

F. Alejandro Sánchez Flores
Instituto de Biotecnología, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias
de Morelos

Uno de los rasgos más distintivos del pensamiento humano es la imaginación, que muchas veces se alimenta de lo que puede observar a su alrededor y la manera en que interpreta ciertos fenómenos. Estas observaciones llevan a generar un pensamiento mágico que muchas veces hemos visto descrito a través de historias o leyendas. Por ejemplo, en muchas de las antiguas culturas podemos encontrar mitos donde se describen animales o personas sobrenaturales. Posiblemente la mitología griega reúne a los seres e historias más populares y posiblemente más conocidas actualmente. Dejando de lado a las deidades griegas, hay un gran número de animales mitológicos, los cuales son animales comunes y corrientes pero que tienen alguna característica que los distinguen. Tal es el caso del Pegaso, que era un caballo alado que nació de la sangre derramada por Medusa cuando Perseo le cortó la cabeza. Este equino que pertenecía al dios Zeus, ayudó al héroe Belerofonte a dar muerte a la bestia de múltiples cabezas llamada Quimera. Este animal, que aterrizzaba las regiones de Asia Menor, fue descrito como un ser que tenía el cuerpo de una cabra, la cola de una serpiente o un dragón y la cabeza de un león. De hecho, la palabra quimera viene del latín (*Chimæra*) y que, a su vez fue tomada del griego antiguo (Χίμαιρα *Khimaira*), cuyo significado es *animal fabuloso*. Con esto, quisiera comenzar el relato de algunos animales fabulosos que podemos observar en la naturaleza y que parecieran tener capacidades sobrenaturales. Posiblemente algunos de estos animales han inspirado los superpoderes de algunos héroes de la actual cultura popular.



Figura 1. Imagen de *C. squamiferum* donde se aprecia su caparazón negro debido a los sulfuros de hierro. Tomada de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chrysomallon_squamiferum_2.png

El molusco con armadura de hierro y un gran corazón

En las profundidades del mar podemos encontrar a las criaturas más fantásticas del planeta. Tal es el caso del caracol marino *Chrysomallon squamiferum*, que pertenece a la clase de los gasterópodos dentro del filo Molusca (moluscos). Este caracol habita en el fondo marino, cerca de las ventosas hidrotermales del mar de la India, a profundidades entre 2,400 y 2,800 metros. Este caracol tiene un exoesqueleto muy peculiar (Figura 1) el cual está construido con tres capas: 1) la capa externa de color negro y de unos 30 µm de espesor, que está hecha de *greigita*, un compuesto de sulfuro de hierro (Fe_3S_4) y que puede ser encontrado en las ventosas hidrotermales donde habita este molusco; 2) una capa intermedia de unos 150 µm de espesor y de color café, con una composición de materiales orgánicos, muy similar a la encontrada en otros gasterópodos; 3) una capa interna blanquizca de unos 250 µm de espesor y que está formada por *aragonita*, que es un compuesto de carbonato de calcio, observado en las conchas de otros moluscos y varios corales. Cada capa de su caparazón contribuye a la protección del caracol de diferentes maneras. Si bien la capa externa esta metalizada, las capas intermedia e interna, tienen un papel importante ya que absorben el estrés mecánico que se podría generar ante el ataque de un cangrejo, que utilizaría sus tenazas para presionar el caparazón para intentar romperlo. Aunque el caparazón externo tenga una composición casi metálica, podría quebrarse si se ejerce mucha presión, pero con la presencia de capas más flexibles es más resistente, además de que estas capas orgánicas actúan como un disipador de calor.

Finalmente, este caracol presenta un corazón gigantesco que constituye el 4% de su volumen corporal. Para ponerlo en referencia, el corazón humano solo constituye el 1.3% del volumen corporal, mientras que el hígado el 2%. Este corazón tan grande le permite bombear sangre rápidamente a otros órganos como la *glándula esofágica*, que es una de las estructuras del sistema digestivo más primitivas que existen. En esta glándula se pueden encontrar bacterias que funcionan como simbiosis, esto es, que tanto estos microorganismos como su hospedero (el caracol) obtienen un mutuo beneficio. Gracias al gran corazón del caracol, se bombean los nutrientes necesarios para que las bacterias que habitan en su tracto digestivo, puedan satisfacer sus necesidades nutritivas y de oxígeno. A cambio, las bacterias le permiten metabolizar varios de los compuestos que se encuentran en el sedimento cercano a las fosas termales, como los sulfuros de hierro que incorpora a su caparazón. Existen otras características muy interesantes de este gasterópodo que aún no han sido completamente estudiadas. Desgraciadamente, este caracol se encuentra en peligro de extinción debido a la explotación minera en aguas profundas en las zonas de ventosas hidrotermales del mar de la India.

Es capaz de mimetizar o imitar a 15 especies encontradas en las zonas donde habita. Por ejemplo, es capaz de imitar el nado de un pez lenguado mientras nada al ras del fondo marino, o puede quedarse quieto con la finalidad de parecer una estrella de mar, una esponja marina o algún otro tunicado. También mientras esta quieto en el fondo, puede usar sus tentáculos para imitar a una serpiente marina y así ahuyentar a peces agresivos. Otros patrones de comportamiento incluyen el imitar a otros peces del orden Pleuronectiformes (como el lenguado) y que suelen confundirse en la arena o rocas; también pueden imitar a una medusa, impulsándose con su sifón, con el que arroja agua a chorro. Es conocido que los pulpos poseen una gran inteligencia, pero el *T. mimicus* es posiblemente uno de los más inteligentes ya que es capaz de observar a las otras especies que le rodean e imitar su comportamiento, copiando sus estrategias de supervivencia. Es poco lo que se conoce de este molusco, por lo que se requiere de un mayor seguimiento e investigación para conocer más acerca

El pulpo que se creía pez y estrella de mar

Otro interesante molusco, pero de la clase Cefalópoda, es el pulpo *Thaumoctopus mimicus* el cual ha sido observado en el mar de Indonesia, cerca de Australia y el Gran Arrecife de Coral. Este curioso pulpo llega a medir hasta 60 cm, incluyendo sus tentáculos, que tienen un grosor similar al de un lápiz. Su patrón de coloración y textura son algunas de las estrategias que tiene para confundirse en su hábitat. Sus colores pueden cambiar rápidamente gracias a una red de sacos en su cuerpo, que producen pigmentos conocidos como *cromatóforos*. En estado de reposo, su coloración es entre café y beige, pero puede cambiar de patrón de color, con la finalidad de parecerse a peces venenosos de género *Pterois*, como el pez león (Figura 2). Es por esto que se le ha llamado el *pulpo imitador*. No solo es el cambio de color o el rociar tinta como lo hacen otros pulpos lo que lo hace un animal extraordinario, sino que es el único animal conocido que puede cambiar su comportamiento con la finalidad de escapar de sus depredadores o atrapar a sus presas.

de su proceso de aprendizaje y mimetización.

El monstruo acuático mexicano

Según la mitología azteca, se cuenta que el dios Xólotl (hermano de Quetzalcóatl) huía de la muerte, por lo que tratando de esconderse en las milpas se convirtió en una planta de maíz de dos cañas (*xolotl*). Sin embargo, al ser descubierto por los demás dioses, tuvo que continuar su huida ahora escondiéndose en un magueyal, donde tomó la forma de una penca doble o mejolote (de *metl*, maguey y *xolotl*). Finalmente, en su última huida se introdujo al agua, donde se transformó en un pez llamado *axolotl*, que fue su última metamorfosis. Así Xólotl, el dios que le tiene miedo a la muerte y que no pudo escapar de ella, pasó a la historia por sus poderes de transformación. El *Ambystoma mexicanum* o ajolote (del náhuatl: *atl*, "agua" y *xolotl*, "monstruo"), es una especie de anfibio caudado (con cola) endémico del sistema

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx

Joaquín Ramírez Ramírez
Twitter: @joaquinramraM

Estrategias de supervivencia en la naturaleza



Figura 2. *T. mimicus* A) mostrando un patrón en forma de U's (U) uno blanco en forma de lágrimas (TD) y bandas blancas. (WB) B) Nadando en forma de pez lenguado y C) nadando como pez escorpión o estrella de mar. Tomada de: https://www.researchgate.net/publication/256191667_Documentation_of_the_mimic_octopus_Thaumoctopus_mimicus_in_the_Great_Barrier_Reef_Australia

Lo más interesante de este organismo es su capacidad de regeneración, ya que es capaz de regenerar cualquier parte de su cuerpo. Otra característica única, es el tamaño de su genoma (compendio de información genética en su ADN) que es de aproximadamente 27 mil millones de nucleótidos. Si lo comparamos con el tamaño del genoma humano, el genoma del ajolote es casi 11 veces mayor. Debido a su gran tamaño y complejidad, no fue sino recientemente que se pudo caracterizar su información genética incluso a un nivel de cromosomas, los cuales suman un total de 14. El 68.5% de su genoma (18.6 mil millones de nucleótidos) está constituida por regiones que son altamente repetitivas y no contienen genes que codifiquen para proteínas. También contiene intrones (regiones no codificantes en los genes) muy largos, que son 13 veces más grandes que los observados en el genoma humano. La razón por la cual este genoma es tan grande aun no se conoce y tampoco si el tamaño está asociado al proceso de regeneración. Sin embargo, se han descubierto algunos genes que pudieran estar relacionados a dicho proceso y que se expresan en las estructuras que se forman después de cortarle una extremidad, como los genes de la familia *Ly6*. Los genes involucrados en el desarrollo, como los de la familia *Pax* que consiste en 9 genes (*Pax 1* al *9*), no tienen una conservación similar a la observada en otros animales. Los genes *Pax3* y *Pax4* no se encuentran en el genoma de este animal, lo cual es esperado para las salamandras en el caso de *Pax4*, pero no en el caso de *Pax3*, el cual tiene una función muy clara en otros organismos durante su desarrollo controlando la expresión de otros genes. Algunos otros genes expresados de manera exclusiva en el proceso de regeneración, son aquellos que codifican para moléculas de ARN pequeñas (*small RNA*) y que suman un total de 42 nuevas moléculas no descritas anteriormente. Estos genes no se observan en otras salamandras, ni en otros vertebrados por lo que se piensa que a lo largo de la evolución se

perdieron.

Actualmente, el ajolote se utiliza en la investigación como un organismo modelo ya que tiene características atractivas como su gran tamaño, que permite una fácil manipulación de los embriones para estudiar el desarrollo completo de un vertebrado en el huevo. Sin embargo, la característica de estos anfibios que es más atractiva y en particular en el área médica, es su capacidad de regeneración. Como se mencionó anteriormente, el ajolote no forma cicatrices, sino que es capaz de regenerar apéndices completos en cuestión de meses. Es capaz de regenerar estructuras vitales, como partes del cerebro sin ningún problema aparente. También pueden aceptar fácilmente trasplantes de otros individuos, incluyendo los ojos y partes del cerebro, restaurando la funcionalidad total de los mismos. Las condiciones de estrés, pueden llevar al ajolote a alcanzar un estadio adulto, donde su capacidad de regeneración se ve disminuida considerablemente.

Estos animales son solo algunos ejemplos de lo que han logrado millones de años de evolución y que son características seleccionadas por la naturaleza. Es posible que muchas de las especies que posiblemente se han extinto en los últimos miles de años, hayan poseído características que parecieron fantásticas a los seres humanos de las antiguas culturas y que seguramente inspiraron muchas de las criaturas descritas en la mitología.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

lacustre de la Cuenca de México, como el lago de Xochimilco. Desgraciadamente se encuentra en peligro crítico de extinción por la pérdida de hábitat, introducción de peces exóticos, sobreexplotación y contaminación. Es una especie *neoténica*, esto significa que puede alcanzar la madurez sexual reteniendo sus características larvianas, sin pasar por un proceso de metamorfosis como lo hacen otros anfibios. Mide alrededor de 15 cm de longitud total, siendo raros los ejemplares que miden más de 30 cm. El ajolote tiene la apariencia de un renacuajo gigante con patas y cola. Se caracteriza por tener tres pares de branquias, las cuales salen desde la base de su cabeza y van hacia atrás. Sus ojos son pequeños, tiene la piel lisa y sus patas tienen dedos muy finos y puntiagudos, pero que no desarrollan uñas. La coloración del ajolote es muy variable. En estado silvestre, la mayoría son de color café oscuro con el dorso negro, el vientre más claro, y manchas oscuras débiles y poco visibles en flancos y dorso. En cautiverio pueden presentar patrones de coloración diferentes, como gris, café, verde pardo, anaranjado e incluso blanco con ojos negros (Figura 3), albino dorado, albino blanco o casi negro.



Figura 3. Un ajolote albino en cautiverio. Tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/Ambystoma_mexicanum#/media/Archivo:Axolotl_ambystoma_mexicanum_anfibio_ASAG.jpg

Referencias

<https://www.pnas.org/content/107/3/987#ref-20>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4470333/>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3511114/>

https://www.researchgate.net/publication/256191667_Documentation_of_the_mimic_octopus_Thaumoctopus_mimicus_in_the_Great_Barrier_Reef_Australia
<https://www.nature.com/articles/nature25458>
<https://genome.cshlp.org/content/early/2019/01/18/gr.241901.118.full.pdf.html>

Lecturas recomendadas

https://en.wikipedia.org/wiki/Scaly-foot_snail
https://en.wikipedia.org/wiki/Mimic_octopus
https://es.wikipedia.org/wiki/Ambystoma_mexicanum