



HIDDEN NATURE

Tu espacio para la Divulgación Científica

Número 5 · 1T/2019

SEXO

www.hidden-nature.com

ISSN 2531-0402



9 772531 017802

PVP Recomendado - 1.50€

EDITORIAL

Número 5 · 1T/2019

Seguro que nuestros lectores habrán pensado alguna vez acerca de la temática que vamos a tratar en esta revista, pero... ¿de dónde nace nuestro interés en el sexo?

Con la aparición de los anticonceptivos, e incluso antes de su existencia, la finalidad reproductora del sexo ha quedado relegada a un plano secundario, siendo sustituido por la búsqueda del placer. ¡Pero esto no es algo nuevo! El Kamasutra es un libro hindú escrito hace más de 1.500 años que explica, entre otras cosas, el amor erótico, las relaciones sexuales y la búsqueda del placer. Dicha búsqueda también la encontramos en las Islas Kiriwina (Nueva Guinea), donde tribus llamadas trobriandeses comparten una ideología sobre el sexo libre, siendo una actividad que practican abiertamente desde muy jóvenes (entre los 8 y los 11 años).

Pero el sexo y la masturbación han tenido múltiples "funciones" a nivel histórico, como: demostrar el estatus social (relaciones homosexuales en la Antigua Grecia), mejorar la fertilidad de las tierras del Nilo (ritual faraónico del Antiguo Egipto) o beber el semen de adultos para alcanzar la madurez masculina

Victor Pérez Asuaje

Estudiante de Biología. CEO de la revista y canal Hidden Nature. Socio del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos Bioscripts.



(rituales de la tribu de los sambia en Papúa Nueva Guinea).

Como podrás observar, el sexo siempre ha sido un objeto de interés para todas las culturas, con diferentes funciones dentro de su sociedad. Mientras buscáis la respuesta a nuestro interés en este tema, nuestros colaboradores os presentarán en este número cuál es el origen del sexo; conoceremos un poco más a nuestro "amigo" el clítoris; repasaremos todo lo que nuestros huesos tienen que decir acerca de nuestro sexo; la genética detrás del desarrollo de nuestros genitales; cómo cambia nuestro cuerpo durante la "actividad sexual"; conoceréis cómo cambia el cuerpo de la mujer al estar embarazada y resolveremos preguntas como: "¿Más es mejor?".

Además, sabemos que te quedarás con ganas de más, por eso te animo a que no os quedéis sólo en la superficie, sino que *penetréis* en la materia con todos los artículos que tenemos en la versión digital.

Así que no os quiero retener más aquí, os animo a pasar la página y comenzar a descubrir todo lo que el sexo tiene para ofreceros.

ÍNDICE

1. ¿Por qué el sexo? - 3

2. El origen del clítoris: La historia de un desconocido - 6

3. El sexo de los huesos - 9

4. La genética detrás del desarrollo gonadal humano - 11

5. Planeta Vivo - 14

6. Biodiversidad Urbana - 17

7. #PreguntasHN: ¿Más es sinónimo de mejor? - 20

8. ¿Qué nos ocurre durante el sexo? - 22

9. Museo en Casa: Cambios fisiológicos en el cuerpo de la mujer durante el embarazo - 24

10. Feminización de artrópodos por endosimbiontes: *Wolbachia* y otros - 26

11. Colaboradores y Junta directiva - 31

¿Por qué el sexo?

El sexo, etimológicamente, puede referirse al género (hombre o mujer), a una forma de reproducción (reproducción sexual) o a la actividad sexual placentera entre dos personas. Y, aunque a nosotros como especie humana nos parezca que la reproducción sexual es algo normal, explicar por qué existe el sexo es una de las mayores preguntas en el ámbito de la Biología que sigue sin una respuesta definitiva.



« POR QUÉ SEXO »

Aquellos seres vivos capaces de reproducirse sexualmente —como es el caso de los seres humanos y de la mayoría de organismos eucariotas— unen dos gametos para producir un cigoto que generará un individuo que combina la información genética de ambos progenitores. Sin embargo, en esta unión no se produce una simple suma de la cantidad de material genético de ambos individuos, ya que esto resultaría en un cigoto con el doble de cromosomas que sus progenitores. Al cabo de unas generaciones, esto sería inviable debido a la enorme cantidad de cromosomas que se acumularían y, de hecho, no ocurre así. Para solventar este problema, los seres vivos poseemos un mecanismo que nos permite mantener a los organismos venideros con la misma carga génica que sus generaciones anteriores: la meiosis. Mediante este mecanismo podemos generar gametos haploides (con un juego de cromosomas) que serán los encargados de combinarse con otro gameto haploide para dar finalmente un cigoto diploide viable.

Aunque explicar el surgimiento de la meiosis en la evolución merece una entrada completa, aquí veremos las teorías evolutivas que apoyan la persistencia de la reproducción sexual frente a la asexual. Esta cuestión es más compleja de lo que uno pueda pensar en principio, y es que el sexo presenta una gran cantidad de inconvenientes (así como ventajas) si lo comparamos con la reproducción asexual.

En primer lugar, hay que preguntarse por qué el sexo es tan exitoso evolutivamente si la reproducción asexual genera más descendencia y por tanto sería más ventajosa a lo largo del tiempo (figura 1).

Reproducirse sexualmente conlleva, además, un coste energético enorme: desde desarrollar células especiales (gametos) hasta encontrar pareja y competir entre individuos para finalmente aparearse. Todas estas desventajas deben estar justificadas por otras ventajas que expliquen la perpetuación del sexo como tipo de reproducción, sin que este no sea sustituido por otro más simple como puede ser



Figura 1. Simulación del crecimiento de dos poblaciones, una sexual y otra asexual, con dos individuos en la generación cero. Se supone disponibilidad ilimitada de recursos e individuos inmortales a lo largo de las generaciones.

la partenogénesis (capacidad de desarrollar un cigoto sin la necesidad de ser fertilizado).

Así, la primera hipótesis que explica el por qué del sexo sostiene que la reproducción sexual genera más **variabilidad genética** que la asexual. Esta idea, propuesta inicialmente por August Weismann a finales del siglo XIX fue apoyada posteriormente por Graham Bell, nombrándola **hipótesis del ribazo enmarañado**. Surge a consecuencia de *El Origen de las Especies* de Charles Darwin y postula que la reproducción sexual favorece mayor multitud de genotipos, algunos de los cuales podría tener mayores opciones de sobrevivir que los genotipos ya existentes. Además, al haber mayor variación, habría menos competencia entre diferentes individuos al poder explotar nichos ligeramente diferentes unos de otros.

El sexo, además, puede ayudar a eliminar mutaciones perjudiciales o bien producir poblaciones con una menor cantidad de mutaciones deletéreas. Esto lo apoyan hipótesis como la del **trinquete de Muller** o la **hipótesis de la mutación determinista** de Kondrashov. Sin embargo, estas ideas se centran en eliminar aspectos negativos (mutaciones perjudiciales) más que en proporcionar una ventaja adaptativa frente a la reproducción asexual.

Una de las hipótesis mayoritariamente apoyadas por la comunidad científica para explicar el porqué de la reproducción sexual es



Potamopyrgus antipodarum

la hipótesis de la “Reina Roja”. Esta teoría es bien conocida en los campos de la Etología y la Ecología, y se basa en una carrera de armamento entre dos individuos, es decir, una coevolución. Si pensamos en una población hospedadora y otra que la parasita, se produciría una carrera de armamentos entre ambas, siempre en constante evolución para parasitar, así como evitar ser parasitado. El sexo en este caso podría proporcionar una ventaja evolutiva al generar individuos “diferentes” que eviten en cierta medida al parásito, al contrario que una población asexual donde todos los individuos serán clones y, por tanto, fácilmente parasitables.

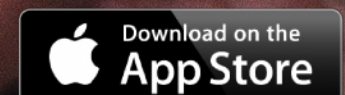
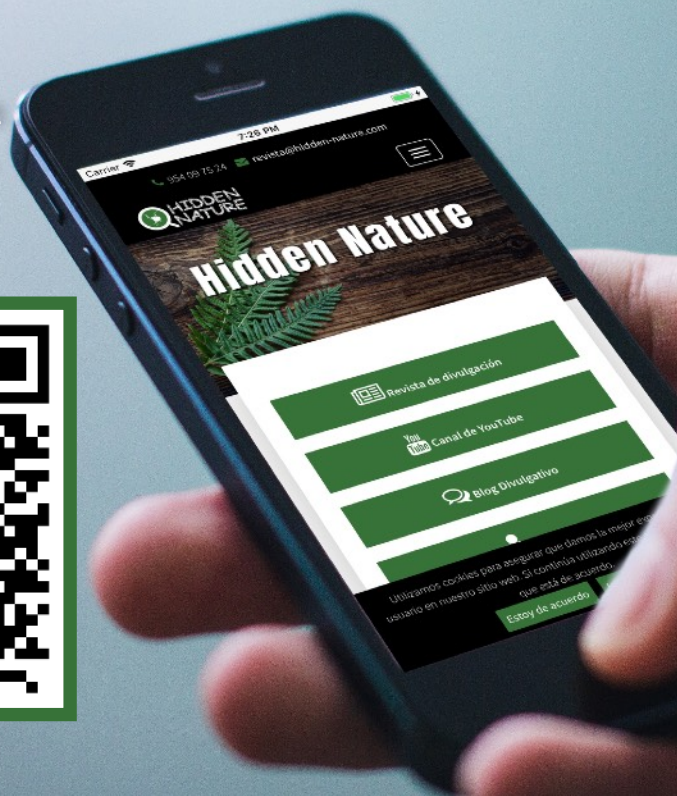
(*Potamopyrgus antipodarum*). Es quizás en estos organismos donde esté la clave para explicar la respuesta a la reproducción sexual, algo tan cotidiano para nosotros, pero que todavía no entendemos por completo.

Pablo Macías

Extremeño, Biólogo graduado y dibujante aficionado. Actualmente continúa formándome en el máster de Ecología en la Universidad de Copenhague con el fin de comprender mejor el mundo que nos rodea.



Descarga nuestra APP y lee ciencia donde quieras y cuando quieras



El origen del **clítoris**

La historia de un desconocido

La conchita azul (*Clitoria ternatea*) es una planta de la familia de las fabáceas, que debe su nombre por su parecido a este órgano.

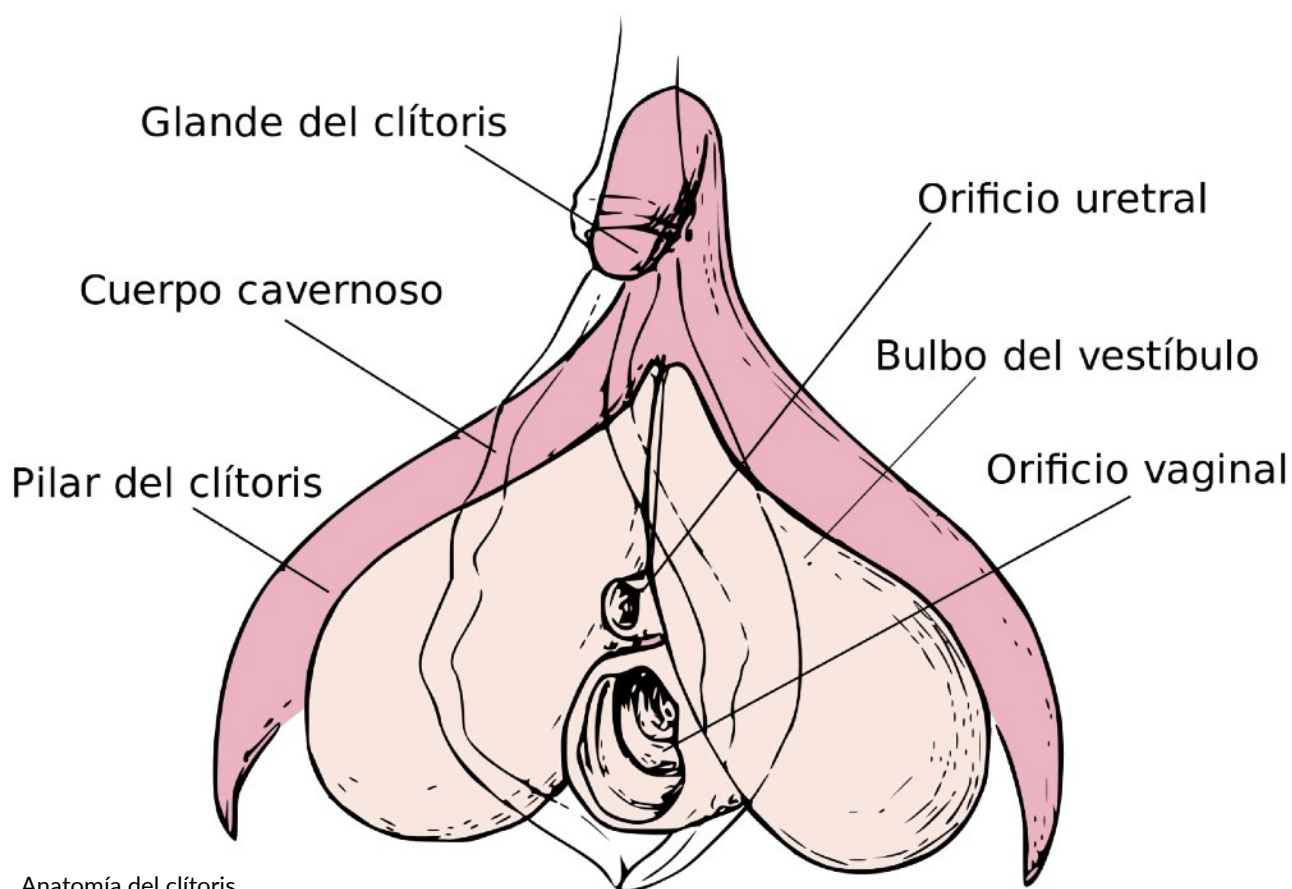
El clítoris podría ser, de todas las estructuras anatómicas, la menos conocida. A diferencia de otros órganos, no parece tener una función concreta y definida a nivel evolutivo. Esto, sumado a que no suele estar relacionado con ninguna patología, podría ser la causa de la poca atención que se le presta tanto en investigación como en educación.

El conocimiento popular sobre el clítoris consiste en poco más que considerarlo como una pequeña protuberancia perteneciente al aparato reproductor femenino cuya única función es proporcionar placer. Y en cierta parte, esto es correcto, pero no hay que olvidar que todo fenómeno en un ser vivo tiene un sentido evolutivo y el clítoris no iba a ser una excepción.

Y decimos “en cierta parte”, porque realmente sus funciones son secundarias. Por un lado, la situación frontal del clítoris en primates ha generado un cambio en el comportamiento, pasándose de una posición lordótica (en la que

el macho se sitúa detrás de la hembra en el acto sexual) a una frontal. Esto ha conllevado que el papel de las hembras en la elección del macho tenga más peso, además de un rol más activo durante el coito, reduciéndose así la inmovilización e incluso capacitándola a decidir finalizar el apareamiento antes de que este llegue a su fin. Todo esto da al sexo un papel más social. Además, durante y después del orgasmo femenino se producen una serie de contracciones que facilitan el movimiento del semen dentro de la cavidad uterina y, por tanto, la fecundación.

Por otro lado, aunque estas ventajas puedan parecer la razón por la que se ha conservado el órgano, se cree que el hecho de que el clítoris se mantenga hasta hoy en día se debe a su coevolución con el pene, ya que es la base embriológica de este. Pruebas de esto podemos encontrarlas en el desarrollo de ciertas estructuras fállicas en hembras de animales a partir del clítoris, como es el caso



Anatomía del clítoris

« CLÍTORIS »

de las hienas moteadas (*Crocuta crocuta*) y las fossas (*Cryptoprocta ferox*). Además, se ha descubierto que existe correlación entre la cantidad de hormonas sexuales masculinas durante la gestación de los fetos femeninos y el tamaño del clítoris. Otra evidencia más, relacionado con esto último, es el fenómeno conocido como los “güevedoces” (niños de República Dominicana que hasta la adolescencia presentan genitales femeninos, y desarrollan los masculinos tras la pubertad).

El origen del orgasmo femenino y, por tanto, del clítoris, es difícil de esclarecer, ya que, a diferencia del masculino, no es necesario para que se de la reproducción. Hay que recalcar que cuando hablamos de orgasmo en otras especies, o en su origen, lo hacemos refiriéndonos a un proceso hormonal y fisiológico, ya que no podemos tener constancia de lo que supone a nivel sensorial un orgasmo fuera de los primates. Aclarado esto, todo apunta a que los primeros orgasmos femeninos tuvieron lugar en animales con ovulación inducida por el coito, en los que el acto sexual desencadenaba un cambio hormonal en la hembra que producía la ovulación para facilitar la fecundidad tras él. Su papel, por tanto, era indicar al cuerpo que se estaba produciendo un apareamiento, del mismo modo que el orgasmo masculino señalizaba al cuerpo cuándo eyacular. Tras surgir la ovulación cíclica mediante procesos como el ciclo menstrual, el orgasmo femenino quedó desplazado de su anterior función, manteniéndose al coevolucionar con el masculino. Evidenciando este paso se han hallado las mismas hormonas que se liberan tras un orgasmo femenino durante la ovulación y, de hecho, se ha observado que los orgasmos siguen teniendo cierta influencia en el ciclo.

La estructura del clítoris ha evolucionado desde tener una situación dentro de la cloaca, donde también se alojaba la uretra, el conducto genital y la terminación del aparato digestivo en reptiles, hasta la situación actual en la que la distancia entre la vagina y el glande del clítoris ha aumentado. Como hemos

dicho antes, el clítoris ha coevolucionado con el pene, condicionando esto la separación de la que hablamos. En machos, la uretra está ligada al pene, lo que conlleva a que en hembras el clítoris se aleje de la vagina siguiendo la tendencia de separación del tracto genital del urinario. Aún así, los bulbos del vestíbulo del clítoris (estructura interna encargada de la erección) se sitúan rodeando a la vagina desde arriba.

Durante los tres primeros meses de desarrollo embrionario no es apreciable una diferencia entre genitales masculinos y femeninos. Hasta entonces lo que se ha desarrollado en el feto es una estructura similar a una cloaca, y a partir de aquí se dividen los conductos destinados a la formación del intestino y del seno urogenital, a partir del cual se desarrollará el glande del pene en machos, y el glande del clítoris en hembras. Además, otra prueba más de su homología es que a nivel bioquímico, la erección del clítoris y del pene parecen estar mediadas por los mismos mecanismos. Aún con estas similitudes, el glande y el clítoris son estructuras diferentes a nivel funcional y morfológico en individuos desarrollados. Esto es algo que debería estar presente frente a los mitos que describen el clítoris como una versión pequeña del glande.

Puede que parte del desconocimiento acerca de este órgano se deba a que mayoritariamente su estructura es interna. Esto se acentúa si tenemos en cuenta que se trata de un tabú, dificultando esto la investigación y, sobre todo, la divulgación.



Paloma Cabezas Blanco
Estudiante de Grado en Biología en la
Universidad de Sevilla.

Manuel Fernández Moreno
Estudiante de Grado en Biología en la
Universidad de Sevilla.

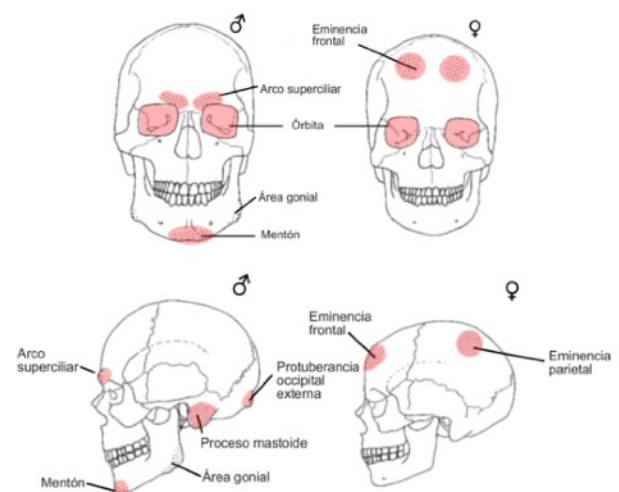


El sexo de los huesos

En los últimos años se ha puesto de moda todo lo que venga acompañado de la palabra “forense”, incluidas las series de televisión donde los antropólogos físicos son algo así como genios con bata blanca capaces de, simplemente con echar un simple vistazo a unos huesos, saber con certeza lo mucho que le gustaba a esa persona jugar al tenis los jueves por la tarde. Aunque esto, por mucho que nos esforcemos, no es así, sí que es cierto que las técnicas de Antropología Física (sólo se habla de “Antropología Forense” cuando estamos en un contexto judicial), permiten recabar mucha información sobre una persona. Podemos definir la Antropología Física, por lo tanto, como el estudio del ser humano, su variabilidad y su relación con el medio a través, únicamente, de los restos óseos.

El sexo es, junto con la edad, quizás una de las primeras cuestiones que se deben resolver ante el descubrimiento de un esqueleto sin

identificación. Entonces, ¿es posible determinar si un esqueleto pertenecía a una mujer o a un hombre con seguridad, solamente con los huesos? A esta pregunta podemos responder, tajantemente, que sí.



Cráneos masculino y femenino en norma frontal y lateral.

« SEXO DE LOS HUESOS »

En el esqueleto encontramos varios huesos que pueden ayudarnos a determinar el sexo: los que forman el cráneo o la pelvis son quizás los más usados dada su gran fiabilidad. Siempre que se pueda, es preferible hacer un estudio completo del esqueleto, valorando de manera global la información que nos proporciona cada hueso de manera individual. La variabilidad del cuerpo humano es casi infinita y no podemos permitir que una pequeña modificación en un hueso distorsione una valoración científica.

El estudio del cráneo puede complicarse en casos en los que se encuentre incompleto, fracturado o deformado por el peso de, por ejemplo, la tierra, si hablamos de un contexto arqueológico. En comparación con el cráneo femenino, el masculino sería más grande y más pesado y con unas intersecciones musculares más marcadas, sobre todo la protuberancia occipital externa y las mastoides. La mandíbula sería más robusta, con unas regiones goniacas más marcadas y un paladar más ancho.

La pelvis es reconocida como la estructura anatómica más fiable en la determinación del sexo. La necesidad de facilitar la salida del bebé a través del canal del parto hace que la pelvis femenina sea más ancha, que no más grande, lo que modifica claramente la estructura de cada hueso.

También, y aunque parezca imposible, los dientes están siendo una buena herramienta de estudio en la determinación del sexo. Numerosas investigaciones, demuestran el alto grado de dimorfismo sexual que hay en algunas piezas dentales. Hasta ahora si en algo están de acuerdo estos estudios es en que parece ser que los caninos son los dientes más útiles para este cometido.

Todo lo mencionado hasta ahora cambiaría, o mejor dicho, dejaría de tener eficacia, cuando hablamos de individuos infantiles. Existen dos procesos implicados en la diferenciación sexual: intrínsecos (genéticos, hormonales, etc.) y extrínsecos (ambientales). Las hormonas responsables de esta diferenciación se sabe que ya están presentes en la décima semana

de gestación, lo que haría esperable la posibilidad de determinar el sexo incluso en individuos subadultos. A pesar del gran avance de la Antropología Física, la sutileza de las diferencias entre los huesos de niños y niñas y el uso de técnicas cualitativas, basadas en la observación del investigador, aumentan demasiado la subjetividad de los estudios como para ser eficaces. Recientemente el análisis de coordenadas cartesianas de los diferentes puntos anatómicos (llamados *landmarks* y *semilandmarks*) de un hueso, técnica conocida como Morfometría Geométrica, están permitiendo resolver estos problemas. Investigadores españoles como el Dr. Estévez y colaboradores (Laboratorio de Antropología de la UGR), ya han demostrado la fiabilidad del ilion para este fin.



Ilion infantil izquierdo colocado en posición ventral. En él se ilustran los *landmarks* y *semilandmarks* localizados en la escotadura ciática y la superficie auricular.

Claudia López-Morago Rodríguez

Licenciada en Biología, con un Máster en Antropología Física y Forense y terminando un doctorado en Biomedicina. Co-fundadora de la Asociación Andaluza de Antropología Física y aprendiz divulgadora científica.



La genética detrás del desarrollo gonadal humano



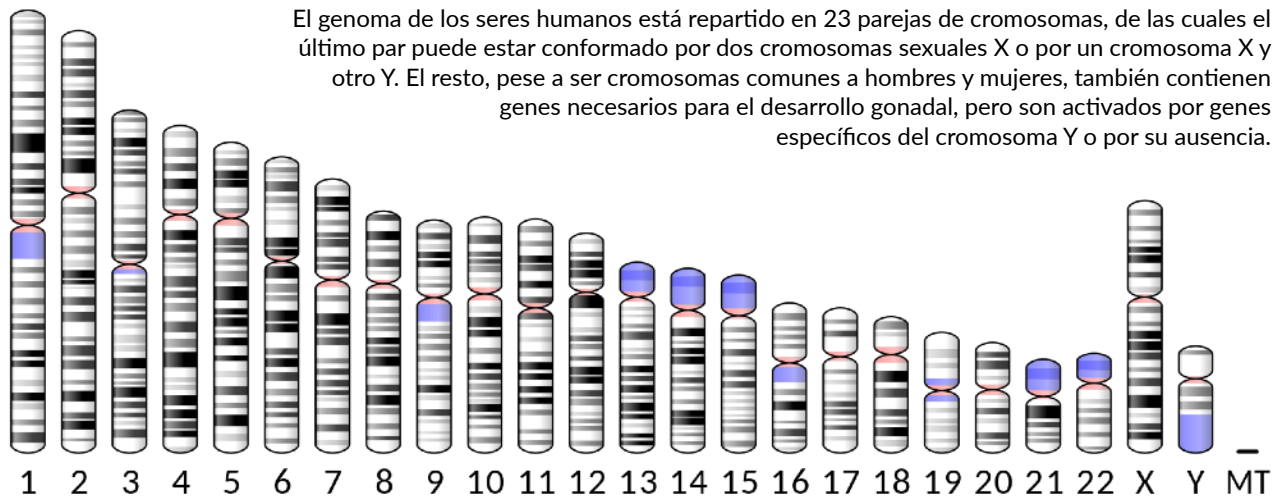
En el momento de la **fecundación**, el genoma del cigoto formado recibe un juego cromosómico del espermatozoide del padre y otro juego cromosómico del óvulo de la madre, formándose **veintitrés parejas**. De estas, las veintidós primeras (cromosomas autosómicos) son similares, pero la última presenta más variación. En concreto, siempre presenta un cromosoma (X) que puede estar acompañado de otro similar o de un cromosoma con genes y tamaño distinto (el cromosoma Y). En principio, las personas con dos cromosomas X son mujeres y las que tienen la pareja XY, hombres; de esta forma, a este último par se le conoce como **cromosomas sexuales**, por estar directamente relacionado con la **determinación sexual y el desarrollo gonadal** de los individuos en nuestra especie.

Es importante señalar tres cosas respecto a este fundamento genético: el primero es que **no es universal**; existen multitud de formas de determinación del sexo muy diferentes a esta dentro del reino animal y no todas son siquiera definitivas (existiendo especies, como los mejillones o los peces payaso, que pueden cambiar de sexo a lo largo de su vida); muchos reptiles determinan su sexo en función de la temperatura a la que se incuban sus huevos, y otros organismos, como las abejas, son hembras si han nacido de huevos fecundados, pero machos si nacen de huevos sin fecundar (a través de un fenómeno conocido, en

términos genéricos, como **partenogénesis**). En segundo lugar, que **los cromosomas sexuales contienen bastantes genes que no tienen nada que ver con el sexo**: el cromosoma X contiene, sin ir más lejos, genes para proteínas relacionadas con la coagulación de la sangre, la visión en color, el metabolismo de la glucosa, etc. En tercer lugar, que **existen numerosos genes vinculados a la diferenciación sexual repartidos a lo largo de los demás cromosomas del genoma humano**.

Antes de entrar en detalles, es interesante considerar que **el aparato reproductor no se empieza a diferenciar hasta la quinta-sexta semana de gestación**. Su formación comienza en un embrión en el que ya se han formado las capas de células germinales que van a dar los diferentes tipos de poblaciones celulares en el feto. En torno a la cuarta semana, el aparato urinario ha comenzado a formarse, destacando dos **riñones transitorios**, el **mesonefros**, y una porción del epitelio de la cavidad interna del embrión que se pliega en la zona dorsal. En estos pliegues, en la cara ventral del mesonefros, se desarrollan dos protuberancias, las **gónadas primitivas indiferenciadas**, que reciben una serie de pequeñas **células germinales migradoras** desde el **saco vitelino** que se agruparán en su interior y que darán lugar a las **células madre de los gametos** una vez maduren. Asimismo, junto con el par de gónadas se observan dos

« DESARROLLO GONADAL »



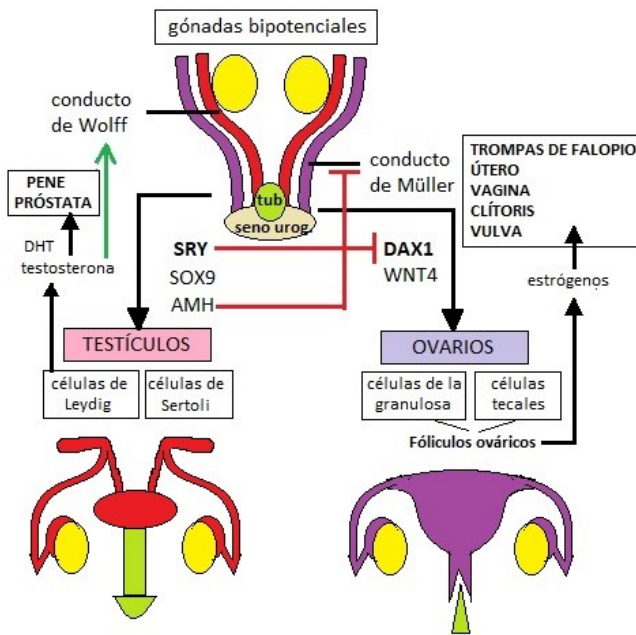
El genoma de los seres humanos está repartido en 23 parejas de cromosomas, de las cuales el último par puede estar conformado por dos cromosomas sexuales X o por un cromosoma X y otro Y. El resto, pese a ser cromosomas comunes a hombres y mujeres, también contienen genes necesarios para el desarrollo gonadal, pero son activados por genes específicos del cromosoma Y o por su ausencia.

pares de vías: los **conductos de Wolff** (que se convertirán en el aparato reproductor masculino) y los **conductos de Müller** (laterales a los primeros y que se convertirán en las vías del aparato reproductor femenino) que abren al **seno urogenital** (donde se encuentra el **tubérculo urogenital** que dará lugar al pene o al clítoris). Ello implica que, inicialmente, hombres y mujeres somos idénticos las primeras semanas de embarazo y presentamos la capacidad de desarrollarnos a las dos cosas.

Para entender qué determina que este aparato intermedio entre el femenino y el masculino se desarrolle a uno u otro sexo debemos regresar a los cromosomas del par sexual y considerar inicialmente dos: el **gen DAX1** (en el cromosoma X) y el **gen SRY** (en el cromosoma Y). El primero es fundamental en el desarrollo gonadal femenino (y, recordemos, también está presente en los hombres por tener un cromosoma X). **DAX1 bloquea el desarrollo de los testículos**, atrofia los conductos de Wolf y **mantiene los conductos de Müller** (que darán lugar a las trompas de Falopio, el útero, etc.). En cuanto a los genitales externos, el **tubérculo urogenital primitivo** se queda reducido al **clítoris** (desarrollándose al **pene** en el caso de los machos). En definitiva, la actividad de DAX1 desarrolla hembras. Sin embargo, el factor SRY lo inhibe; es decir, DAX1 actúa sólo cuando SRY está ausente, lo cual ocurre en individuos que no tienen cromosoma Y.

Aun así, que esté presente SRY no es, ni mucho menos, determinante. Este factor es la llave a toda una cascada de activación de genes que conducen al desarrollo de testículos en combinación con señales hormonales como la gonadotropina coriónica humana, que induce la **síntesis de hormonas androgénicas** (testosterona y 5- α -dihidrotestosterona o DHT), que activan, a su vez, más genes responsables del desarrollo de órganos sexuales masculinos. Uno de estos genes subordinados a SRY es **SOX9**, ubicado en el cromosoma 17 (no sexual), que es de vital importancia en la regulación de genes necesarios para producir, a su vez, **hormona antimulleriana** (AMH), ubicados en el cromosoma 19. La AMH se produce en los testículos durante la octava semana de gestación y su actividad cierra los conductos de Müller (manteniendo los de Wolff). De producirse un retraso, los conductos de Muller no se cerrarán y se producirán sus derivados femeninos (si bien las gónadas siguen siendo, en este caso, testículos).

De aquí se deriva la siguiente cuestión: cualquier fallo en la cadena de expresión del fenotipo masculino dará lugar, por defecto, a fenotipo femenino; el sexo hembra es el determinado por defecto en los seres humanos (pues todos tenemos al menos un cromosoma X) y mutaciones que inactiven al SRY o a todos sus genes subordinados generarán hembras a pesar de que el genotipo sea XY. Por ejemplo, las **mutaciones en SOX9** o cualquier gen asociado pueden causar que



La gónada bipotencial embrionaria, los conductos adyacentes a ella y el tubérculo urogenital primordial se convertirán en el aparato reproductor masculino si el gen SRY del cromosoma Y activa la cascada molecular que conduce a la atrofia de los conductos de Müller y a la síntesis de testosterona y 5-dihidrotestosterona, que favorecen la formación del pene y la próstata. Por el contrario, en ausencia de SRY, el gen DAX1 del cromosoma X conduce a la expresión de genes que desarrollan los ovarios y sus células foliculares, que producen los estrógenos que favorecen el desarrollo de los órganos y conductos femeninos a partir de los conductos de Müller.

se desarrolle como hembra. De la misma manera, si DAX1 está duplicado y, por tanto, se expresa tal que el gen SRY no puede inhibirlo, el individuo en cuestión presenta ovarios y un aparato genital totalmente femenino aun estando SRY presente. Por otro lado, no solamente los niveles de SRY son importantes; también es clave la cronología de su expresión, pues si este gen se retrasara, DAX1 generaría **ovotestes**, gónadas intermedias.

Es decir, no por ser XY se es siempre macho. De hecho, hay muchas más posibilidades, como una alteración en la ruta de síntesis de andrógenos: un ejemplo de ello es la **mutación de la enzima 5- α -reductasa**, lo que provoca una disminución de los niveles de 5- α -dihidrotestosterona. Con ello, hay testículos y órganos masculinos internos, dependientes de testosterona, pero no externos. Este caso es el de los vulgarmente conocidos en República

Dominicana como **“güevedoces”**, que nacen con genitales pequeños y poco desarrollados, de forma que se catalogan y crían como niñas hasta que, con la llegada de la pubertad a los doce años, se desarrollan con un pico de testosterona los genitales masculinos y se descubre que eran, en realidad, varones. Otra posibilidad es que, a pesar de que haya una síntesis efectiva de hormonas androgénicas, sus **receptores** no funcionen y, por tanto, las células no se enteren de que están ahí; de esta forma, las gónadas son testículos pero los órganos y caracteres sexuales son femeninos.

¿Existe alguna circunstancia en la que un genotipo XX de lugar a un hombre? La respuesta es que sí, aunque los casos son bastante más raros que los anteriormente citados: es posible, por ejemplo, cuando **el gen SRY ha sido translocado al cromosoma X** (que comparte un segmento homólogo con el cromosoma Y, lo que les permite emparejarse y, ocasionalmente, recombinar durante la división celular); individuos con genotipo XX y portadores del gen SRY por translocación tendrán un desarrollo masculino, si bien serán estériles por carecer de otros genes del cromosoma Y necesarios para la producción normal de espermatozoides.

En definitiva, existen muchas posibilidades, por las que definir el sexo de una persona en base a su dotación cromosómica XX o XY es impreciso. Este sistema de determinación sexual cuenta con muchos genes que producen enzimas, factores de transcripción, hormonas y receptores de éstas que pueden fallar en algún punto de la ruta o activarse cuando no deben, de manera que no se desarrolle el fenotipo sexual que cabría esperar. Y en cualquier caso, ante la duda, nuestro organismo se desarrolla a hembra antes que a varón.

Juan Encina

Graduado en Biología por la Universidad de Coruña y Máster en Profesorado de Educación Secundaria por la Universidad Pablo de Olavide. Colabora en proyectos de divulgación científica desde 2013 como redactor, editor, animador de talleres para estudiantes y ponente.





En la naturaleza podemos encontrar anfibios anuros (como las ranas o sapos) y cangrejos herradura en una especie de abrazo. Este comportamiento es denominado “amplexo” y su finalidad es la cópula. Durante este proceso, que puede durar varias horas, el macho agarra a la hembra mientras libera los huevos para ser fertilizados (fecundación externa).





El SIDA es una enfermedad de transmisión sexual que se propaga a través de determinados líquidos corporales (fluidos sexuales o sangre) y ataca el sistema inmunitario del cuerpo, dejándonos expuesto a las enfermedades. En esta microfotografía se aprecia al Virus de la Inmunodeficiencia Humana 1 (VIH-1) en liberación (en verde) en un cultivo de linfocitos.



En esta imagen se aprecia una bacteria del filo Espiroqueta, denominada *Treponema pallidum*, causante de la sífilis. Por lo general se adquiere por intercambio de fluidos durante el sexo, aunque también se puede transmitir de la madre al bebé durante el embarazo. Si se detecta a tiempo, la enfermedad se puede curar con antibióticos.

Los zigópteros, también conocidos como caballitos del diablo, realizan su apareamiento formando una estructura denominada tándem o estructura de corazón. En ella, el macho (en la imagen, el ejemplar azul) sostiene mediante sus apéndices abdominales a la hembra (en la imagen, el ejemplar pardo), que arquea la genitalia secundaria, situada en el abdomen, para ubicarla en la genitalia primaria del macho, produciéndose así la fecundación.



Biodiversidad Urbana



Ciconia ciconia

(Cigüeña blanca)

21

Esta ave blanca y negra, con más de un metro de altura, más de dos metros de envergadura alar y un peso de hasta 4,5 kilogramos siempre ha estado vinculada culturalmente a la vida y el nacimiento.

Es común poder observarlas en puntos altos de pueblos y ciudades de Europa, el Norte de África y en algunas partes de Asia occidental, siempre cerca de los cauces fluviales, estando su presencia vinculada a los periodos de migración.

Durante la vida reproductiva de las cigüeñas pueden cambiar varias veces de parejas, pero la reproducción sólo la realiza con parejas estables, que mantendrán el resto de su vida.



Delichon urbicum

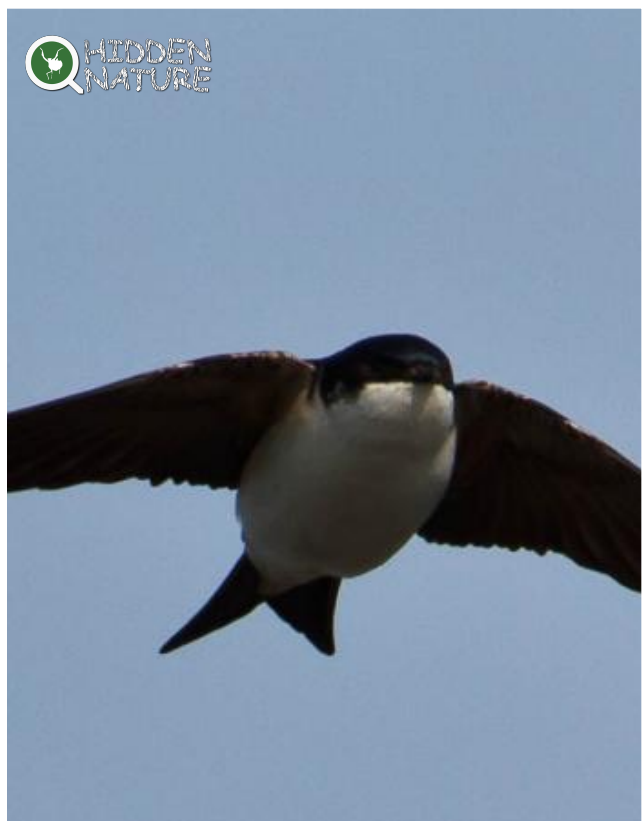
(Avión común)

22

Este pequeño paseriforme frecuentemente confundido con las golondrinas (*Hirundo rustica*) es fácil de observar en la época reproductiva. Antiguamente anidaban en acantilados, pero actualmente prefieren la superficie exterior de las viviendas. Normalmente estos nidos se construyen en puntos altos con proyecciones horizontales, como los aleros de las casas.

Tanto el cortejo como las cópulas son bastante breves, durando sólo algunos minutos, incluido el cortejo. El macho llama a la hembra posado en el nido, con la cabeza baja, las alas desplegadas y la garganta erizada. Si la hembra responde a la llamada, entrará en el nido y permitirá la monta.

Referente a las golondrinas podemos diferenciarla por la presencia del obispillo blanco, cola menos ahorquillada y la carencia de color rojo en el mentón y la barbilla.





Ismael Ferreira Palomo

Licenciado en Biología, especialista en zoología, educador y divulgador científico. Actualmente dinamizador de museos en Cantillana.



Crematogaster scutellaris (Hormiga fraile o Morito)

23

Una hormiga inconfundible a simple vista. Presenta una cabeza de color rojo y el resto del cuerpo de color negro, con un abdomen en forma de trompo que acaba en un pequeño agujón.

Como el resto de las hormigas, presenta una reproducción de lo más peculiar, siendo la reina la única que pone huevos en el hormiguero. Los huevos destinados a la reproducción dan lugar tanto a hembras como machos, ambos presentan alas y salen del hormiguero para realizar la cópula.

Las futuras reinas, ya fecundadas, se entierran excavando una galería, donde comenzarán a poner huevos que darán lugar a todas las hormigas del nuevo hormiguero.



Mantis religiosa (Santateresa)

24

Este peculiar animal es común en toda Europa y África, estando también presente en Norteamérica. Con la anatomía típica de la mantis que todos tenemos en la cabeza, puede presentar distintos colores entre el verde y el color pardo, variando según el medio en el que se realice la última muda.

Son animales solitarios que únicamente se reúnen para copular. Durante esta época los machos cercanos a una hembra suelen pelear para ganarse el derecho a monta. Durante el proceso de cópula, sólo en raras ocasiones, la hembra puede devorar la cabeza del macho.

Esto no le impide seguir copulando hasta el final, algo verdaderamente impresionante.



HIDDEN NATURE

EXPOSICIÓN / EXHIBITION

VENENO



POISON

Museo Casa de la Ciencia
Avenida M^a Luisa s/n. Pabellón de Perú
www.casadelaciencia.csic.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



casa de la ciencia
sevilla



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE CONOCIMIENTO, INVESTIGACIÓN Y UNIVERSIDAD

PreguntasHN

¿Más es sinónimo de mejor?

¿Puede matar mantener un exceso de relaciones sexuales? Un dicho popular asegura que “la jodienda no tiene enmienda” y que “la mucha pasión, no guarda razón”. A priori, se nos podría antojar raro que el exceso de celo en la práctica copulatoria pudiera causar una merma en la salud de alguno de los fogosos amantes. ¡Si hasta nos dicen que es un magnífico ejercicio cardiovascular!

Sin embargo, no todo el monte es orégano, ¿o debería decir orgasmo? Si no me creen, pregunten a los antequinos o ratones marsupiales dentones. Más concretamente, deberíamos preguntar a las especies *Antechinus arktos* y *A. stuartii*, ambas declaradas por el gobierno australiano especies en peligro de extinción. Estas pequeñas criaturas, cuyo aspecto recuerda al de los ratones de laboratorio, son famosas por sus maratónicas sesiones de apareamiento, las cuales pueden extenderse en el tiempo hasta 14 horas. Por tanto, ¿puede el sexo llevarnos hasta la extinción? En seguida saldremos de dudas.

Lo primero que debemos tener en cuenta es que, durante la época de apareamiento, tanto machos como hembras se mueven frenéticamente de un lado para otro con el único propósito de copular con tantas parejas como les sea posible. No hay cortejo, sólo sexo. Ante tal frenesí reproductor, una vez nacida la camada, machos y hembras mueren. Una delgada línea separa el éxtasis del *exitus letalis*. Pero... ¿cómo es posible que el exceso de cópula mate a un animal? La explicación hay que buscarla en los órganos reproductores de los antequinos.

Los antequinos sintetizan testosterona en los testículos y, aunque parezca una hormona

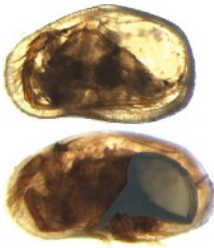
exclusivamente masculina, también las hembras la producen (aunque en menor cantidad) en sus ovarios. De hecho, la celeridad en la búsqueda activa de pareja con la que copular se explica por los elevados niveles de esta hormona, que, como contrapartida, conlleva una reducción drástica en los niveles de otra hormona, el cortisol, que es liberada en respuesta al estrés y actúa restableciendo la homeostasis, es decir, manteniendo estable un determinado parámetro interno, como puede ser el contenido de electrolitos en nuestras células o el propio ritmo cardíaco. No obstante, si el



El antequino pardo o de Stuart (*Antechinus stuartii*) es una especie de marsupial endémica de la región suroriental de Australia que lleva a cabo desenfrenadas sesiones de apareamiento que pueden llegar a durar hasta 14 horas.

cortisol alcanza unos niveles muy bajos, como así ocurre en este caso, se provoca un mal funcionamiento en el sistema inmunológico del animal, lo que les hace más vulnerables a agentes patógenos u otras enfermedades, eso cuando no mueren como consecuencia de las hemorragias internas.

Por supuesto, este no es el único motivo por el que los antequinos están en peligro de extinción. La mano del hombre, que está



Los machos de ostrácodos suelen presentar un mayor tamaño de concha para así poder acomodar en su interior los órganos reproductores. Como ocurre en *Cyprideis salebrosa*, el macho (parte inferior de la imagen) debe dar cobijo en la concha a su gigantesco órgano reproductor (sombreado en la imagen), presunto responsable de la extinción de *Colymbosathon eplecticos*.

modificando su hábitat, influye también en buena parte, agravando las consecuencias letales de esta curiosa práctica, dado que una enfermedad que afecte a un individuo con el sistema inmune “bajo mínimos” puede propagarse más fácilmente entre la población e incluso llegar a colonizar a individuos sanos.

He aquí un ejemplo de lo que exponía al principio del texto, más no siempre es sinónimo de mejor. Pero hay un caso aún más curioso que me gustaría exponer para dejarlo claro, ya que esta pregunta es recurrente.

Recientemente, un equipo de paleobiólogos del Museo Smithsonian de Historia Natural en EE.UU. revelaron el descomunal aparato reproductor masculino de un simpático crustáceo al que pusieron por nombre “asombroso nadador con pene grande”, o lo que es lo mismo, *Colymbosathon eplecticos*. Pero es más, ¡establecieron que el tamaño de ese pene jugó un papel determinante en su extinción! Así, los machos de estos ostrácodos eran los orgullosos propietarios de un aparato reproductor que superaba seis veces su longitud corporal, que según el registro fósil rondaba los 30 mm. ¡Un tercio de su anatomía interna estaba representada por un pene superenrollado que protegían dos valvas calcáreas!

Estudiar cómo influye la biología (y especialmente la reproductora) en la supervivencia de una determinada especie es una tarea especialmente difícil. Sin embargo, en el caso de los ostrácodos es más sencillo, ya que el tamaño del pene puede obtenerse simplemente midiendo su “cáscara”.

Este grupo de paleobiólogos, para contrastar su hipótesis (recordemos, un pene grande pudo llevar a la extinción a *Colymbosathon*

eplecticos) realizaron un estudio con 93 especies de ostrácodos que habitaron las aguas pantanosas de EE.UU. hace entre 66 y 84 millones de años, concluyendo que aquellas especies de ostrácodos cuyos machos estaban dotados de penes más grandes, aparecían hasta 10 millones de años antes en el registro fósil.

¿Y esto cómo se explica? En términos energéticos. Las especies con aparatos reproductores más desarrolladas invierten, como norma general, más tiempo y energía en la reproducción, lo que les haría, en palabras del grupo de paleobiólogos del Smithsonian, “más vulnerables a los cambios ambientales”. Es decir, a corto plazo puede que tengan más descendencia, pero en la carrera de obstáculos que es la evolución, esta estrecha especialización lastra la posibilidad de una “rápida” adaptación al medio en caso de cambio. De esta forma, tenemos que mientras *Colymbosathon eplecticos* se estima que vivió alrededor de 1,5 millones de años sobre la faz de la Tierra, sus vecinas menos llamativas se extinguieron superados los 15,5 millones de años de existencia.

Como podemos observar, muchos de estos animales siguen a pies juntillas esa máxima de Woody Allen que viene a decir que sólo hay dos cosas importantes en esta vida, la primera es el sexo y de la segunda... no me acuerdo. Si algo nos debe quedar claro después de leer este artículo es que en materia sexual, más no equivale a mejor... Y que puede llegar a costar la salud e incluso la vida.

Eduardo Bazo Coronilla

Licenciado en Biología. Fue colaborador del grupo de investigación PLACCA (Plantas Acuáticas, Cambio Climático y Aerobiología) en el Dpto. de Biología Vegetal y Ecología de la Facultad de Farmacia (Sevilla). Micófilo.



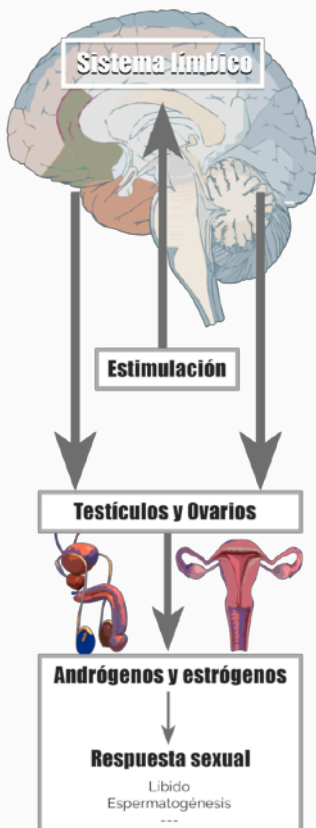
¿Qué nos ocurre durante el sexo?

Durante el sexo las personas experimentamos una secuencia de cambios físicos y hormonales que comienzan cuando una persona se excita sexualmente.

A estas respuestas en su conjunto se les denomina ciclo de respuesta sexual, y están implicados tanto hormonas andrógenas (del griego “andros-” hombre y “-genos” origen) como estrógenas (que proviene de “estrus”, el periodo de fertilidad femenino), que inducen los cambios morfológicos.

Fase de excitación

En esta fase comienzan los cambios hormonales como respuesta a la información sensorial que percibimos como excitante.



Tanto hombres como mujeres experimentan un aumento de la tensión muscular, frecuencia cardíaca, presión arterial y vasocongestión. De esto derivan una serie de cambios morfológicos como la erección del pene y del clítoris, aumento de tamaño de testículos y senos y, comienzo de la lubricación

vaginal por las glándulas de Bartolino.

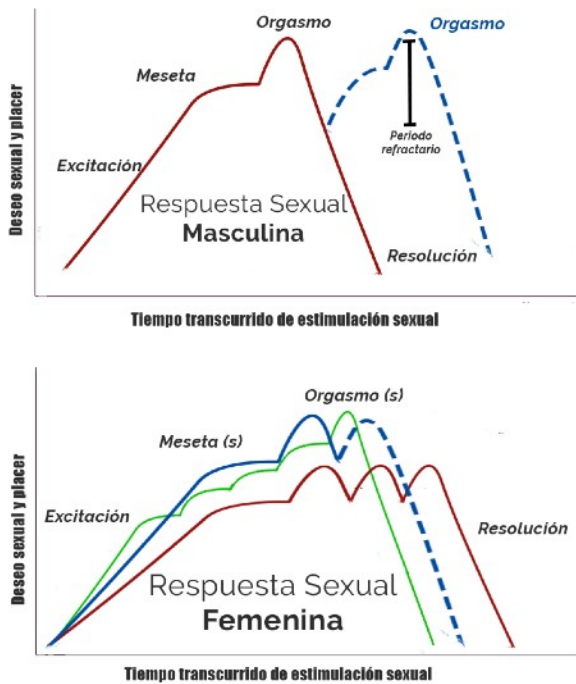
La estimulación sexual autorealizada o durante el sexo provoca la liberación de neurotransmisores que despiertan la respuesta sexual. La estimulación en el clítoris, vagina y el glándulo activan regiones cerebrales en el sistema límbico (un área encargada de regular las emociones, memoria e instintos sexuales), así como la activación de la síntesis del óxido nítrico; un neuroregulador de las contracciones musculares en ambos órganos sexuales íntimamente relacionado con los estrógenos y andrógenos. Existen más neurotransmisores dependientes del óxido nítrico, como la dopamina o la serotonina, relacionados con el deseo sexual, la eyaculación o reflejos genitales.

Los estrógenos y andrógenos desempeñan un papel fundamental en la respuesta sexual. En mujeres, los estrógenos y los andrógenos parece ser que actúan en conjunto para potenciar la excitación. Por esta razón, existen reportes acerca del aumento del deseo sexual en las mujeres durante las fases folicular y ovulatoria del ciclo menstrual, ya que coinciden con un aumento de estrógenos. Por otro lado, la ausencia de andrógenos (como testosterona) ha demostrado que conduce a la pérdida de la libido en mujeres.

En hombres, pese a que la libido siempre ha sido asociada con los andrógenos, los estrógenos parecen potenciar el comportamiento psicosexual y mejorar la fertilidad. Por ejemplo, el estradiol, el estrógeno predominante, estimula la libido, potencia las erecciones e induce la espermatogénesis.

Fase de meseta

Si la estimulación perdura en el tiempo, la exci-



tación sexual continúa creciendo, aumentando la síntesis de las hormonas ya comentadas. En esta etapa, tanto hombres como mujeres empiezan a experimentar un mayor placer, por lo que dura muy poco (de segundos a minutos) y actúa como escalón para la última fase. No existe una manera de cuantificar o cerciorarse exactamente de cuándo se produce el cambio de una fase a otra.

Durante este breve período, la tensión muscular es tan elevada que comienzan a aparecer espasmos en diferentes zonas del cuerpo. En las mujeres el clítoris se vuelve muy sensible y comienza a retraerse en la capucha para disminuir la estimulación directa. En hombres los testículos masculinos se retiran hacia el escroto.

Fase de orgasmo

El orgasmo es la fase más corta del ciclo de respuesta sexual en humanos, pues suele durar sólo unos segundos.

Las características generales son similares para hombres y mujeres. Los espasmos continúan a la vez que comienza a disiparse la tensión muscular provocando relajación. En mujeres los músculos de la vagina y el útero sufren contracciones repetidas, mientras que en el hombre, las contracciones repetidas en la base del pene provocan la eyacuación.

El orgasmo induce un aumento de adrenalina y noradrenalina, así como de prolactina, serotonina y oxitocina. Estas últimas implicadas en la inhibición de la respuesta sexual para retornar el cuerpo al punto inicial provocando sensación de saciedad.

Las mujeres tienen un orgasmo más prolongado, además de ser capaces en general de alcanzar múltiples orgasmos en un breve período de tiempo (si la estimulación continúa), sin necesitar repetir todo el ciclo. Esto ocurre porque no tienen período refractario, que se podría definir como el tiempo mínimo necesario para conseguir alcanzar la fase de excitación una vez llegados al orgasmo. En los hombres, por lo general, este período puede durar desde unos minutos hasta días (atendiendo a la edad del hombre entre otros factores).

Pese a toda esta información, aún nos encontramos muy lejos de entender adecuadamente las rutas de activación y funcionamiento neuroendocrino en la respuesta sexual en humanos. Este hecho no sólo dificulta entender mejor nuestro organismo en sí, sino que impide la comprensión de trastornos más complicados relacionados con disfunciones sexuales; un pilar fundamental para la autoestima y confianza de las personas como individuos o como pareja.

Victor Pérez Asuaje

Estudiante de Biología. CEO de la revista y canal Hidden Nature. Socio del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos Bioscripts.



Cambios fisiológicos en el cuerpo de la mujer durante el embarazo

Una de las consecuencias de la reproducción sexual en nuestra especie es el embarazo. Es decir, la implantación del cigoto en el útero y su desarrollo hasta el parto, dando lugar a un nuevo individuo. Con ello se consigue una mayor variabilidad en los descendientes.

Una vez que la mujer descubre que está embarazada, pueden haber pasado casi 4 semanas desde la concepción. Desde ese mismo instante su cuerpo comienza a producir una serie de cambios que desembocarán en el parto, dando lugar a un nuevo ser vivo.

Sistema Hematológico: El volumen de plasma aumenta progresivamente a lo largo del embarazo, la mayor parte a partir de la semana 34 de gestación, siendo proporcional al peso del bebé al nacer. Como consecuencia de este aumento, y al no ser proporcional la cantidad de glóbulos rojos, se produce una caída en su concentración o **hemodilución**, la típica anemia de la embarazada.

Conforme aumenta el embarazo también disminuye progresivamente el recuento de plaquetas, aunque siempre dentro de los límites normales. El requerimiento de hierro aumenta de dos a tres veces, para aumentar la síntesis de hemoglobina para el feto y para la producción de ciertas enzimas necesarias. Si conoces a alguna mujer embarazada, sabrás que lo primero que le recetan son suplementos en **ácido fólico, yodo y vitamina B12**, ya que ayudan al correcto desarrollo del feto, sobre todo en el correcto cierre del tubo neuronal.

También se produce una estasis venosa (**venostasis**), una circulación más lenta de la sangre en las venas de las piernas, sobre todo en la parte izquierda, debido a la compresión de la vena ilíaca izquierda por la arteria ilíaca y la arteria ovárica.

Función renal: Consecuencia de la vasodilatación renal, el flujo de plasma renal aumenta entre un 40 y 65%, mientras que la tasa de filtración glomerular (GFR) lo hace entre un 50 y 85%, respecto de una mujer no embarazada. Esto provoca un aumento de la longitud del riñón de aproximadamente 1 a 1,5 cm.

El embarazo es un proceso de aproximadamente **40 semanas** donde la futura madre experimenta una serie de procesos tanto psicológicos como fisiológicos que darán lugar finalmente a un nuevo ser vivo, sin olvidar al padre en el caso de estar presente.



Francisco Gálvez Prada.

Socio fundador del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos BioScripts. CEO en IguannaWeb y CTO en Hidden Nature.

Cambios endocrinos: La **glándula tiroidea** es un 25% más grande en los pacientes con deficiencia de **yodo**. El **cortisol**, producido por la **glándula suprarrenal**, aumenta al final del primer trimestre y muestra al final del embarazo niveles tres veces más altos que en personas no embarazadas. La **glándula pituitaria** se agranda durante el embarazo y esto se debe principalmente a la proliferación de células productoras de **prolactina** en el lóbulo anterior. Los niveles séricos de prolactina aumentan en el primer trimestre y son 10 veces más altos al término. El aumento de la prolactina es más probable debido al aumento de las concentraciones séricas de estradiol durante el embarazo.

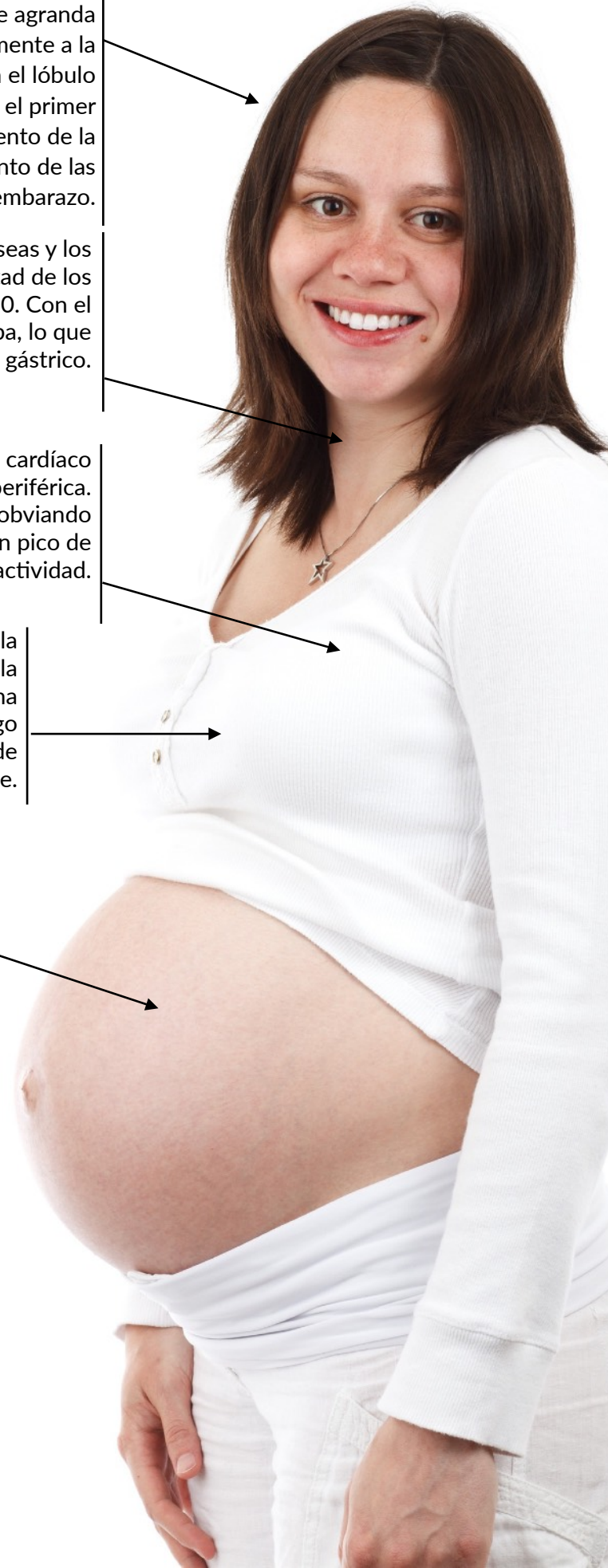
Cambios adaptativos en el tracto alimentario: Las náuseas y los vómitos suelen estar presentes en más de la mitad de los embarazos, normalmente no van más allá de la semana 20. Con el crecimiento del útero el estómago se desplaza hacia arriba, lo que predispone a la embarazada sufrir reflujo gástrico.

Sistema cardiovascular: 8 semanas después el gasto cardíaco aumenta un 20% y se produce una vasodilatación periférica. Aumenta alrededor de un 40% entre las semanas 20-28, obviando el momento del parto, que es cuando se produce un pico de actividad.

Función respiratoria: Existe un aumento del 20% en la demanda de oxígeno durante el embarazo debido a que la tasa metabólica aumenta un 15%. Se produce una sensación subjetiva de falta de aliento, pero sin riesgo alguno. Este fenómeno suele presentarse en situaciones de reposo y mejorar con actividad leve.

Peso: Se estima una ganancia media de 12,5 Kg en mujeres saludables. De esta cantidad, el feto representa el 27%, el 6% es líquido amniótico y el 5% la placenta. El resto corresponde al incremento del tejido materno en útero, mamas, tejido adiposo, volumen sanguíneo y líquido extracelular. Finalmente la media de peso del bebé en embarazos satisfactorios debería ser de unos 3,3 Kg.

Este proceso es uno de los más importantes en la naturaleza y donde se invierte mucha energía en la descendencia, ya sea en un sentido u otro. En el caso del ser humano, además del tiempo de embarazo, existe un proceso de cría y protección del nuevo ser vivo hasta su independencia donde intervienen padres, abuelos y el resto de familiares, asegurándose así la supervivencia de los descendientes.



Feminización de artrópodos por endosimbiontes: *Wolbachia* y otros



Isópodo de la especie *Armadillium vulgare*, hospedador de la bacteria *Wolbachia*. Autor: Walter Siegmund

La determinación del sexo en artrópodos no siempre es acorde a lo normal. En ocasiones, determinados endosimbiontes pueden hacer que los machos se comporten como hembras, bien sea para el propio beneficio del endosimbionte o para el del hospedador. ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuáles son las consecuencias del fenómeno de feminización?

La determinación del sexo en la mayoría de los animales se hace mediante cromosomas sexuales. Por ejemplo, en humanos, las mujeres poseen dos cromosomas X (XX) y los hombres uno X y uno Y (XY). En otros casos ocurre algo similar, aunque se designan a estos cromosomas con otras letras. A veces también se encuentran invertidos, como es el caso de la especie *Armadillium vulgare*, un isópodo

popularmente conocido como *bicho bola* y que es muy común en jardines y céspedes de áreas templadas. En ellos, las hembras tienen dos cromosomas sexuales denominados Z y W (ZW). Mientras tanto, los machos poseen dos cromosomas Z similares (ZZ).

Este es solo un ejemplo de determinación sexual por cromosomas, pero lo interesante es que en poblaciones naturales de este isópodo se encuentran presentes unas bacterias capaces de *cambiar* el sexo del animal. Son del género *Wolbachia*, capaces de hacer que los machos a los que infecten se comporten como hembras a pesar de que genéticamente sean machos, fenómeno denominado feminización. Mientras estén infectando a un hospedador macho logran que este no solo se comporte como una hembra sino que se reproduzca como tal de manera totalmente funcional. Además, gracias a los experimentos realizados, se piensa que la bacteria provoca que el sistema inmune del isópodo sea defectuoso, permitiéndole mantener una interacción a largo plazo con él sin ser eliminada.

El mecanismo por el que las bacterias llevan a cabo la feminización no se conoce con exactitud. Una posible explicación es que impidan la secreción de hormonas andrógenas cruciales en el desarrollo del sexo masculino.

La cuestión es: ¿qué sentido tiene para las bacterias hacer esto? Pues bien, la única manera que tiene el endosimbionte de pasar de un isópodo a otro, o lo que es lo mismo, de propagarse, es a través de los óvulos de un isópodo ya infectado. A través de ellos puede llegar a su descendencia e infectar así a un nuevo individuo. Este fenómeno es conocido como transmisión vertical, esto es, de una generación a la siguiente. Es decir, la única manera de que un isópodo esté infectado es haber nacido así. La bacteria no puede transmitirse a través de los espermatozoides porque estos son muy pequeños y en su interior sólo existe lo necesario para fecundar al óvulo. Sin embargo, el óvulo es de mayor tamaño y contiene todos los componentes

necesarios para que la bacteria se desarrolle en su interior.

En definitiva, una bacteria que se encuentra en el interior de un macho “*tiene los días contados*” pues los machos no forman óvulos y los espermatozoides no sirven para la propagación. He aquí la causa de por qué las bacterias convierten a los machos en hembras.

Pero las bacterias *Wolbachia* no han sido las únicas en ser seleccionadas para superar este problema, sino que los isópodos tienen un gen en uno de los cromosomas autosómicos (es decir, que no definen el sexo) que evita el efecto de la bacteria. Por contraposición, la comunidad científica también han encontrado en el isópodo un factor que provoca feminización y que es independiente a la bacteria. Se piensa que puede ser material genético de *Wolbachia*, que se ha insertado en la especie de isópodo. Se podría decir que existe un conflicto en el isópodo con respecto a la determinación del sexo: posee genes que contribuyen a la aparición de hembras y genes que la reducen.

La consecuencia de todo ello es que la proporción del sexo del isópodo varía constantemente, de manera que la bacteria aumenta la proporción de hembras y el isópodo la mantiene similar a la de machos.

Este fenómeno puede parecer inusual pero, de hecho, es bastante común y *Armadillium vulgare* no es la única especie afectada por las bacterias del género *Wolbachia*. Entre los afectados se encuentran otras especies de artrópodos como las mariposas de la subespecie *Eurema hecabe mandarina*, cuya interacción con *Wolbachia* ocurre en las islas Tanegashima y Okinawa en Japón. Sin embargo, este no es el único caso en que una bacteria influye sobre el sexo de un animal. Existen otras bacterias como *Cardinium* que también son capaces de hacerlo e incluso otro tipo de organismos, como algunos virus, protistas y nematodos, todos ellos clasificados como endoparásitos, capaces de hacer lo mismo que *Wolbachia*.

Eurema hecabe mandarina, otra especie hospedadora de *Wolbachia*. Autor: Alpsdake.



En ocasiones el objetivo de la feminización para la bacteria no es transmitirse a la siguiente generación, es más, no se conoce qué sentido adaptativo tiene (si es que lo tiene). De hecho, en algunos casos, el endosimbionte (por ejemplo, *Wolbachia*) puede ser necesario para el hospedador, bien porque requiere de la bacteria para reproducirse o para que le ayude a completar su alimentación.

En definitiva, la feminización de diversos artrópodos se puede llevar a cabo por endosimbiontes como bacterias, virus, protistas y nematodos. En la mayoría de los casos se desconoce el mecanismo completo y a veces incluso el sentido de la interacción.

Pero se conoce que estas interacciones no son siempre perjudiciales para el artrópodo, sino que también pueden ser beneficiosas. Estas relaciones afectan de manera importante al comportamiento del hospedador, aunque también a su ecología y la manera en la que se distribuye sexualmente la población. Aún queda mucho por saber y quizá elucidar estos mecanismos podría ayudar en áreas aplicadas de la biología como la agricultura y otras disciplinas afines.

Gloria Mesa Gil.

Estudiante de grado de Biología de la Universidad de Sevilla.



SUSCRÍBETE

Tu espacio para la divulgación científica



Por muy poco, podrás disfrutar de muchas ventajas



Escanea el código para proceder a la suscripción.



Vídeos Youtube

Acceso anticipado a los vídeos del canal, y vídeos exclusivos para nuestros suscriptores

Artículos web

En nuestra web podrás disfrutar de artículos divulgativos exclusivos para suscriptores

Revista impresa

Puedes leer la revista impresa en tu dispositivo preferido, y tendrás contenido ampliado.

Suscripción Digital

Lee online todas las revistas y artículos extra

por solo...

0,95€

el primer año*



Escanea el código para proceder a la suscripción.



* Después del primer año, la suscripción es 4€/año



Colabora con nosotros

Si quieres colaborar con nosotros, escríbenos un correo a revista@hidden-nature.com y te enviaremos las normas de publicación para que puedas participar en futuras revistas.

Junta directiva

Victor Pérez Asuaje

Estudiante de Biología. CEO de la revista y canal Hidden Nature. Socio del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos Bioscripts.



Eduardo Bazo Coronilla

Licenciado en Biología. Fue colaborador del grupo de investigación PLACCA (Plantas Acuáticas, Cambio Climático y Aerobiología) en el Dpto. de Biología Vegetal y Ecología de la Facultad de Farmacia (Sevilla). Micófilo.



Francisco Gálvez Prada

Socio fundador del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos - BioScripts. CEO en IguannaWeb y CTO en Hidden Nature.



Pablo Macías

Extremeño, Biólogo graduado y dibujante aficionado. Actualmente continúa formándose en el máster de Ecología en la Universidad de Copenhague.



Paloma Cabezas Blanco

Estudiante de Grado en Biología en la Universidad de Sevilla.



Agradecimientos de imágenes:

- Fotos de anfibios y libélulas en Planeta VIVO por Abel Gordillo González. Foto de *Mantis religiosa* por Вальдимар. Foto de *Delichum urbicum* por Ómar Runólfsson. Esquema de cráneos en "El sexo de los huesos" es un modificado de Herrmann et al., 1990.

Colaboradores

Juan Encina

Graduado en Biología por la Universidad de Coruña y Máster en Profesorado de Educación Secundaria por la Universidad Pablo de Olavide. Colabora en proyectos de divulgación científica desde 2013 como redactor, editor, animador de talleres para estudiantes y ponente.



Ismael Ferreira Palomo

Licenciado en Biología, especialista en zoología, educador y divulgador científico. Actualmente dinamizador de museos en Cantillana.



Gloria Mesa Gil.

Estudiante de grado de Biología de la Universidad de Sevilla.



Claudia López-Morago Rodríguez

Licenciada en Biología, con un Máster en Antropología Física y Forense y terminando un doctorado en Biomedicina. Co-fundadora de la Asociación Andaluza de Antropología Física y aprendiz divulgadora científica.



Manuel Fernández Moreno

Estudiante de Grado en Biología en la Universidad de Sevilla.



Agradecimientos revisión:

Ana Isabel Gómez Blázquez. Grado en bióloga, amante de los perros, las libélulas, y la vida en general.



Revista Hidden Nature

Junta Directiva: Víctor Pérez Asuaje, Francisco Gálvez Prada y Eduardo Bazo Coronilla.

Editado en el Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos **BioScripts** bajo el proyecto **Espacio de Divulgación Científica - Hidden Nature** en Avda. Reina Mercedes 31 Local Fondo, Sevilla, 41012 (España).

ISSN digital: 2531-0178 ISSN impreso: 2531-0402 Depósito Legal: SE 1592-2017

Con el apoyo de



casa de la ciencia
s e v i l l a



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Bio
Scripts_{net} 

www.hidden-nature.com

ISSN 2531-0402



9 772531 017802

PVP Recomendado - 1.50€

Número 5 · 1T/2019