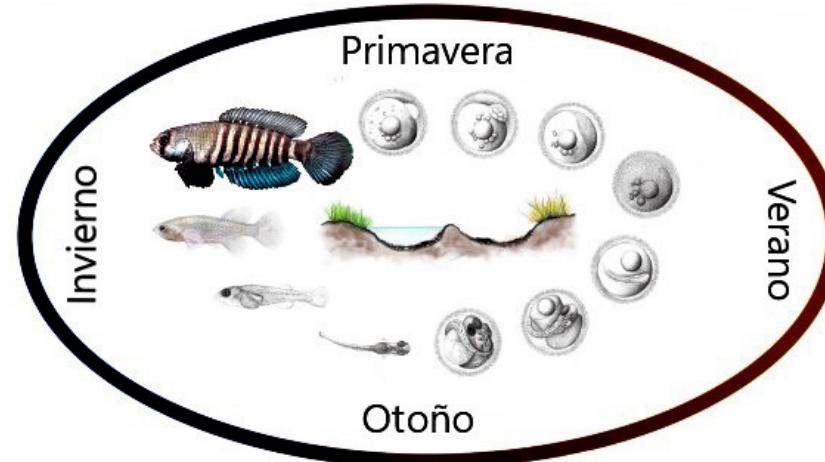


Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

Recuerdo con mucho cariño el ambiente de emoción que se vivía en casa cuando siendo yo niño mi padre recibía huevos de estos peces por correo, enviados por otros aficionados, frecuentemente desde Alemania y Holanda. Antes de recibirllos, por supuesto, había que intercambiar cartas, en los idiomas correspondientes, con los vendedores. Eran procesos lentos porque las cartas siempre tardaban mucho en llegar, pero sobre todo eran procesos muy emocionantes. Hoy en día todo ha cambiado, con la rapidez de las comunicaciones por Internet y la existencia de webs que facilitan la compra, intercambio o subasta de huevos. Pero sea como sea: la ilusión del acuacultor por estas especies se mantiene.

Las *Austrolebias* son un género de peces de agua dulce de la familia *Rivulidae*, dentro del orden de los *Ciprinodontiformes*, popularmente



Ciclo vital de las *Austrolebias*. ©Carlos Díez





Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

conocidos como killis. Hace unas décadas, muchas de las especies que componen este género formaban parte del género *Cynolebias*, en el que se mantuvieron algunas especies brasileñas. Con posterioridad, se formó un nuevo género agrupando las especies originarias de más al sur, que pasaron a denominarse *Austrolebias*, en este nuevo género se incluyeron adicionalmente las antiguas *Megalebias*.

Las especies de este género son killis anuales, que en la naturaleza suelen nacer durante el otoño con las primeras lluvias. En invierno y primavera entierran sus huevos en el sustrato, pues ya en verano normalmente el agua ha desaparecido de su hábitat, muriendo toda una generación y desarrollándose los huevos a escasos centímetros bajo tierra, a la espera de poder eclosionar con las lluvias del nuevo otoño.

DESCRIPCIÓN

Cuerpo aplanado y compacto. Aletas dorsal y anal redondeadas y de gran tamaño, dispuestas en paralelo. La aleta caudal es también redondeada. Cabeza grande coronada por ojos también de gran tamaño y boca en posición superior. Machos con más radios en las aletas dorsal y anal que las hembras.

Los machos cuentan con colores más intensos, frecuentemente en tonos azules con patrones oscuros o negros en algunas especies, a menudo con manchas brillantes de color claro en forma de puntos plateados dispersos por el cuerpo y especialmente en las aletas. Variando su coloración según la especie y, dentro de cada especie, según cada población. Por ello, puede observarse gran variabilidad de coloraciones o incluso de formas, por ejemplo, en las diversas poblaciones de *Austrolebias bellottii*.



A. bellottii de Selva de Montiel. ©Gabriel Marcelo Alicino



Hábitat de *Austrolebias bellottii* en Ezeiza. ©Gabriel Marcelo Alicino

Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

La coloración de las hembras es generalmente parda con manchas oscuras distribuidas por el cuerpo y en ocasiones por las aletas.

Los alevines y juveniles en general son también pardos y muestran patrones de coloración especialmente interesantes en algunos casos; como el de *A. gymnoventralis*, con un dimorfismo sexual claramente visible desde las primeras semanas de vida y una posterior transformación de patrones en los machos.

Entre los adultos de estas especies encontramos tamaños variables, desde los 3 o 4 cm de las especies de menor tamaño (*A. duraznensis*, *A. luteoflammulatus*, *A. nigripinnis*, *A. patriciae*...) **hasta una longitud de aproximadamente 20 cm en el caso de *A. elongatus*, el pez estacional de mayor tamaño del mundo.**

LOCALIZACIÓN Y BIOTONO

Son especies propias y emblemáticas de la zona más austral de Sudamérica, especialmente de Argentina y Uruguay, aunque algunas especies se encuentran también en el sur de Brasil e incluso en el Chaco húmedo llegando a Paraguay (*Austrolebias patriciae*).



Austrolebias reichertii de Vergara (Dpto. de Treinta y Tres, Uruguay). ©W.S.Serra

Las *Austrolebias* viven en áreas esteparias, a menudo en planicies y en ocasiones cerca del litoral. A menudo se encuentran en zonas próximas a medios acuáticos permanentes; cerca de cursos de agua, en charcas de tamaño variado, praderas de gramíneas intermitentemente inundables, etcétera. **Las temperaturas, con el consiguiente grado de evaporación del agua, y las lluvias, son los dos factores fundamentales que suelen determinar la duración del ciclo vital de**

las especies que nos ocupan. Nos sorprende la resistencia de estos peces a los cambios de temperatura y su capacidad para sobrevivir hasta que su hábitat queda totalmente seco. En varias ocasiones se han reportado casos en los que una población entera estaba a punto de sucumbir por la escasez de agua, pero han sobrevivido y podido seguir procreando durante un periodo de tiempo mayor debido a un aporte de agua a última hora. Estos peces a veces llegan a envejecer en la naturaleza y otras veces mueren jóvenes, lo más importante es que cada población tenga suficiente tiempo para dejar su descendencia, en forma de huevos protegidos bajo tierra de la sequía. Las lluvias y las zonas de inundación intermitente volverán, así que una nueva generación nacerá.



Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

Inherente al mantenimiento de estas especies es la preocupación por las crecientes amenazas a las que se enfrentan en sus lugares de origen. Desafortunadamente, los acuaristas conocemos bien el tipo de destino que aguardan a este tipo de áreas naturales. Lo vemos con muchos otros peces, anabántidos por ejemplo (en peligro crítico especies como *Betta burdigala*, *B. hendra*, *B. rubra*, *B. rutilans*, también algunos *Parosphromenus*...). Esto se debe a que frecuentemente dónde algunos apreciamos los complejos ecosistemas propios de zonas con charcas más o menos difusas en el paisaje, otros ven la oportunidad de canalizar dichas aguas para aprovecharlas en su beneficio, o convertirlas en un vertedero, quizás la oportunidad de labrar estas tierras con fines agrícolas, o la omnipresente opción de construir encima, todo ello ignorando por

completo la importancia o incluso la existencia de las especies nativas. En el caso de las *Austrolebias* esta preocupación es mayor por la ya de por sí reducida extensión de sus hábitats. **Especies como *Austrolebias paucisquamis* solo cuentan con una única población existente, en este caso es una sola charca temporal, totalmente aislada de posibles “salidas” a ambientes favorables en su entorno** (sin otros cuerpos de agua alrededor) y amenazada por cultivos de tipo extensivo cercanos. Todo indica que seguramente en un futuro esta población desaparecerá y con ella toda la especie en el medio natural. Especie que por cierto es de muy fácil mantenimiento y reproducción en cautividad.

Otros peligros de origen más o menos natural, según el caso, son las sequías y los incendios. Las primeras ponen a prueba la resistencia de los huevos al paso del tiempo, y los segundos probablemente no acaben con todos los huevos enterrados, pero sí alteran notablemente las condiciones en las que eclosionen y vayan a vivir los alevines.

Por todo ello se considera necesario a todas luces el mantenimiento en cautividad de estas especies y poblaciones. A continuación desarrollaremos lo fundamental en cuanto a las condiciones de mantenimiento de estos peces.

MANTENIMIENTO

Se trata de un género adaptable, viviendo en temperaturas que van desde la congelación en superficie hasta los 35°C aquellos años en los que las



Austrolebias wolterstorffi “Ilha do Leonideo”, juvenil ya con el típico patrón de camuflaje de esta especie. ©Carlos Díez

Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

charcas reciben más lluvias y perduran hasta el verano austral. **En el acuario se les intenta mantener temperaturas de 24°C como máximo, ya que las altas temperaturas acortan notablemente su esperanza de vida.** En torno a 16°C se obtiene un gran número de huevos. Los acuaristas de zonas cálidas podrían tener dificultades para mantener estos peces durante el verano, aunque pueden adoptar medidas contra el calor como el uso de ventiladores de PC junto a los acuarios, la sobre-plantación de los mismos con el extra de oxígeno que esta conlleva, el no uso de tapas (a diferencia de otros killis las Austrolebias rara vez saltan, huyen hacia el fondo si se asustan), iluminación LED a una distancia de la superficie, ausencia de luz solar directa en el cuarto de peces, etcétera.

Toleran variabilidad en el pH y la dureza del agua, aunque por norma general se suele recomendar su mantenimiento en aguas de pH en torno a 6.0-7.0 y GH 2-12.

Se les procurarán acuarios no muy iluminados, ya que algunas especies pueden ser asustadizas, con un recipiente lleno de turba (ver el apartado *Reproducción*) y algunas plantas que serán refugios para las hembras y los machos de menor rango. Acuarios específicos, ya que en la competencia con otras especies seguramente las *Austrolebias* recibirían menos comida de lo deseado, y como con todos los killis: acuarios individuales para cada población, que debe ser mantenida siempre por separado, pues no sería la primera vez que una población resulta ser una es-

pecie independiente. De esta forma, podemos tener una colección de poblaciones de *A. nigripinnis* (en mi caso solamente tengo tres poblaciones en estos momentos, pero **hay más de una veintena de poblaciones diferenciadas (por localización de origen) de *A. nigripinnis* circulando por Europa**) y ello requerirá siempre tener cada una de las poblaciones en un acuario específico para los reproductores, otro de crecimiento de alevines, etcétera. Los reproductores muchas veces se mantienen en tríos (1:2), en acuarios de 10 a 20 litros. Personalmente prefiero mantener las especies de menor tamaño en grupos de cría en urnas de 20 a 50 litros, con fondo desnudo ya que el uso de grava les puede “distractar” alejando a los machos de la turba, aunque bajo el acuario se coloca un papel o plás-



Detalle de la cabeza de un macho de *A. nigripinnis* El Molino, Colonia. ©Carlos Díez





tico oscuro para así realzar los colores de los peces. Se introducen plantas en macetas y musgos resistentes a las bajas temperaturas, algunas raíces y otros elementos naturales también pueden ser utilizados. Mantengo las especies de mayor tamaño (antiguas *Megalebias*) en tríos en acuarios de 50 a 200 litros con distintos elementos a modo de refugio, pero con similar apariencia general a los acuarios de las especies pequeñas. En el caso de algunas de estas especies de mayor tamaño (*A. elongatus*, *A. prognathus*, *A. monstrosus*), o de individuos concretos de más carácter, hay quien recomienda juntar a los reproductores solo puntualmente y únicamente para obtener huevos. Además, estas especies más grandes son en ocasiones más sensibles al deterioro de las condiciones del agua, por lo que habrá que incidir en la limpieza de sus acuarios.

Cabe destacar que en nuestras latitudes es muy buena idea mantener estos killis al exterior, en estanques, acuarios, tinas, etc. Mantengo diversas especies en estanques, desde la primavera al otoño, con grandes resultados. En este caso también se les facilita un lugar con turba en la que desovar y que cada cierto tiempo podamos extraer del estanque. Muchas especies también pueden mantenerse al exterior durante el invierno sin problemas, creciendo muy fuertes y con gran colorido, aunque en mi caso no suelo hacerlo por vivir en una zona fría con la consiguiente dificultad de ver a los peces bajo capas de hielo de varios centímetros.

ALIMENTACIÓN

En este apartado **resulta obligatorio señalar**

Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

la diferenciación entre las pequeñas *Austrolebias*, consumidoras de invertebrados acuáticos, y las grandes *Austrolebias*, antiguas *Megalebias*, especies ictiófagas que ávidamente comen otros peces, frecuentemente del mismo género e incluso de la misma especie, cosa altamente difícil de evitar durante sus primeros días de vida, cuando ya son sorprendentemente hábiles en la práctica del fraticidio caníbal, lo que nos obligará a separarlos por tamaños y revisar diariamente las diferencias de talla entre hermanos. Se dice que en la naturaleza, estas grandes especies aprovechan las horas crepusculares para capturar peces más rápidos (poecílidos, carácidos), mientras que capturan a los más lentos (ciprinodóntidos) durante todo el día. También consumen *Notonectas*, lombrices de tierra e insectos terrestres.



A. paucisquamata São Sepé DN 2009-08. ©Carlos Díez

Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”



Austrolebias nigrofasciatus, alevín de un día de edad comiendo nauplios de Artemia.
©Carlos Díez

De gran interés resulta el hecho de que en la naturaleza, dentro de especies de este género, cosa nada frecuente, podemos observar casos de evolución (coevolución) interespecífica, como resultado de la influencia recíproca entre dos o más especies por sus interacciones como presas y depredadores. A continuación menciono algunos de los numerosos ejemplos de este tipo de coevolución en *Austrolebias*, con las poblaciones concretas y las especies implicadas:

Canal Andreoni (Rocha, Uruguay): *A. wolterstorffi* (depredador), *Austrolebias adloffii* (presa).

Chuí (Río Grande del Sur, Brasil): *A. prognathus* (depredador), *A. charrua* y *A. luteoflammulatus* (presas).

Vivoratá (Buenos Aires, Argentina): *A. robustus* y *A. elongatus* (depredadoras), *A. bellottii* (presa).

Las *Austrolebias* son peces con índices de crecimiento y maduración récord, muchas especies pueden estar ya reproduciéndose a los dos meses de edad, por lo que necesitan una nutrición de pri-



Almacenamiento de huevos, cada bote contiene más de 40 huevos, suficientes para comenzar una nueva generación de la especie y población en cuestión. ©Carlos Díez

merísima calidad. En el acuario proporcionaremos todo el alimento vivo que podamos por lo que además de *Artemia*, recomiendo mantener cultivos de infusorios, microgusano, grindal, enquistreidos, *Daphnia* entre otros. También es cierto que, la mayoría de las especies de este género aceptan gránulos de comida seca de calidad desde el primer mes de vida. El suministro de alimentos comerciales de baja calidad en exclusiva, puede conllevar problemas de desarrollo, en general o de algunos tejidos concretos.

REPRODUCCIÓN

Cumpliendo con lo referente a las condiciones del agua y mantenimiento ya descritas, y **sin olvidar tener en el acuario un bote con un mínimo de tantos centímetros de turba como mida el macho adulto de la especie que pretendamos reproducir**, tendremos todo listo para empezar a obtener los primeros huevos. Si contamos con varios machos es conveniente que les proporcionemos varios botes, que serán el centro de sus territorios.





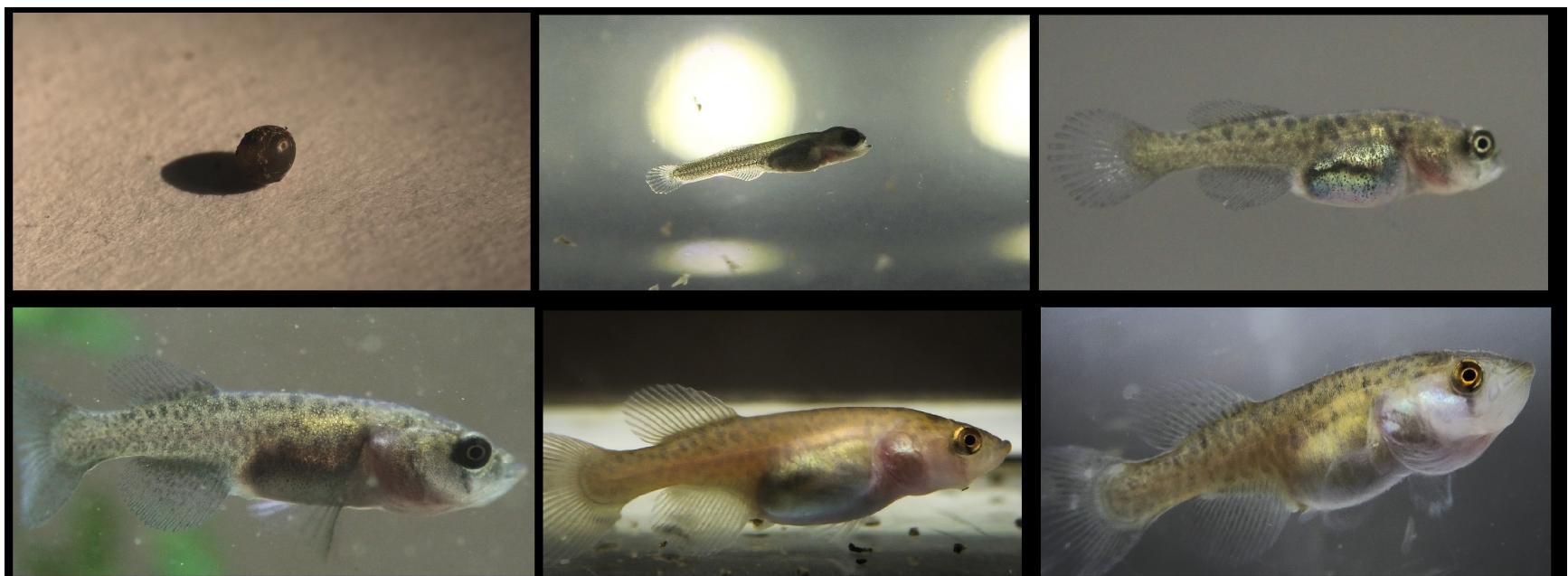
Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

Los machos cortejan a las hembras mostrando sus aletas extendidas al tiempo que nadan de forma ostentosa pavoneándose con la pretensión de llevar a las hembras hacia la turba. Una vez allí, el macho prosigue con su danza de aletas extendidas, hasta que clava su cabeza en la turba y hace vibrar su cuerpo, entonces la hembra se coloca junto a él y los dos se sumergen en la intimidad que les brinda este sustrato.

Como vemos, la turba es un material de gran importancia para la reproducción en cautividad de estas especies. En este caso la utilizamos como soporte y sustrato de incubación de las puestas, aunque también es frecuente, especialmente en el mundo de los killis, utilizarla a modo de lecho de fondo y/o material de filtración para acuarios de aguas negras. Existen varios tipos de sustratos que habitualmente llamamos turba, todos con sus características propias

pero con algunas propiedades fundamentales en común: relativa imputrescibilidad, poder acidificante, liberación de taninos y capacidad de retención de agua. **Teniendo en cuenta que como acuaristas debemos sentir inquietud con respecto a la conservación de los ecosistemas naturales, recomiendo el uso de la fibra de coco, un buen sustituto, mucho más ecológico que las turbas tradicionales, cuya extracción de la naturaleza es dañina a muchos niveles y que deberíamos dejar de consumir.** Para preparar la turba debemos hervirla previamente y puede que adaptarla algo a nuestras necesidades; hay especies de killis anuales que necesitan turbas de granulometría menor para la incubación de sus puestas (se dice que *Simpsonichthys chloopteryx*, por ejemplo, necesita una granulometría máxima de 2mm) aunque esto no es de tanta relevancia para la mayoría de las *Austrolebias*.



A. elongatus de Ezeiza, desarrollo desde el huevo hasta las 5 semanas de edad. ©Carlos Díez

Austrolebias

“Nacidas de la lluvia”

El periodo de desarrollo de los huevos varía según las condiciones de almacenamiento. A mayor humedad y temperatura más rápido es el desarrollo, aunque como en todo, no conviene ir a extremos. **el tiempo medio de desarrollo es de 4 meses, aunque hay especies cuyos huevos pueden desarrollarse en dos meses y otros que a menudo nos hacen esperar hasta casi un año.**

Los huevos son muy resistentes y aceptan bien la conservación en ambientes anóxicos y de temperatura variable, lo que facilita que se envíen por el mundo llegando intactos a cualquier lugar. La venta e intercambio de huevos entre acuaristas es frecuente.

Para la eclosión se utiliza agua limpia, aunque no necesariamente nueva, y en algunos casos (especies más sensibles) agua de lluvia recogida en algún lugar sin contaminación atmosférica, cubriendo con un par de centímetros de agua la turba con los huevos. Los alevines se van recogiendo y trasladando a otro pequeño recipiente cuando nadan libremente, e inmediatamente se alimentan con nauplios de Artemia o infusorios según el tamaño del alevín. A las pocas semanas de edad ya comenzaremos a distinguir hembras y machos, que con las condiciones apropiadas estarán empezando a criar antes de que nos demos cuenta.

CONCLUSIONES

Hablar del género *Austrolebias*, es hablar de bellas e interesantes especies que, ante las amenazas de sus hábitats en la naturaleza, necesitan de la ayuda del acuarista para su supervivencia como especie. Algunas como la popular *A. nigripinnis* o *A. bellottii* son recomendables incluso para el principiante, otras como *A. gymnoventris* o *A. vandenbergi* requieren algo más de atención, pasando por las enormes antiguas Megalebias. Todas ellas necesitan de nuestros acuarios.

BIBLIOGRAFÍA

Manual de iniciación a los killis, edición web. Sociedad Española de Killis. (https://www.sekweb.org/manual_ini/index.php)

Manual del Killi Club Argentino. Killi Club Argentino. (<https://killiclub.wixsite.com/killiclub/manual-kca>)

International Rivulid Conservation Program. (<https://www.rivulid-conservation.org/>)



Carlos Díez

Heredó de su padre la afición junto con media docena de acuarios que pronto se multiplicarían y serían acompañados por estanques. A la temprana edad de 10 años ya había conseguido reproducir con éxito algunas especies entre las que destacan carácidos como el tetra neón, diversos killis, poecílidos y cíprinidos. Más adelante se centraría en el mantenimiento y reproducción de especies poco frecuentes. Ha formado y forma parte de diferentes asociaciones dedicadas al acuarismo. Actualmente forma parte de la directiva del Spain Betta Club. Tiene su propio canal de YouTube (“Carlos Díez”), en el que comparte videos de algunas de sus líneas de cría y de especies poco comunes.





**Distribuidores
España y Portugal**



ELOS
The Aquarium Company



ekoral



Tenemos un
sitio para tí
Ayúdanos
a nadar más lejos

Un acuarista informado es
mejor para tu negocio,
apoya esta publicación
Infórmate en
aea@mundoacuariofilo.org

Ambystoma mexicanum:

lo que hay que saber de esta popular especie

Arlet Escorihuela Pérez





Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

INTRODUCCIÓN

Ambystoma mexicanum es un anfibio de la familia Ambystomatidae que habita en México. Aunque en su lugar de origen llaman ajolote a la mayoría de las salamandras, en el resto del mundo se usa ese nombre para la especie *A. mexicanum* en concreto.

Popularmente, son conocidos por su aspecto adorable y encantador gracias a su apariencia de renacuajo con patas y colas y, sobre todo, a su expresión sonriente. Son animales de agua dulce, carnívoros, solitarios y con reproducción de tipo sexual. Son de gran importancia científica debido a sus cualidades reproductivas, su capacidad de regeneración física y el mantenimiento de su apariencia larvaria en estado adulto.

A causa de la degeneración de su hábitat, están catalogados en peligro crítico por la IUCN y en el apéndice II de CITES, es decir que su comercio es legal, pero con una debida autorización que conceda un permiso de comercialización o reexportación. Para adquirir uno de manera legal se debe buscar un criadero avalado por Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), y nombrado PIMVS (Predio o Instalación que maneja vida silvestre). Acostumbran a ser criaderos intensivos, jardines botánicos, viveros, etc., es decir, lugares donde manejen vida silvestre de manera confinada con propósitos de reproducción controlada. Una de las unidades que los comercializan son CDMX de UNAM (Unidades de Manejo para la Conservación y Aprovechamiento para la Vida Silvestre), aunque principalmente orientan el permiso a temas de investigación, a veces también realizan adopciones. FES-Iztacala es uno

de los centros que reproducen e investigan esta especie, entre otros. Esta completamente prohibido sacarlo de su hábitat.

Actualmente hay diferentes proyectos para la recuperación de la especie, tales como el del grupo MOJA gracias a un centro de conservación en el área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, la repoblación en Chapultepec Park o el proyecto Modelo Chinampa-Refugio realizado por la UNAM.

Este artículo, trata de recopilar un compendio de información sobre *A. mexicanum*, desde su historia hasta su biología. Al tiempo que pretende indagar en los proyectos científicos que se están llevando

a cabo y descubrir como de avanzada está la investigación tanto sobre la capacidad regenerativa de sus miembros como su capacidad de mantener los caracteres larvales. Otro de los objetivos de este trabajo es dar a conocer las implementaciones que se están realizando para combatir la posibilidad de extinción de este asombroso animal.

TAXONOMÍA

Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Subfilo:	Vertebrata
Clase:	Amphibia
Orden:	Caudata
Familia:	Ambystomatidae
Género:	<i>Ambystoma</i>
Especie:	<i>A. mexicanum</i>



Ilustración de un ajolote dibujado por Frederick Polydore Nodder en el libro The Naturalist's Miscellany. (Fuente: Internet Archive)

Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

HISTORIA

Aunque en forma de leyenda, la primera descripción de los ajolotes se da en la época Azteca, alrededor del siglo XIII. Una de las muchas versiones que tiene este mito cuenta que los dioses que crearon el Quinto Sol, al comprobar que este no se movía, decidieron sacrificarse para solucionar el gran problema.

Xolotl, el dios del fuego y del rayo y hermano mellizo de Quetzalcóatl (principal divinidad del panteón mexica), se escapó convirtiéndose primero en maíz y luego adoptó la forma de maguey, pero al ser descubierto, se refugió en el agua donde tomó el aspecto de una salamandra (axolotl) para evitar morir. No obstante, lo capturaron y lo mataron.

El primer registro publicado del ajolote se encuentra en las obras del monje y botánico Francisco Ximénez (1615). Después aparecen citas del biólogo Nieremberg (1635) y del naturalista polaco Jonstonus (1649), aunque están basadas en la obra de Francisco Hernández, médico, ornitólogo y botánico español, que entre los años 1571 y 1576 inició una intensa actividad científica en México. Finalizó sus manuscritos antes de su muerte en 1587 y se editaron hasta 1648.

Después de estas citas, no parece haber ningún registro en más de un siglo, hasta que el polifacético científico José Antonio Alzate (1790) publicó en el periódico Gaceta de México una breve descripción y comentó alguna de las propiedades medicinales del ajolote. En 1794, el zoólogo George Kearsley Shaw describe al ajolote en el libro The Naturalist's Miscellany y fue dibujado por Frederick Polydore Nodder

En 1863, 34 ejemplares de esta especie llegaron a París desde México, 33 marrones y un albino, haciéndose famosa la especie en Europa. Esto desencadenó una serie de importantes publicaciones en este continente acerca de ellos.

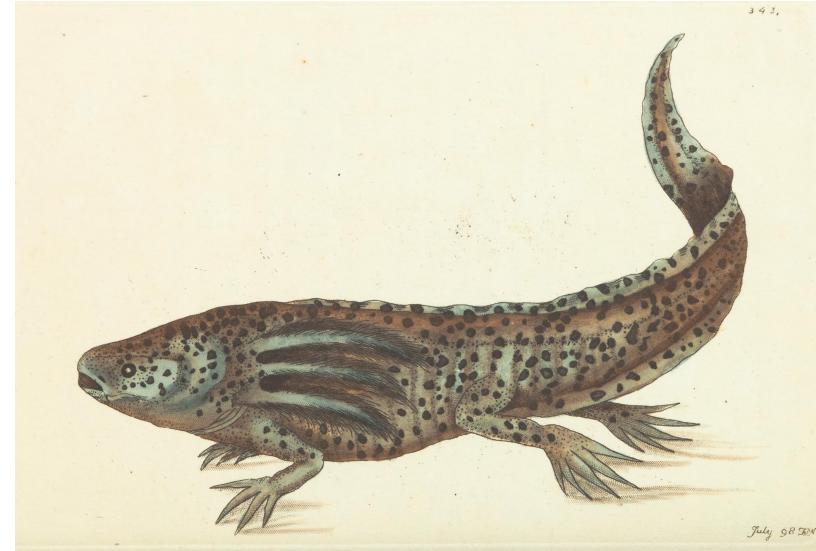


Ilustración de un ajolote dibujado por Frederick Polydore Nodder en el libro The Naturalist's Miscellany. (Fuente: Internet Archive)

DISTRIBUCIÓN

Originalmente, ocupaba una serie de lagos y humedales del Valle Central de México, incluyendo Xochimilco y Chalco (y presumiblemente en los lagos Texcoco y Zumpango). Actualmente, según la IUCN, **solo quedan tres localidades donde se encuentra esta especie: los canales de Xochimilco, el lago Chalco y el lago Chapultepec.**

Antiguamente, la Ciudad de México estaba formada por cinco lagos: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Las inundaciones constituyan el problema central de la zona lacustre, siendo el río de Cuauitlán el que comportaba más preocupación para la ciudad de México. Esto era debido a que este desembocaba hacia el río Co-



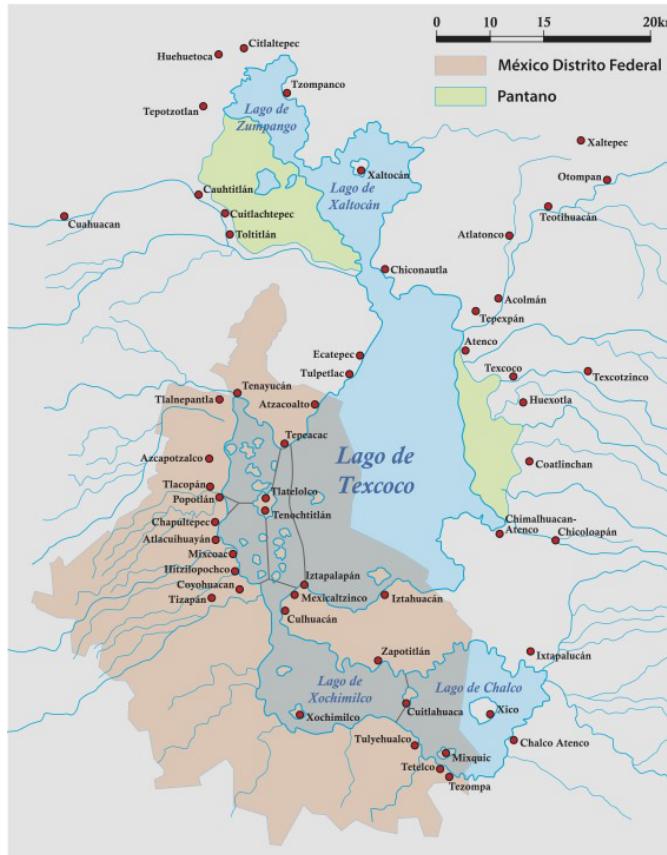
Ambystoma mexicanum:

lo que hay que saber de esta popular especie

yotepec y este a su vez en el Zumpango, pasando por la laguna de Xaltocan y finalmente afluendo en la laguna de Texcoco, esta última, al incrementar su nivel, representaba un riesgo de inundación para la ciudad de México.

En 1449, Tenochtitlan se inundó y para solucionarlo construyeron un “albarradón” (obra hidráulica que permitía controlar el paso del agua de los lagos y evitar inundaciones). Más tarde, para crear una línea defensiva contra esta amenaza, se construyó un nuevo albarradón, el de Ahuítzotl o de San Lázaro.

Con el paso del tiempo, la superficie lacustre comenzó a ser considerada incompatible con el nuevo estilo de edificación y uso de la tierra. A partir del siglo XVII, comenzaron a construirse obras de drenaje de tamaño y complejidad crecientes, con el objeto de librarse a la ciudad del riesgo de inundaciones y de secar el lodooso subsuelo del fondo del lago (Escurra, 1990, p. 10). Unos años más tarde, se dieron cuatro grandes inundaciones, con lo que se propuso hacer un desagüe total y destinar estas aguas a la navegación y a la agricultura. Aun así, los resultados fueron deficientes hasta que, a mediados del siglo XIX, Francisco de Garay drenó la parte de Texcoco, Zumpango y Tequixquiac. Fue en los últimos 50 años cuando los lagos y ríos prácticamente desaparecieron y la extensión del lago de Texcoco fue disminuyendo lentamente (Espinosa-Castillo, 2008,



Mapa de la distribución de los diferentes lagos. Artista del vector Rainer Lesniewski (fuente Shutterstock).

p. 777) con la consiguiente afectación para la especie que nos ocupa.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Desde 2006, según la IUCN, esta especie se encuentra en peligro crítico (“Critically endangered”) y su población está disminuyendo. **Se cree que el número de individuos maduros no superaría en ningún caso los 1000 ejemplares**, pero lo que sí se sabe de cierto es que, la población está severamente fragmentada y que hay un gran declive de los individuos adultos.

Aunque las subpoblaciones de esta especie son difíciles de evaluar, las estimaciones de densidad de población en la última década han sido bajas y además se han observado descensos alarmantes: de 6.000 ind/km² estimados en 1998 a 1000 en 2004 (Zambrano et al. 2007) a 100 en 2008 (datos inéditos. en Contreras et al. 2009). Los pescadores locales también han reportado muy pocos individuos en 2008 (Contreras et al. 2009). En un estudio de 2002-2003, se utilizaron más de 1800 redes que cubrían 20.173 m² del lago Xochimilco, pero

solo se recogieron 42 ejemplares, posteriormente, en el 2013, apenas se capturaron 2 ejemplares.

No ha habido un estudio de densidad de la subpoblación de Chalco, pero la evidencia sugiere que es pequeña y, además, Chalco es un sistema hídrico altamente inestable que corre el riesgo de desapa-

Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

recer en el futuro cercano. En 2019, tal y como se ha dicho anteriormente, la población de la especie se limita a tres sitios disyuntivos; el único sitio en el que se han hecho registros en los últimos seis años es el lago Chapultepec, que es un lago artificial revestido de cemento en un parque de la ciudad, donde los individuos han sido liberados y parecen estar reproduciéndose (A. Calzada pers. comm. octubre 2019).

En conclusión, se sospecha que la población ha disminuido en un 80% o más en las últimas tres generaciones (desde 2003) (*Mexico Red List Assessment Workshop October 2019*).

Actualmente, se encuentra en el Apéndice II de CITES.

AMENAZAS

Principalmente, hay cuatro grandes tipos de amenazas: las de uso para recursos biológicos, como la caza y captura; las residenciales y de desarrollo comercial, como la construcción de casas y áreas urbanas o el turismo; las especies invasoras y otras especies problemáticas, genes y enfermedades y la contaminación, por ejemplo, de aguas residuales domésticas y urbanas, efluentes industriales y militares, efluentes agrícolas y forestales y basura y residuos sólidos. A continuación, se detalla más cada tipo.



Imagen de una extremidad anterior donde se observan los cuatro dedos sin uñas. Imagen de Guillermo Guerao Serra. (Fuente: Shutterstock).

La primera amenaza nombrada, aunque no sea un problema actual, se cree que pudo ser un gran factor iniciador del declive de esta especie, ya que en el pasado los ajolotes se capturaban para el comercio internacional de mascotas y como alimento para la población. Hoy en día se cree que todos los ejemplares son criados en cautividad y ya no son consumidos por las personas, por este motivo ya no son cazados, como mínimo legalmente.

En cuanto a problemas del hábitat, uno a destacar, como se ha mencionado en el apartado de distribución, es la desecación y contaminación del sistema de canales y lagos tanto en Xochimilco como en Chalco, como resultado de la urbanización y el aumento de la actividad turística. Uno de los factores que más han afectado ha sido los drenajes construidos desde el siglo 17 al 20, con el fin de secar los lagos para la urbanización y el desarrollo agrícola y para prevenir

las frecuentes inundaciones en el área. Además, parte de la población no es cuidadosa con el poco medio ambiente que queda, contaminándolo ya sea con sustancias solubles en agua como con residuos sólidos.

Otro gran problema son las especies invasoras y depredadoras como son las tilapias y las carpas, las cuales son peces que se introdujeron para que las personas locales tuvieran más proteína y que su número ha aumentado considerablemente. Estos comen, entre otros, ajolotes, redu-





Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

ciendo así aún más la densidad poblacional.

Por otro lado, la alta contaminación bacteriana existente también es un factor influyente en el declive de esta especie, de hecho, **se cree que el sesgo de ratio de sexo puede ser debido a una disrupción hormonal causada por la contaminación**. En un estudio hecho en Chapultepec, tres de los ajolotes que habían sido capturado murieron, y al hacer la necropsia observaron *Eustrongylides* sp. en forma larvaria. El hongo *Saprolegnia* spp. se encontró en dos individuos adultos y aproximadamente un 60% de los individuos tenían el copépodo *Lernaea* sobre todo en la partecefálica. Además, esta especie ha dado positivo al hongo anfibio *Batrachochytrium dendrobatidis* aunque no se cree que sea susceptible a la enfermedad.

En resumen, la mayor parte de las amenazas actuales se encuentran en el deficiente mantenimiento y modificación de su hábitat sin tener en cuenta la diversidad que vive en él.

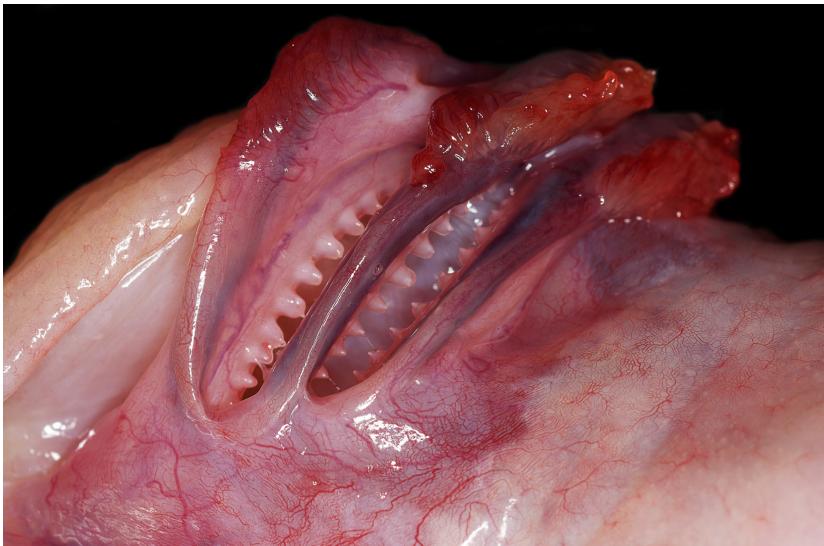


Imagen de los arcos branquiales del ajolote. Imagen de Guillermo Guerao Serra (Fuente: Shutterstock).

HÁBITAT

Esta especie vive en regiones neotropicales, es decir, viven en la parte sur del planeta. La altitud media donde se les puede encontrar es de 2.290 m y habitan en aguas lentes, de temperaturas entre 10 - 18°C, con pocas corrientes y con escasa iluminación. Se encuentran en un pH de entre 6.5 y 8.

La supervivencia de los ajolotes requiere lagos de aguas profundas, los cuales pueden ser tanto naturales como artificiales. Deben tener abundante vegetación acuática no solo para su supervivencia (dado que se refugian en ella), sino por su importancia para la puesta de huevos. Además, son muy sensibles a cambios en la calidad del agua.

En acuarios, no es recomendable tenerlos con peces, ya que los ajolotes se los pueden comer o los peces pueden morder sus branquias, produciéndoles grandes daños.

DESCRIPCIÓN

Los ajolotes son animales vertebrados del grupo de los anfibios, **son salamandras acuáticas paedomorfas o neotenia, es decir, que conservan rasgos de su estado larvario en el estado reproductivo adulto**. Son ectotérmicos (su temperatura corporal depende de la del medio exterior, al ser incapaces de generar calor interno por su propio metabolismo) y con simetría bilateral.

Carecen de escamas y su piel es lisa, glandular y húmeda. Presentan unas patas aplanadas y tienen cuatro dedos en las patas anteriores y cinco en las posteriores, pero todos sin uñas. Su cuerpo es robusto, con surcos costales sobre los lados de este, con una cabeza ancha y con unos ojos sin parpados.

Poseen branquias externas plumosas que brotan de sus cabezas, las cuales les facilitan la respiración. Su cola, aleteada y ligeramente aplanada se encuentra adaptada para la natación. **Aunque conser-**

Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

van sus branquias, los ajolotes adultos también tienen pulmones funcionales y pueden respirar a través de la piel. Pueden ser desde de un color marrón, que sería el tipo salvaje, y también albinos.

Los ajolotes pueden crecer hasta alcanzar una talla media de 20 centímetros, aunque algunos pueden llegar a los 30 cm y pesar entre 60 y 110 gramos. **Viven una media de 5-6 años, pero en cautividad han llegado a vivir hasta 17 años.**

Los dos sexos son muy distinguibles, pues el macho tiene una cloaca

agrandada, mientras que la hembra tiene un cuerpo redondo y re-gordete con una cloaca mucho más pequeña.

Su esqueleto no está completamente osificado, proceso evidente en la zona de las branquias, que están compuestas en su totalidad por cartílago. El cráneo de los anfibios en general presenta mayor número de estructuras cartilaginosas que óseas y presentan un conducto que comunica la cavidad nasal con la bucal, llamado coanas u orificio nasal interno. En la columna vertebral hay 50 vértebras, aunque pueden variar y el número de vértebras de la región de la cola puede ir desde 30 hasta 35. Poseen costillas rudimentarias que se observan a lo largo de todo el cuerpo.



En esta ilustración se puede observar la diferencia de colores de los dos individuos. Imagen de Jeffrey Lagmay (Fuente: Shutterstock).

BIOLOGÍA

Alimentación

Los ajolotes son carnívoros y comen cualquier cosa que puedan atrapar, desde moluscos y peces hasta artrópodos como insectos o arañas.

Estos animales no mastican el alimento, sino que **poseen en el paladar inferior y superior unas estructuras cartilaginosas con forma de sierra que utilizan como dientes** para la sujeción de las presas.





Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

COMPORTAMIENTO

Los ajolotes son solitarios y pueden ser activos a cualquier hora del día. Se comunican principalmente por señales visuales y químicas durante el apareamiento. Durante las otras épocas del año hay poca o ninguna comunicación intraespecífica.

Pueden detectar campos eléctricos y utilizar la visión y señales químicas para percibir su entorno y descubrir presas.

REPRODUCCIÓN

La reproducción de los ajolotes sigue el patrón general de los *Ambystoma* y su sistema de apareamiento es promiscuo, es decir, realizan el tipo de poligamia donde la hembra se aparea con diversos



Imagen de un ajolote comiendo un pez. Imagen de Guillermo Guerao Serra (Fuente: Shutterstock).

machos, los cuales también se aparean con varias hembras. Son iteróparos, pueden tener múltiples ciclos reproductivos en el curso de su vida. Son dioicos, de fecundación interna y ovíparos.

La reproducción de los ajolotes se asemeja a diferentes tipos de "baille". Primero, cada animal empuja su propia cloaca hacia la del otro individuo, moviéndose los dos en un círculo, como si bailasen un vals. Seguidamente, el macho se aleja mientras ondula la parte posterior de su cuerpo y cola (que se asemeja a una "danza hula"), mientras la hembra lo sigue. El macho deposita un espermatóforo agitando su cola durante aproximadamente medio minuto, y luego se mueve hacia adelante. La hembra entonces se mueve sobre el espermatóforo, también agitando su cola, y lo recoge con su cloaca.

Generalmente, **crían de marzo a junio y depositan entre 100 y 300 huevos dejándolos en el agua adheridos al sustrato**. Los huevos están rodeados por una capa protectora de gelatina y se ponen individualmente porque requieren unos requisitos de oxígeno mayores. Eclosionan a los 10-14 días y son inmediatamente independientes, no tienen cuidado parental. La madurez sexual llega a la siguiente etapa de cría. Al salir del huevo, desarrollan rápidamente sus patas y enseguida se parecen a los adultos; sus branquias son ramificadas y visibles en todo momento y las ostentan a ambos lados de la cabeza.

INVESTIGACIÓN

Como ya se ha comentado anteriormente, la mayoría de *Ambystoma mexicanums* son criados en cautividad, en parte porque son muy fáciles y rápidos de reproducir. Este es uno de los motivos por los que son grandes sujetos de investigación. Adicionalmente, son de gran importancia e investigación, debido a su capacidad de regenerar partes perdidas o dañadas de su cuerpo sin dejar marca y por la capacidad de mantener los rasgos larvarios en estado adulto (fenómeno de neotenia). El descubrimiento de los procesos moleculares

Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

y químicos detrás de estas cualidades implicaría un gran paso para la ciencia y la medicina humana.

PAEDOMORFOSIS O NEOTENIA

El ajolote es un animal que, a diferencia del resto de las salamandras, no realiza la metamorfosis, manteniendo sus rasgos larvarios en su fase adulta. Hasta el día de hoy, se ha aceptado que esto se debe a un fallo en el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides (HPT. Parte del sistema neuroendocrino responsable de la regulación del metabolismo y de la respuesta al estrés), lo cual conduce a bajos niveles de TH circulante (hormonas tiroideas) y la ausencia de un aumento de las hormonas tiroideas en el momento de la metamorfosis. Una de las razones por las cuales esto se conoce es gracias a experimentos donde se ha conseguido inducir la metamorfosis en ajolotes mediante la introducción de alimento de tejido tiroideo de mamíferos o por inyecciones de TH.

En los anfibios que sí efectúan metamorfosis, los niveles de TH plasmáticos aumentan durante la prometamofosis y alcanzan su punto máximo en el clímax metamórfico. Esto es causado por el aumento de la secreción de hormona estimulante de la tiroides (TSH). En todos los vertebrados, la TSH es producida y liberada por los tirótopos en la pituitaria anterior y esto estimula la glándula tiroidea para sintetizar y secretar THs. El simple hecho que se pueda estimular la metamorfosis en estos animales quiere decir que eje HPT debe ser funcional, aunque por debajo del nivel pituitario. Aun así, no se sabe a día de hoy cuál es el gen involucrado en esta disminución.

Una observación intrigante es que el neuropéptido CRH (hormona liberadora de la hormona adrenocorticotropa, hormona peptídica y neurotransmisor involucrado en la respuesta al estrés) es una hormona tirotrópica en anfibios que hacen metamorfosis, incluyendo la salamandra tigre, pero no en el ajolote neoténico. Este podría ser

uno de los caminos que esta línea de investigación podría llevar, pero hoy en día no se sabe el motivo real de la causa final que explica la neotenia en esta especie. Lo cierto es que, las investigaciones sobre el ajolote se centran más en su capacidad regenerativa que no es su neotenia.

REGENERACIÓN

Otra de las características más destacadas de esta especie es su capacidad de regeneración. Se conocen otros animales que tienen esta peculiaridad, como serían los asteroideos, pero en el caso de



El ajolote es un animal que, a diferencia del resto de las salamandras, no realiza la metamorfosis ©Maslov Dmitry.



Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

los ajolotes, no solo recuperan el miembro sin dejar marca, sino que pueden hasta regenerar órganos. Esto tiene una gran importancia en la investigación, ya que podría suponer la cura a grandes enfermedades actuales.

El año 2018, en parte gracias a la evolución de las técnicas de secuenciación molecular, se descubrió que los ajolotes tienen un genoma de 32 gigabases (10 veces más que el humano) y está organizado en 14 pares de cromosomas (una gigabase "Gb", es una unidad de medida que se usa para designar la longitud del ADN. Una gigabase es igual a mil millones de bases). Además de su tamaño, presenta aproximadamente un 70% de LTR (Long Terminal Repeat), estructuras de ADN retroviral que se introdujeron en el genoma y perdieron su facultad de producir virus, aunque esta parte del genoma se mantiene ya que en algunos casos realizan funciones. Este ha sido

el genoma más largo y repetitivo jamás secuenciado en la historia y se necesitaron 30 semanas para que el clúster informático utilizado realizara todos los cálculos necesarios que acabó dando el genoma del ajolote.

A nivel macroscópico, la regeneración se realiza principalmente en tres fases. El primer paso es una curación normal, es decir, se crea una coagulación para cerrar los vasos sanguíneos y se forma un epitelio para sellarla. En la segunda fase, se forma el blastema (masa de células no diferenciadas, encargadas de los procesos de proliferación celular y re-diferenciación de nuevas estructuras) debajo de la herida. Coordinado con los tejidos circundantes y las señales nerviosas, proporcionan el microambiente desde el cual se produce el crecimiento del tejido, lo que ya sería la tercera etapa.



Otra de las características más destacadas de esta especie es su capacidad de regeneración ©David Stang

Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

Molecularmente hablando, aún es un campo bastante desconocido. **Un estudio reciente de 2022 determinó que su capacidad de regeneración está correlacionada con la neotenia**, ya que la regeneración disminuía en aquellos individuos a los que se les inducía la metamorfosis. Descubrieron que, mientras que la red reguladora de genes de los ajolotes se mantenía estable, los ejemplares que habían efectuado la metamorfosis se pasaban a otro modelo, cambio que podría llevar a la aceleración de la vejez y a la disminución de la regeneración. Concluyeron que se debe investigar la conexión entre la regeneración, el envejecimiento y el cáncer.

En otra investigación, observaron que esta capacidad regenerativa depende críticamente del reclutamiento de glóbulos blancos macrófagos (mieloídes) en el sitio de la lesión. La amputación en ausencia de macrófagos produce una no-regeneración de la extremidad y no se induce el tejido cicatricial. A diferencia de los humanos, los ajolotes no realizan la hematopoyesis desde la medula espinal, sino que utilizan principalmente el hígado y el bazo, siendo el primero la fuente mayor de leucocitos en la regeneración de extremidades. Para realizar el estudio y comprobar los orígenes de los tejidos y el modo de reclutamiento, usaron modelos transgénicos.

cos de trasplante de tejido hematopoyético del ajolote y sistemas de citometría de flujo (tecnología biofísica basada en la utilización de luz láser, empleada en el recuento y clasificación de células). Se determinó que el perfil de leucocitos periféricos en cuanto a frecuencia de monocitos es similar al de los humanos y los roedores y, además, su sangre contiene números de linfocitos T equivalentes a las del hombre y de B a los roedores. Las cantidades y frecuencias de las otras células inmunológicas aún están por determinar

La parte negativa de toda esta investigación es la ética que comporta trabajar directamente con esta especie. Aquí entra el pensamiento personal y moral de si el uso, y quizás muerte, de estos animales para un bien científico (para algunos un bien mayor) es justificable o no.



Un estudio reciente de 2022 determinó que su capacidad de regeneración está correlacionada con la neotenia
©Amandas fiarana

CONSERVACIÓN

A raíz del declive de población existente, existen una serie de proyectos para la repoblación de esta especie. A continuación, se presentan algunos de los más representativos.

La UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) lleva el proyecto Modelo Chinampa-Refugio, el cual busca restablecer la simbiosis entre el ajolote y la chinampa (sistema artificial de cultivo, construido en zonas donde el agua es el principal recurso natural

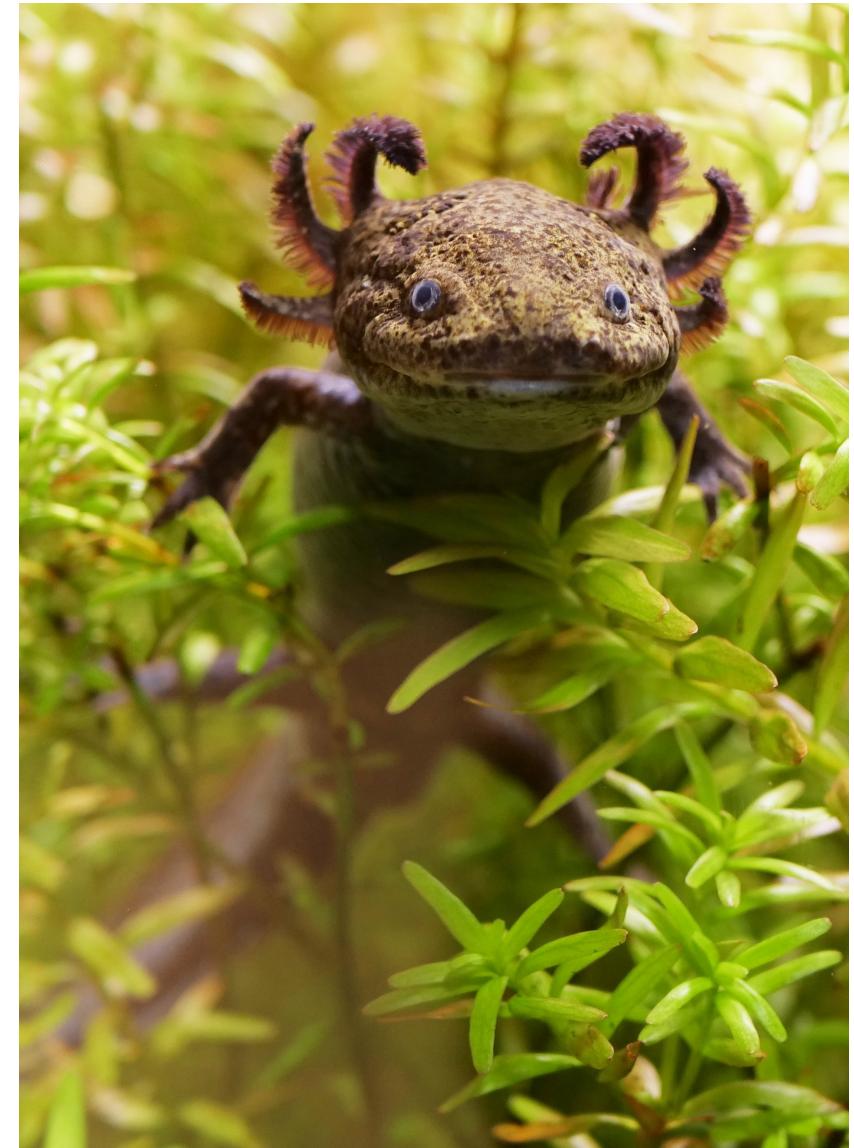


Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

presente en el medio, es decir, islotes artificiales de cultivo que flotan sobre cuerpos de agua). Las chinampas otorgan protección y refugio a los ajolotes porque las estructuras que las sostienen, hechas de troncos, tierra y raíces, impiden el paso de sus depredadores (tilapias y carpas). Además, funcionan como un biofiltro limpiando los canales contaminados. Por otro lado, los ajolotes funcionan como biomarcadores ambientales, ya que el incremento de su población es señal de la calidad del agua y controlarían la cadena alimenticia del ecosistema, ayudando mantener un equilibrio entre especies. Este proyecto no solo sería beneficioso para los ajolotes, sino que permitiría tener alimentos más nutritivos, lo que implica más dinero para los chinamperos, haciendo que más gente quieran participar, se hagan más chinamperas y se generen más refugios de ajolotes. Esto acaba formando un ciclo de retroalimentación positiva que conllevaría la restauración de la zona.

Otro intento de recuperación se está dando en Chapultepec Park. Esta es una de las áreas verdes más grandes de la Ciudad de México y dispone de tres lagos artificiales. En 2004, el gobierno empezó un programa para erradicar especies exóticas de Parque de Chapultepec con el pretexto que mantener la población de ajolotes en Chapultepec. Se trata de una alternativa a la conservación *ex-situ* y puede presentar ventajas porque los individuos experimentan las dinámicas estacionales y comen de forma natural en los lagos. Esto permitiría ciertas ventajas competitivas y podría ser una facilitación para la futura aclimatación de otros individuos reintroducidos.

MOJA es otra de las organizaciones ambientales que existen, creada con el objetivo de promover iniciativas de desarrollo sostenible, siendo uno de los proyectos que están realizando actualmente el de la conservación del ajolote. Se ha establecido un centro de conservación en el área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. Mediante el establecimiento de una Unidad de Manejo Ambiental (UMA), se plantea apoyar en el estudio, reproducción



La desaparición de esta especie se debe mayoritariamente a la acción humana y antes de intentar hacer la repoblación es necesario mantener sus hábitats ©Gudrunb67

Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

ción y reintroducción de esta especie en el humedal de Xochimilco.

Además, se ha creado el Grupo de Investigación del Ajolote en Xochimilco (GIA-X), grupo conformado por científicos, investigadores, estudiantes y profesionales del sector académico, público y social que hayan trabajado en aspectos relacionados con el ajolote. Se creó con el fin de conseguir que *A. mexicanum* deje de ser una especie en peligro de extinción. El Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM es uno de los participantes más ac-

tivamente con la restauración de los ajolotes junto con los chinamperos a partir del proyecto Refugios para Ajolotes.

Se debe tener en cuenta que todo intento de reintroducción y repoblación será en vano a menos que el hábitat esté en las condiciones aptas para la supervivencia de la especie en él. Si esta parte falla, aunque durante unos años parezca que la densidad poblacional está aumentando, no se acabará estabilizando la especie en ese entorno. Otro aspecto relevante, es la vigilancia relativa a las enfermedades

que conllevan los ajolotes en cautiverio. Muchos de los individuos que se encuentran en el UNAM fueron infectados por *Batrachochytrium dendrobaatidis*, pero ninguno de los ajolotes en cautiverio mostró señales de la enfermedad. Por este motivo, antes de su reintroducción se debe asegurar que no están infectados.

CONCLUSIÓN

La desaparición de esta especie se debe mayoritariamente a la acción humana y antes de intentar hacer la repoblación es necesario mantener el hábitat habitable y apto para que los individuos autóctonos puedan sobrevivir y desenvolverse correctamente. No serviría de nada aumentar la densidad poblacional si en diez años se vuelve a reducir y se deben implementar nuevos pro-



Descubrir el funcionamiento molecular de estas criaturas podría suponer un gran avance para la ciencia y la medicina ©Jeffrey Lagmay



Ambystoma mexicanum: lo que hay que saber de esta popular especie

yectos porque los anteriores han sido ineficaces.

Por otro lado, aunque ha habido muchas investigaciones hasta la actualidad, aún queda mucho por comprender de los ajolotes. Descubrir el funcionamiento molecular de estas criaturas podría suponer un gran avance para la ciencia y medicina. Aun así, se debe tener en cuenta el coste a pagar por ello. Por ahora, se sabe que la neotenia está relacionada con algún fallo en el eje hipotálamo-hipófisis-tiroídes y que la regeneración, posiblemente, estaría relacionada con la propia neotenia y que, una parte importante de esta propiedad son los macrófagos.

BIBLIOGRAFÍA

- Axolotl.* (s. f.). EOL. Recuperado 2 de agosto de 2022, de <https://eol.org/pages/1019571>
- Casas-Andreu, G., Aviña, J. R., Aguilar-Miguel, X. (2003). *Un regalo poco conocido de México al mundo: el ajolote o axolotl (Ambystoma: Caudata: Amphibia)*.
- Apéndices I, II y III de la CITES.* (s.f.). CITES. Recuperado el 9 de octubre de 2022, de <https://cites.org/esp/app/index.php>
- Conservación del hábitat del Ajolote mexicano.* (s. f.). MOJA AC. Recuperado 2 de agosto de 2022, de <https://www.moja.org/programas/conservacion-el-habitat-del-ajolote/>
- Cruz Jiménez, I., Otero Negrete J. J., & Sámano Salazar, C. G. (2020). *Ambystoma mexicanum, un extraordinario modelo animal para estudiar la capacidad regenerativa.* Revista Fesahancal, 6(2), 13-19. Recuperado a partir de <http://www.revistafesahancal.org/index.php/fesahancal/article/view/58>
- De Groef, B., Grommen, S., Darras, V. (2018). *Forever young: Endocrinology of paedomorphosis in the Mexican axolotl (Ambystoma mexicanum).* General and Comparative Endocrinology 266 (2018) 194-201. doi:10.1016/j.ygcen.2018.05.016
- Gross, M. (05 de marzo de 2018). *Regeneration lessons from the axolotl.* Current Biology Magazine, 28, 187-189 de [https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(18\)30218-5.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(18)30218-5.pdf)
- Ye, F., Zhang, G., E., W. et al. *Construction of the axolotl cell landscape using combinatorial hybridization sequencing at single-cell resolution.* Nat Commun 13, 4228 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31879-z>



Arlet Escorihuela Pérez

Licenciada en Biotecnología por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) en 2022 y con prácticas en el CEAB-CSIC junto al equipo de Miguel Ángel Mateo, científico e investigador principal del centro donde contribuyó al análisis del carbono azul presente en muestras de diferentes zonas.

Ha realizado el curso de Técnico Superior en Fauna Marina y Acuarios Grandes en Instintia, con prácticas en el Acuario de Zaragoza.

Actualmente, dedica su carrera a la investigación y conservación del mar y es voluntaria en el CRAM (Fundación para la Conservación y Recuperación de Animales Marinos) en el Prat del Llobregat (Barcelona), centro especializado en el rescate de especies marinas, principalmente tortugas y en la sensibilización de la conservación marina.





MICROFAUNA Y ALIMENTO VIVO PREMIUM PARA TU ACUARIO MARINO!

Cultivado bajo los mas estrictos protocolos de laboratorio, libre de contaminantes y nutrientes!

- Copépodos Bentónicos (*Tisbe sp.* y *Tigriopus sp.*)**
- Copépodos Bento pelágicos (*Apocyclops Panamensis*)**
- Inóculos de fitoplancton (*Rhodomonas lens*, *Tetraselmis Suecica*, *Isochrysis Galbana...*)**
- Fitoplancton mix variado contra plagas y alimentación (Dinout, Cyanout, Coral funky...)**

ASESORÍAS, ANALISIS Y RUTINAS PERSONALIZADAS PARA CADA PLAGA Y ACUARIO, SIN COMPROMISO!

VENTA DIRECTA A PARTICULARES Y TIENDAS!



@poweraquaculture



consultas@power-aquaculture.es

688 61 24 55



@poweraquaculture



www.power-aquaculture.es



699 41 38 17

La Acuariofilia en la Red

Cop19. Conferencia Mundial sobre la Vida Silvestre

Equipo de Redacción

Las redes sociales están repletas de información de todo tipo y de muy diversa calidad, nuestra afición no iba a ser menos.

Permitidme hoy que haya escogido una fuente de información que podríamos garantizar que es muy seria y profesional. No es una fuente específica de acuariofilia, pero si lo es indirectamente.

Las Naciones Unidas(ONU) dispone varios organismos para el desarrollo de sus fines. Uno de ellos es la Food and Agriculture Organization. Su objetivo principal es eliminar el hambre en el mundo enseñando a los pueblos a producir los alimentos que precisan. En esta línea, la pesca y la acuicultura (incluyendo las especies ornamentales) son dos vectores de vital importancia, por lo que la F.A.O. ha establecido proyectos importantes en muchos países y ha editado publicaciones de muchísimo interés y rigor científico que están la mayor parte de ellas accesibles libremente.

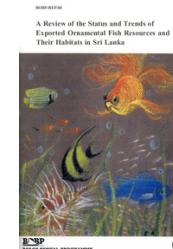
Aquí os dejamos algunas direcciones de interés, de las que podéis bajaros documentación:



- Información sobre el comercio internacional de especies ornamentales:

www.fao.org/3/bb206e/bb206e.pdf

Es una publicación de noviembre de 2010 pero que puede estar vigente en muchos temas. Está escrita por Pierluigi Monticini.



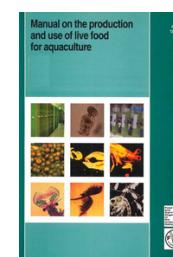
- Una revisión del estatus y tendencias de los recursos de Peces Ornamentales exportados y sus hábitats de Sri Lanka:

www.fao.org/3/ad920e/ad920e.pdf

un libro de 87 páginas escrito por S.U.K. Ekaratne

- Tasa de crecimiento del pez escalar *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823) a diferentes concentraciones del extracto de hojas del almendro de la india (*Terminalia catappa* Linneo, 1767)

<https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3445/1/Boletin%2035-1%20articulo15.pdf>



- Manual on the production and use of live food for aquaculture.

Paper 361.

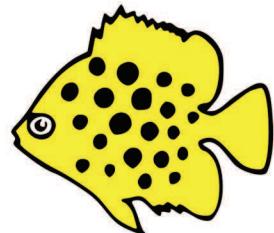
www.fao.org/3/w3732e/w3732e.pdf

- Y esta sería la dirección genérica donde encontraréis multitud de artículos sobre aspectos importantes de la acuicultura de rápida aplicación a la acuariofilia.

No todo esta en inglés por lo que os animamos a investigar.

<https://www.fao.org/fishery/en/global-search?q=ornamental%20fishes&lang=en#global-search>

Tómate una con nosotros
ven a las reuniones



Asociación Española de Acuaristas

noticias

Conferencia Mundial sobre la Vida Silvestre

■ Equipo de Redacción

El mes de noviembre ha sido prodigo en reuniones de importancia para los seres vivos. Además de la cop 27 celebrada en sharm el-sheikh (egipto), se ha celebrado también la cop 19, conferencia sobre la vida silvestre en panamá

Con motivo de la celebración de la CoP 19 han tenido lugar eventos paralelos de la Secretaría de la CITES durante los días 15 a 18 de noviembre de 2022.

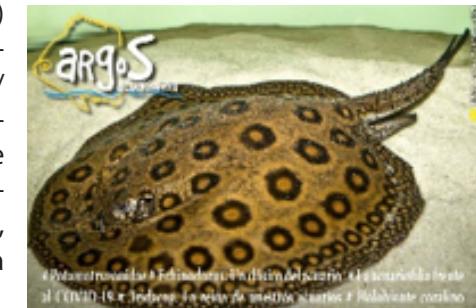


Hypancistrus Zebra. Pleco Juvenile



Durante estos eventos se han tratado temas importantes relativos a la vida silvestre, algunos afectan directamente a nuestra afición, como es la clasificación CITES de algunos especímenes acuáticos: varias nuevas especies de anfibios y peces, destacando entre estos últimos algunos tiburones, rayas de agua dulce y nuestros inseparables plecos, en concreto el Hypancistrus zebra, el cual pasaría a formar parte de la muy restrictiva lista contenida en el apéndice I del tratado CITES, (ver documento de propuesta : www.CITES.org/sites/default/files/documents/S-CoP19-Prop-41.pdf).

También se propone la inclusión en el apéndice II de muchas especies del género Potamotrygon, rayas de agua dulce (Potamotrygon albimaculata, Potamotrygon henlei, Potamotrygon jabuti, Potamotrygon leopoldi, Potamotrygon marquesi, Potamotrygon signata, Potamotrygon wallacei) (ver documento propuesta: www.CITES.org/sites/default/files/documents/S-CoP19-Prop-39.pdf). Sobre estas últimas especies, tenemos un interesante artículo, publicado en nuestra revista (Argos nº 14)



Páginas Protegidas # Edición digital # Unidad de conservación # La actividad de la revista al CENID-19 # Textos # Un poco de anécdotas # Molicante coralino



José María Cid

Contraportada

Plagiotremus rhinorhynchos es una llamativa especie de blenio tropical. Al igual que el resto de especies del género, presenta una peculiar conducta consistente en imitar a determinadas especies de lábridos desparasitadores. De esta forma, se aprovecha de la confianza que los "verdaderos desparasitadores" generan en los peces que acuden a desparasitarse, para alimentarse de trozos de aleta, escamas y piel de sus confiadas víctimas ayudándose del factor sorpresa y de sus afilados colmillos. La especie que nos ocupa imita preferentemente a *Labroides dimidiatus*. A diferencia de otras especies de blénidos, tienen gran capacidad para nadar en aguas medias sobre los arrecifes coralinos, aunque acuden a su refugio con gran rapidez al sentirse amenazados. Se han reportado casos incluso de propinar pequeños mordiscos a buceadores. El ejemplar de la imagen fue fotografiado en los arrecifes del sureste de Bali, a 22 metros de profundidad.