

Los secretos del sexo

Alba Oliver Parra

El sexo es un tema que a todo el mundo le llama la atención, pero más allá de lo que la gente suele tener en mente se esconde un mundo fascinante en que el sexo es protagonista. En este artículo pondremos el sexo bajo el microscopio y analizaremos cada una de sus facetas, enfocándonos en el ser humano pero sin olvidar que el sexo se encuentra presente en multitud de organismos y que puede adoptar muchas formas distintas. Trataremos de dar respuesta a preguntas relacionadas con la sexualidad humana como ¿para qué sirve el sexo?, ¿por qué existen hombres y mujeres?, ¿qué define la orientación sexual?, ¿qué ventajas presenta el sexo respecto a la reproducción asexual?...Y finalizaremos con una entrevista a uno de los autores del libro “¿Para qué sirve el sexo?” de Publicaciones UB, en la que veremos que la reproducción sexual va mucho más allá de la simple cópula que conocemos, pues adquiere multitud de estrategias en el mundo animal.

Sexo para todos: la reproducción sexual

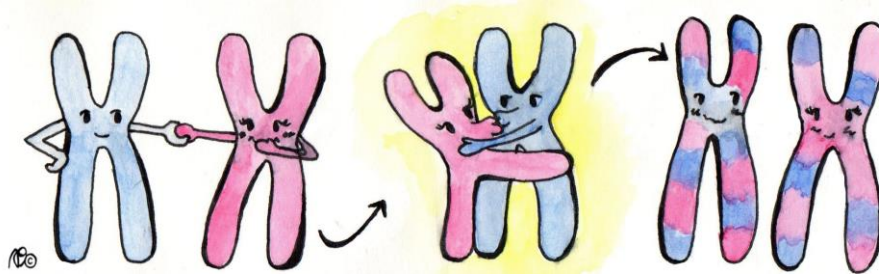
El sexo en sentido biológico se define como una mezcla de genes que proviene de un mínimo de dos fuentes diferentes. Es la acción que permite la unión de los gametos masculino y femenino para la formación del cigoto, es decir, la fecundación.

La reproducción es una característica común de todas las formas de vida conocidas, pero el sexo no es ni mucho menos la única vía que existe. La reproducción asexual, con todas sus variantes, se encuentra en muchos seres vivos. Sin embargo, la reproducción sexual está prácticamente presente en todos los organismos eucariotas y la gran mayoría de los organismos complejos practica el sexo, incluyendo plantas y animales que son obligatoriamente sexuales. Y los humanos no somos la excepción.

El sexo empieza con un baile de genes: la meiosis

Los humanos, como casi todos los organismos eucariotas multicelulares, somos diploides (2n), es decir, en nuestras células hay dos copias de cada uno de nuestros genes, una proveniente del padre y otra de la madre, encerradas en los 46 cromosomas que contiene nuestra especie. Esto es así salvo en los gametos, óvulos y espermatozoides, células haploides (n) que como tales incluyen tan solo una copia de cada gen.

Ya que todas nuestras células son diploides y surgimos del cigoto, también diploide, es necesario que durante la formación del individuo, algunas células se dividan de forma distinta a la típica división celular por mitosis donde se obtienen dos células idénticas diploides, de manera que estas reduzcan su material genético de dos copias a una sola para luego juntarse en la fecundación y dar lugar al organismo diploide. Esto se consigue mediante la meiosis, proceso clave para el sexo.

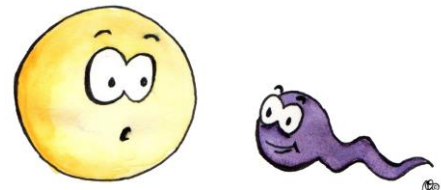


La meiosis empieza duplicando todos los cromosomas para contener cuatro por célula. Una vez están todos presentes se mueven por la célula en busca de sus parejas, también conocidas como cromosomas homólogos. Durante un rato, se agarran fuertemente a sus parejas y aprovechan para intercambiar algunos fragmentos de ADN homólogos conduciendo a la formación de cromosomas totalmente nuevos, cada uno con un poco de aquí y un poco de allá, unos pocos genes paternos y otros pocos maternos. Después de esta recombinación ambos componentes de la pareja se alejan danzando hacia polos opuestos de la célula y esta se divide en dos células hijas que vuelven a dividirse de nuevo dando lugar a cuatro células nietas cada una de las cuales tienen un solo conjunto de cromosomas únicos.

Durante la meiosis se da recombinación entre cromosomas homólogos.

Dos sexos para que haya sexo: el sexo del individuo

Para que se permita la fecundación, es necesaria la fusión de dos células con genoma distinto pero complementario. Esto no implica obligatoriamente la necesidad de que haya dos sexos, simplemente hacen falta dos individuos con genomas distintos y complementarios, es decir, con los mismos genes pero distintas variantes. Sin embargo, no tiene sentido que ambas células tengan que aportar orgánulos celulares como son las mitocondrias y otros componentes del citoplasma ya que con que tan solo una de ellas los posea la célula resultante será viable. De esta manera, tan solo se requiere que una célula aporte el núcleo y el citoplasma, y la otra solamente el núcleo para conseguir la dotación cromosómica correcta de la especie. Y así sucede: el espermatozoide solo aporta el núcleo, mientras el óvulo aporta además del núcleo, el citoplasma y algunos orgánulos necesarios como las mitocondrias.



La formación de distintos tipos de gametos lleva a que los organismos, según aporten uno u otro, es decir, según su papel durante la reproducción, requieran una fisiología distinta. Y aquí es donde entran en juego los cromosomas sexuales, cromosomas específicos que contienen los genes necesarios para la formación del sexo individual.

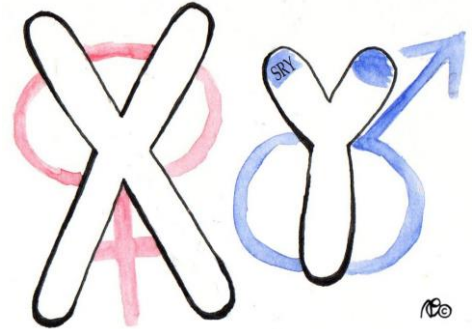
Los cromosomas que determinan el sexo, X e Y, constituyen una pareja de lo más extravagante. Mientras los 22 pares de cromosomas restantes de nuestras células parecen estructuras gemelares, del mismo tamaño y que contienen los mismos genes, el par de cromosomas sexuales no podría ser más dispar: el cromosoma Y es mucho más canijo que el X y aloja muchos menos genes. De hecho, los cromosomas X e Y fueron, hace millones de

La determinación del sexo viene dada por los cromosomas sexuales X e Y, que hace millones de años fueron parejas equivalentes.

años, parejas equivalentes como el resto de cromosomas autosómicos, pero a lo largo de la evolución se acumularon mutaciones en el cromosoma Y que hicieron imposible la recombinación con el X y así fueron quedando aislados uno del otro, originándose el cromosoma Y, determinando que algunos embriones heredasen ese cromosoma cambiado y surgieran los machos. Y así aparecieron los dos sexos de fisiología distinta, cada uno de los cuales juega un papel diferente durante la reproducción al generar distinto tipo de gametos. Pero, ¿cómo los cromosomas sexuales determinan el sexo del individuo?

Si no hay una orden contraria el embrión se desarrollará hembra: en ausencia de gen SRY el feto acontece hembra.

El cigoto resultado de la fusión del óvulo con el espermatozoide se desarrolla por divisiones mitóticas de igual manera, ya contenga dos cromosomas X o un cromosoma X y uno Y, hasta la semana 6-7 de gestación. En ese momento, la determinación del sexo en las gónadas, que hasta entonces se encuentran en un estadio indiferenciado, es impulsada hacia testículos o hacia ovarios según el embrión contenga el juego cromosómico XY o XX, respectivamente. La zona que confiere el sexo de macho se encuentra en el cromosoma Y, y es el gen SRY (*sex determining región Y*), que codifica para una proteína que conduce a la formación de los testículos. En ausencia de cromosoma Y, no habrá gen SRY y las gónadas se diferenciarán a ovario. A partir de ese momento, las gónadas diferenciadas empezarán a producir distintas hormonas: los testículos producen testosterona, hormona que activa algunos genes y reprime otros esculpiendo la morfología típica masculina; y los ovarios producen estrógenos, conduciendo a los caracteres típicamente femeninos.



Comportamiento e identidad sexual: el sexo del cerebro

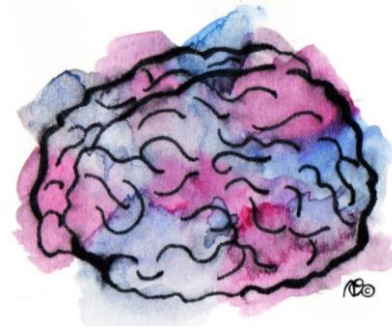
La división en hombres y mujeres no termina con el sexo genital, sino que ambos sexos expresan peculiaridades muy distintas no solo anatómicas sino también conductuales.

En el apartado anterior hemos visto cómo se forma el sexo gonadal en el feto gracias a los cromosomas sexuales; pero una vez formados los aparatos reproductores correspondientes, las hormonas son las que pasan a jugar un papel clave en el establecimiento de la identidad sexual. No solo contribuyen a esculpir las morfologías típicas de cada sexo, sino que bañan el cerebro del individuo confiriéndole una identidad y un comportamiento sexuales. Durante el desarrollo embrionario hay más de 130 genes que funcionan de manera diferente en según el sexo del individuo, generando diferentes cócteles o concentraciones hormonales que modelan el cerebro de manera específica; y en adultos también ocurre.

Las hormonas sexuales bañan el cerebro y le aportan la identidad sexual.

Los órganos sexuales liberan hormonas sexuales, en mujeres los estrógenos y en hombres los andrógenos (entre los que destaca la testosterona), hormonas para las que el cerebro presenta una elevada sensibilidad. Sin embargo no son hormonas exclusivas de sexo, ya que en ambos

sexos se producen tanto estrógenos como andrógenos y solo varía la cantidad, pudiendo haber una combinación infinita de concentraciones hormonales. La sexualidad, por tanto, es un continuo, ya que lo que define la masculinidad y la femineidad desde un punto de vista biológico es el entorno hormonal, y es precisamente esto lo que explica la enorme diversidad de conductas sexuales que se observan en el ser humano.



Hay que tener en cuenta, no obstante, que no todo el cerebro es igual de sensible a las hormonas sexuales. Las capas más internas del cerebro, como la amígdala y el hipotálamo que se encargan de la regulación de las emociones y de funciones básicas, son tremendamente similares a las del resto de animales. Por encima de este cerebro más primitivo se encuentran las capas más externas, responsables del razonamiento y de funciones superiores. Las zonas con elevada sensibilidad a hormonas sexuales y, por consiguiente, zonas de elevado dimorfismo sexual cerebral, son precisamente las pertenecientes a capas más primitivas implicadas en el comportamiento sexual, como la amígdala, que se ha relacionado con la agresividad y es mayor en hombres que en mujeres. Estas diferencias cerebrales constituyen comportamientos divergentes en la actividad copuladora, evidentemente necesarios debido a la existencia de dos sexos que han de complementarse para conseguir la reproducción.

El instinto sexual: el sexo como necesidad

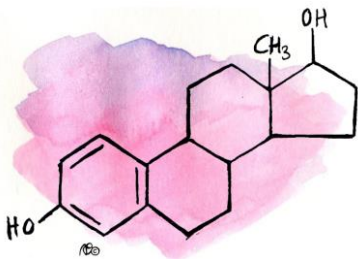
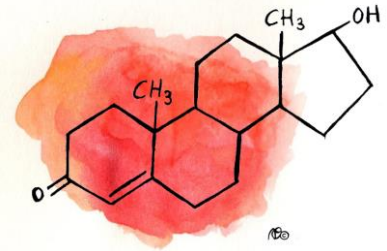
Nuestros genes nos definen. Cada carácter de un ser vivo está determinado por un fragmento de una molécula de ADN que contiene la receta para fabricar una proteína. Y esto no excluye el comportamiento, como ya hemos recalado. Bajo el dominio de los genes, las fuerzas que constituyen el fundamento de la vida son tres: la alimentación, la supervivencia y la reproducción. Pero en el fondo los tres persiguen el mismo objetivo: la perseverancia de los genes, la transmisión de estos entes genéticos a la siguiente generación.

El concepto del gen egoísta es bien conocido. Los genes hacen lo posible para perpetuarse en el tiempo y nosotros como organismo somos su vehículo. Para poder lograrlo en una especie sexual, el individuo portador ha de sobrevivir lo suficiente como para llegar a la edad reproductora y reproducirse. Llegada la edad biológica reproductora, nuestros genes activan vías que conducen a la aparición del instinto sexual, que persigue el único fin de la reproducción. Las hormonas son el lenguaje interno del cuerpo y van claramente ligadas al comportamiento: mediante la activación de ciertas vías se potencia la síntesis y aparición de determinadas hormonas que viajan por el torrente sanguíneo inundando nuestro cuerpo y cerebro y dirigiendo nuestro comportamiento. De la misma manera que cuando los niveles de glucosa en sangre bajan aparece la sensación de hambre y esto nos impulsa a comer, ciertas hormonas conducen al apetito sexual y condicionan nuestro comportamiento lanzándonos a la búsqueda de la satisfacción de esa necesidad.

**El deseo sexual
es una sensación
que no dista
mucho del
hambre.**

Existen diferentes hormonas que forman parte de la química del comportamiento sexual, actuando como hilos invisibles de una marioneta, entre las que destacan la testosterona, los estrógenos y la progesterona.

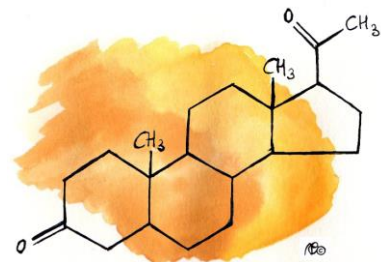
La testosterona es conocida como hormona del deseo sexual. Segregada principalmente por los testículos y las glándulas suprarrenales, además de actuar en los hombres masculinizando el cuerpo tanto en el desarrollo embrionario como en la pubertad, presenta un papel en el comportamiento aumentando la agresividad y manteniendo la libido. En los ovarios y glándulas suprarrenales femeninas se producen ciertas cantidades de testosterona también, pero ni mucho menos a niveles masculinos. En hombres, por tanto, guarda una clara y directa relación con el comportamiento sexual, mientras en las mujeres su relación con el deseo sexual no es tan directa y diversos estudios creen que la gran variedad de respuesta a niveles de testosterona en mujeres depende de la cantidad de receptores de la hormona que estas posean.



Los estrógenos son las hormonas de feminidad. Producidas en los ovarios se encargan de feminizar el cuerpo durante la pubertad y regulan el ciclo menstrual, adquiriendo niveles máximos entre los días 5 y 14 del ciclo, durante la fase de maduración del oocito. Tras la ovulación disminuyen y se mantienen niveles mínimos. Contribuyen a la lubricación vaginal, la irrigación sanguínea hacia los genitales, aportan bienestar y modulan el comportamiento generando actitudes más femeninas y seductoras. Por lo

susodicho, podemos concluir que tiene un papel en el comportamiento sexual, empujando a las mujeres a mostrarse más coquetas durante la fase previa a la ovulación. Aunque en los hombres también se producen ciertos niveles de estrógenos, estos son mínimos y no se ha visto ninguna correlación de estos con el comportamiento sexual masculino.

La progesterona, conocida como hormona de la maternidad, es la hormona que mantiene la gestación. Sus niveles aumentan tras la ovulación y disminuyen al final del ciclo si no se ha producido el embarazo. Se especula que puede participar en el deseo sexual femenino.



Los esteroides sexuales, entre otras hormonas, juegan un importante papel en el instinto sexual.

En resumen, podemos decir que los andrógenos, como la testosterona, son el detonante inexcusable de la excitación sexual, pero en mujeres es más complejo, pues las oscilaciones cíclicas de estrógenos y progesterona añaden matices que marcan periodos de mayor o menor receptividad erótica, notándose un pico de aumento de la libido hacia la mitad del ciclo.

Estas tres hormonas anteriores son los esteroides sexuales, las hormonas del instinto sexual más renombradas, pero existen otras hormonas que también desarrollan una labor importante. La

prolactina es una hormona inhibidora del deseo que desencadena la producción de leche en los pechos y que se ha visto que presenta niveles elevados tras el orgasmo, hecho que podría relacionarse con la sensación de saciedad tras el acto sexual. La dopamina, hormona de la motivación y el placer, involucrada en procesos de adicción, estimula la producción de testosterona incrementando el deseo sexual. Mas el instinto sexual no solo se manifiesta en la mente, sino que comporta una excitación corporal, que viene dirigida por otra hormona, la noradrenalina, que prepara nuestro cuerpo para la acción.

A pesar del papel conocido de estas hormonas, las personas son distintas en todo, también en su grado de interés por el sexo, y esto no dependerá solo de sus niveles hormonales. Por ejemplo, se han encontrado polimorfismos, pequeñas diferencias en el ADN, en el gen que codifica para un tipo de receptor de la dopamina (D4), correlacionados con el grado de interés que se le atribuye al sexo, la excitación y el propio comportamiento sexual.

En busca y elección de una pareja: la atracción

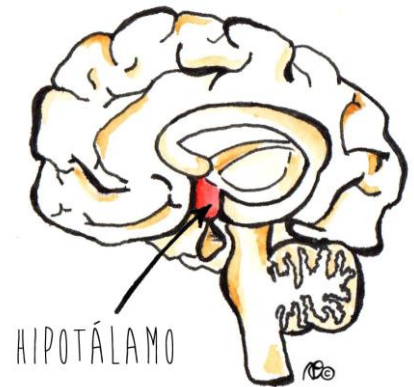
Los genes a través de sus productos ya sabemos que nos empujan sutilmente a reproducirnos, igual que nos empujan a comer. Ahora bien, hemos de encontrar a alguien con quién reproducirnos y para ello necesitamos mecanismos que nos permitan percibir a los individuos con los que hemos de hacerlo con el fin de generar descendencia y que nuestros genes no se vayan a la tumba con nosotros.

Se han hallado diferentes áreas cerebrales que presentan dimorfismo sexual y relacionadas con la orientación sexual, principalmente en el hipotálamo, el santuario cerebral del sexo,

El hipotálamo, que presenta un elevado dimorfismo sexual, se ha relacionado con la orientación sexual.

entre las que encontramos el área preóptica del hipotálamo anterior, a la que se le ha dado el nombre de núcleo dimórfico sexual, más grande en hombres que en mujeres (como dato curioso, este núcleo en hombres homosexuales presenta un tamaño más similar al que muestran las mujeres, pero aun no hay evidencias de que en mujeres homosexuales presente un tamaño más similar al que tienen los hombres, por lo que todavía está en suspense su papel en la

homosexualidad). Este sería tan solo un ejemplo de cómo nuestros genes garantizan la búsqueda de la pareja al desarrollar centros nerviosos capaces de identificar la persona adecuada para lograr una eficaz reproducción.



La mayor parte de los mecanismos que determinan la atracción sexual se fijan antes del nacimiento. Se ha visto que ambientes intrauterinos con estrógenos abundantes (típico en feto XX) modelan el cerebro conduciendo a una tendencia a sentir atracción por los hombres, mientras que ambientes embrionarios abundantes en hormonas masculinas (típico en fetos XY) darían atracción por las mujeres.

Aunque el cerebro es el centro de mando al que llegan todas las señales y que dirige nuestro comportamiento, además del sentido de la atracción por el sexo contrario, hace falta que se

sea capaz de percibir a la pareja potencial y esta función la desempeñan los sentidos. Los órganos sensoriales emiten señales hacia áreas cerebrales concretas que llevan la etiqueta de agradable o molesto según el tipo de sensor estimulado.

Nuestros cerebros están programados para detectar y considerar sexualmente atractivos aquellos estímulos indicadores de mayor potencial reproductor, así que habrá una cierta tendencia a que nos llamen la atención atributos indicadores de vitalidad y fertilidad: la vitalidad garantiza mayor posibilidad de sobrevivir y la fertilidad una mayor probabilidad de reproducción exitosa.

En muchos animales el sentido del olfato es fundamental para la elección de pareja. Se ha visto incluso la presencia de un órgano olfativo distinto al sistema clásico olfativo, denominado órgano vomeronasal, implicado exclusivamente en la detección de olores sexuales. Estos mensajeros químicos sexuales que actúan de manera silenciosa y son intercambiados por miembros opuestos en busca de pareja, se han denominado feromonas, cuya existencia ha sido altamente demostrada en animales como el ratón. Sin embargo, en

humanos es más complejo. Aunque este órgano especializado en detectar feromonas no se ha encontrado en el ser humano, no se descarta la posibilidad de que en humanos las feromonas puedan desenvolver algún papel. De hecho, se han hallado vestigios de órgano vomeronasal que conectan con el cerebro olfativo por una vía que procesa señales químicas de manera inconsciente y se ha encontrado un nervio, el nervio 0, que al igual que el olfativo envía sus terminaciones a la nariz. Poseemos al menos seis de los genes que poseen los ratones para fabricar receptores de feromonas y se han testado diferentes hormonas llegando a la conclusión de que presentan cierto potencial feromónico. Dos de las hormonas puestas a prueba son el 4,16 androstadien-3-ona (AND), un derivado de la testosterona secretado en el sudor axilar masculino, y el estra-1,3,5(10),16-tetraen-3-ol (EST), una molécula estrogénica secretada en orina femenina. Se ha visto que, a concentraciones inferiores al umbral odorífero, pueden activar regiones cerebrales distintas en hombres y mujeres, y entre hombres heterosexuales

y homosexuales: el derivado de la testosterona, AND, obtiene una activación equivalente en regiones del hipotálamo anterior en mujeres y en hombres homosexuales, pero no en hombres heterosexuales. En cambio, la molécula estrogénica, EST, tan solo dio activación en los varones heterosexuales, en otras regiones del hipotálamo más medial.

Otros estudios han probado que existe una preferencia a la hora de considerar atractiva a una persona según un tipo de macromolécula: el complejo mayor de histocompatibilidad (MHC), en concreto el antígeno leucocitario humano (HLA). Estas proteínas recubren la superficie exterior de los glóbulos blancos y determinan qué tipo de invasores externos es capaz de identificar y destruir nuestro organismo. El complejo MHC está codificado por el conjunto de genes más diverso que se conoce entre los vertebrados y cada uno de nosotros tiene un juego diferente de genes MHC. Cuanto mayor sea la diversidad de estos genes, más robusto será el

El papel de las feromonas en el ser humano es objeto de controversia, pero hay evidencias de que existen.



sistema inmune y mejor equipados estaremos para luchar contra las enfermedades porque tendremos un ejército de soldados que será capaz de identificar una mayor gama de invasores. Aunque no se sabe todavía exactamente cómo influyen los genes MHC en nuestro olor corporal, se ha visto que las personas se sienten más atraídas hacia los olores de parejas que presentan un conjunto de genes MHC más distinto al suyo. De igual manera el olor guardaría relación con el estado de salud del individuo.

También se ha observado que las secreciones vaginales son olfativamente más atractivas para los varones durante la ovulación que durante las otras fases del ciclo, coincidiendo con el momento máximo de posibilidad reproductora. Y se ha estipulado que los besos pueden jugar algún papel en el intercambio de feromonas, pues los movimientos de la boca agudizan el sentido del olfato y aumentan nuestra capacidad de percibir olores y sustancias químicas. Y es que el hecho de que tengamos los labios más gruesos que el resto de animales, que nos besemos y que este acto sea raro en la naturaleza, implica que ha de haber alguna explicación más allá de un simple tema cultural: puede que al no presentar un órgano especializado en la captación de feromonas, los besos permitieran detectar mejor los olores.



Como vemos hay evidencias de que exista un posible papel feromónico en la atracción humana, pero sigue siendo objeto de controversia debido al deterioro que el órgano vomeronasal ha presentado en nuestra línea evolutiva. El hecho de que poseamos tan solo vestigios de órgano vomeronasal implica que tuvo que haber otro sentido que cubriera la necesidad de sentirse atraído hacia otro individuo con fines reproductores. Nuestros antepasados, los primates, vivieron durante millones de años en las copas de los árboles y esto requirió desarrollar una gran visión, en detrimento de otros sentidos como el del olfato. Con el sentido de la vista desarrollado y la posibilidad de observar color, se vuelve prescindible la necesidad de percibir olfativamente cuando la hembra está dispuesta para copular: tan solo con observar las tumefacciones vaginales o las coloraciones rojizas que presentan las hembras durante el periodo fértil ya pueden percibir cuando la hembra está lista para reproducirse. Si bien en humanos ya no puede verse el periodo fértil del ciclo de las mujeres, el sentido de la vista sigue desempeñando un papel importante en la atracción. Por norma general, encontramos atractivos signos de juventud como el tono muscular y la tersura y elasticidad de la piel, signos de fertilidad como una proporción de cadera ancha y cintura estrecha en mujeres indicando que el parto puede suceder con menos complicaciones y que no hay ya un embarazo, respectivamente, y signos de simetría como indicadores de resistencia a enfermedades y buena composición del cuerpo, pues alteraciones en el desarrollo pueden dejar asimetrías y su ausencia podría denotar una mejor calidad genética (el cuerpo se desarrolla mediante divisiones celulares progresivas y sincronizadas

El órgano vomeronasal capta las feromonas en los animales, pero en humanos es vestigial.

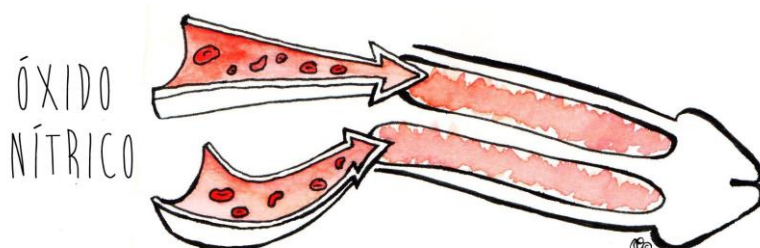
donde si cada división fuera perfecta deberíamos obtener simetría). La adaptación más curiosa de este último hecho es que nuestro cerebro tiene la capacidad de detectar y responder ante la más mínima asimetría de manera totalmente inconsciente. También hay rasgos faciales considerados más atractivos que otros que podrían relacionarse con niveles hormonales, pues las mujeres suelen preferir hombres con rasgos angulosos y marcados, resultado de la masculinización por parte de la testosterona, y los hombres prefieren mujeres con caras aniñadas, signo de feminización y juventud.

3, 2, 1... ¡Acción!

Estando dotados de los gametos correspondientes, de instinto sexual y de la capacidad de percibir a las personas con las que emparejarnos, ¡solo nos falta tener la maquinaria necesaria para ponernos manos a la obra!

Como ya hemos ido dejando caer a lo largo del artículo, hay dos sistemas que gobiernan la comunicación y el funcionamiento de nuestro cuerpo: el sistema nervioso, regulado por señales eléctricas y neurotransmisores (que pueden ser hormonas), y el sistema endocrino, que sintetiza las hormonas, los mensajeros del organismo. Si nos centramos en el sistema nervioso, este puede ser clasificado en sistema nervioso somático y sistema nervioso autónomo. En el acto sexual interviene la parte autónoma, que regula de manera automática reacciones y procesos involuntarios, y que tiene dos estadios diferenciados: sistema nervioso autónomo parasimpático y simpático. El parasimpático se activa en condiciones normales de relajación, con digestión activa, esfínteres relajados, irrigación hacia órganos internos y predisposición al acto sexual. En cambio, el simpático está diseñado para hacernos reaccionar en caso de estrés repentino, conduciendo a bronquios dilatados con mayor entrada de oxígeno, aumento del ritmo cardíaco, secreción de adrenalina que nos mantiene alerta y supresión del instinto sexual.

En el hombre, el sistema nervioso parasimpático controla la erección. El pene humano, a diferencia del resto de primates y la mayoría de mamíferos, que poseen huesos peneanos permitiendo un apareamiento más rápido, es blando hasta que no resulta indispensable. El endurecimiento del pene se da gracias a un aumento en la irrigación de sangre que llena dos cavidades laterales que lo recorren. Esto es posible cuando el sistema nervioso parasimpático está activo y hay estimulación sexual, que conduce a una liberación de óxido nítrico en el pene induciendo una relajación de las paredes de las arterias que lo irrigan permitiendo que entre la sangre. Por el contrario, el desencadenamiento del orgasmo masculino, esencial para la reproducción ya que conduce a la liberación de los espermatozoides, tiene lugar gracias a la activación del sistema nervioso simpático.



La erección del pene tiene lugar gracias a la liberación de óxido nítrico en los vasos que lo irrigan.

Aunque el orgasmo femenino no sea imprescindible para la fecundación, se hipotetiza que contribuye.

En la mujer la excitación sexual no es tan evidente como en los varones, sin embargo, se ha visto que en condiciones de fogosidad sexual, incrementa la irrigación sanguínea hacia los genitales femeninos, gracias también al óxido nítrico secretado, conduciendo a un hinchamiento de los labios vaginales, además de incrementarse la lubricación, procesos en los que están implicados los estrógenos. Aunque el orgasmo femenino es raro o casi ausente en el reino animal y no es esencial para la fecundación, se han postulado diversas teorías sobre su papel en el ser humano. Una de las más aceptadas hace referencia al bipedismo: al volvernos bípedos la posición de la vagina pasa a ser vertical y hay riesgo de perder el esperma que acaba de ser liberado. Una de las adaptaciones que se darían para evitar ese hecho sería el aumento del tamaño del pene, que en humanos es mucho mayor al resto de primates (aunque sus dimensiones sean fuente de angustia para muchos), a fin de colocar el esperma lo más profundo posible. Pero otra pudo haber sido el orgasmo femenino, que forzaría a cierta somnolencia justo después del acto y a sentir la necesidad de estar un rato tumbada, hecho que permitiría el avance de los espermatozoides. Además, al darse contracciones, estas podrían tener una función aspirativa.

Independientemente de que el orgasmo sea esencial o no para la fecundación, es evidente que es fuente de placer. El placer sexual se produce por la liberación en el cerebro de hormonas y neurotransmisores como la endorfina, oxitocina y serotonina, que conducen a la activación de ciertas regiones cerebrales como el núcleo accumbens, implicado en los sistemas de recompensa y dirigido por la dopamina, que aportan una sensación de bienestar. Y es precisamente mediante el placer que el instinto sexual favorece su realización, y es que si el sexo no fuera divertido y no sintiéramos un impulso natural hacia él, nadie lo practicaría.

¡Qué complejo es el sexo! La batalla entre reproducción asexual y sexual

La sexualidad no ha sido imprescindible para la evolución, de hecho se calcula que más de 2.000 especies se han desarrollado a lo largo de la evolución sin sexo alguno. Vista la complejidad del sexo y habiendo claras alternativas con fines reproductores, ¿cómo ha llegado a ser un mecanismo reproductor tan extendido? En este punto analizaremos las ventajas e inconvenientes que supone la reproducción sexual respecto a la asexual. ¡Que comience el combate!

Primer asalto: la tasa de reproducción

En una especie asexual, las células clónicas se dividen generando dos células hijas, cada una de las cuales producirá dos células hijas, y así sucesivamente, conduciendo a un crecimiento poblacional exponencial. Tan solo se requiere una célula madre que duplica su material genético para luego dividirse en dos mediante la mitosis.

En cambio, si una célula sexual precursora de gametos produce dos células hijas, los gametos, estas han de fusionarse entre sí para generar un nuevo individuo que pueda aportar otras dos células hijas, ya que los gametos tan solo contienen un juego de cromosomas y requieren unirse a otra célula para conducir a la obtención de una nueva célula diploide que generará un nuevo individuo.

De este modo, una población asexual duplica su tamaño en cada generación mientras una sexual tan solo mantiene el mismo tamaño.

Segundo asalto: energía requerida

Resulta evidente pensar que es más costoso tener que formar unas células especializadas en la reproducción que simplemente dividir las células obteniendo un nuevo individuo sin necesidad de tener que generar gametos, buscar una pareja, cortejarla y lograr tener sexo.

El coste doble del sexo se pone de manifiesto en que para formar los gametos se necesita que las células pierdan la mitad de su material genético para luego fusionarse con el gameto del sexo contrario y volver a obtener las copias necesarias. Esto en la reproducción asexual te lo ahorras.

Pero aún hay más. En una especie asexual no es necesaria la existencia de más de un sexo, mientras en una sexual se requiere invertir energía en la diferenciación de sexos en el individuo, con todo lo que esto conlleva: comportamientos típicos antes del apareamiento, seducción de la pareja, formación diferencial de gametos...Es el conocido como "coste de los machos". Si una hembra fuera capaz de producir óvulos que sin ser fecundados por los machos se desarrollaran para formar hijas y estas tuviesen la misma capacidad que las madres no se necesitarían machos, se gastaría menos energía y además la tasa de reproducción aumentaría.

La reproducción asexual consigue invirtiendo menos tiempo y energía, una mayor tasa de reproducción.

Tercer asalto: tiempo gastado

Este punto enlaza con el anterior. Un organismo sexual no solo ha de invertir más energía en la reproducción que uno asexual, sino que además requiere más tiempo para reproducirse. La reproducción sexual exige que intervengan en el proceso dos individuos de la misma especie, macho y hembra, que bajo determinadas circunstancias han de encontrarse, atraerse irresistiblemente y entregarse a la reproducción para conseguir la fecundación. Esto resulta mucho más improbable a corto plazo que el hecho de que un organismo se divida en un momento determinado sin requerir para ello una pareja, como ocurre con especies asexuales.

Cuarto asalto: peligros

El sexo implica riesgos muy diversos en la naturaleza. Desde no encontrar pareja y por tanto no poder reproducirte a ser depredado mientras estás ocupado en pleno acto. Además, la reproducción sexual obliga a comportarse específicamente antes del apareamiento a fin de seducir a una pareja potencial y posiblemente, a competir con otros individuos por aparearte con esta. Todo esto, en el mundo animal, puede conllevar peligros importantes para la supervivencia individual.

El instinto de supervivencia del individuo suele guiar todas sus acciones, lo empuja a comer cuando requiere energía y a huir cuando hay un depredador. Pero un instinto más fuerte que el de supervivencia individual es el de la supervivencia de los genes, que se pone de manifiesto con el instinto sexual. Los comportamientos sexuales suelen ser fatigosos y grandes consumidores de energía, además de suponer una amenaza al llamar la atención cuando lo

más útil para sobrevivir es pasar desapercibido. En el reino animal la seducción aparece de formas muy diversas, desde coloraciones vistosas hasta cánticos y danzas, características y acciones potencialmente mortales al llamar la atención no solo de una pareja sino de posibles depredadores. ¡Y en algunos animales hasta el acto en sí consiste un peligro para el macho! La mantis religiosa, por ejemplo, puede llegar a cortarle la cabeza al macho en pleno acto si está hambrienta y aun así los machos se entregan voluntariamente al sexo. ¡Con lo fácil que sería clonarse en un momento determinado evitando todos estos dolores de cabeza!



Con la reproducción sexual comprometes mucho más la supervivencia individual.

El instinto sexual es, por tanto, un poderoso motor que nos empuja a tomar riesgos innecesarios para la supervivencia del individuo. Y esto también ocurre en nuestra especie actualmente ya que, si bien no debemos preocuparnos por depredadores durante el acto, no podemos olvidar la existencia de las enfermedades de transmisión sexual, que no impiden al ser humano tomar riesgos con tal de satisfacer sus instintos.

Quinto asalto: transmisión de los genes

Durante la formación de los gametos los cromosomas se recombinan, fusionando fragmentos de uno con el de otro, dando así lugar a nuevas combinaciones de genes que seguramente nunca se habían visto antes. En los nuevos cromosomas habrá retazos de genes de nuestra madre y otros de nuestro padre, contenidos en el gameto haploide, que se fusionará y dará lugar al cigoto que formará el nuevo individuo durante la fecundación.

El hecho de que una célula diploide pase a ser haploide mediante la meiosis conduce a que tan solo el 50% de los genes de cada uno de los progenitores podrá llegar a la descendencia, cosa que no ocurre en los organismos asexuales, que transmiten el 100% de sus genes a la descendencia. Si lo que les interesa a los genes es sobrevivir y pasar a la descendencia, ¿cómo se explica que hayan permitido la aparición de la reproducción sexual?

La transferencia de genes es del 100% en la reproducción asexual, mientras en la sexual solo del 50%.

Con el sexo, no solo pierdes la posibilidad de transmitir el 100% de tus genes a la descendencia, sino que además se desmontan combinaciones de alelos que han demostrado ser exitosas en un ambiente concreto. Al recombinar genes durante la meiosis, el sexo hace malabares con estos y convierte la reproducción en una situación de puro azar, donde las combinaciones pueden ser muy buenas o muy malas, pasando por todo un abanico de combinaciones intermedias. La baraja de genes cambia en cada generación, impidiendo la posibilidad de crear una copia exacta de un genio y en la otra cara de la moneda, el sexo puede conducir directamente a la enfermedad o la muerte por una mala combinación, mientras un simple clon no.

En este punto entra también en juego la selección sexual. Este concepto hace referencia a que en la evolución de las especies, no solo está actuando la selección natural, sino que además existe una selección intraespecífica (dentro de una misma especie) en la que las hembras, generalmente, escogen a sus parejas de acuerdo a ciertos caracteres masculinos que no necesariamente irán ligados a favorecer la supervivencia del individuo. La cornamenta que presenta el alce es un claro ejemplo de carácter inútil para la supervivencia, pues es pesado y costoso energéticamente, y expone a una mayor probabilidad de ser visto por los depredadores, y que aun así es seleccionado positivamente por las hembras, que se sienten más atraídas por machos con una cornamenta mayor. Estos serán los que tendrán más probabilidad de reproducirse y de esta manera, transmitir sus genes a la descendencia. En cambio, otros individuos no conseguirán reproducirse y así, en la reproducción sexual, habrá organismos que no conseguirán transmitir ni el 50% de sus genes.

No todos los organismos que sobreviven a la selección natural podrán dejar descendencia debido a la selección sexual.

¿Por qué una especie sacrifica sus máximos intereses de transmitir la totalidad de sus genes reproduciéndose clónicamente por una estrategia reproductora que disminuye la capacidad de que los genes presentes lleguen a la descendencia? Alguna ventaja debe suponer la reproducción sexual frente la asexual.

Sexto asalto: variabilidad

La selección natural es el motor de la evolución (dejando de lado la selección sexual). Es el “ojo ciego que todo lo ve” y que actúa a través de modificaciones en el éxito reproductor: aquel individuo que posea características más favorables en un ambiente concreto para su supervivencia, tendrá más probabilidades de reproducirse y generar descendencia. Así, estos caracteres favorables irán siendo seleccionados con el tiempo modificando la genética de la población en general.

Para que haya evolución, por tanto, es muy importante que exista variabilidad. Además, los ambientes son cambiantes y es necesario adaptarse. La evolución no es un proceso que pueda pararse y todas las especies evolucionan. La “hipótesis de la Reina Roja” pone de manifiesto la necesidad de variabilidad:

La variabilidad es necesaria para mantener el *statu quo*.

“Aquí, como ves, tienes que correr todo lo que puedas para seguir estando en el mismo sitio”. El ambiente es cambiante y no está solo constituido por factores físicos, sino también por otros seres vivos que evolucionan continuamente. Al igual que el ser humano como especie evoluciona y se adapta a los cambios, también lo hacen los parásitos, nuestros mayores enemigos, seres que superan en número a las especies de vida libre en una proporción de 4 a 1. A lo largo de la historia de la humanidad, la principal fuerza de selección natural durante las migraciones humanas han sido los parásitos, en especial los intestinales. Y son capaces de evolucionar tan rápidamente que no tardan en adaptarse a su huésped, por lo que si la población huésped es idéntica genéticamente, el parásito tiene a toda la población a su entera disposición. Sabiendo esto, resulta de lo más conveniente que una población presente variabilidad, pues de esa manera los parásitos no podrán estar adaptados a todos los

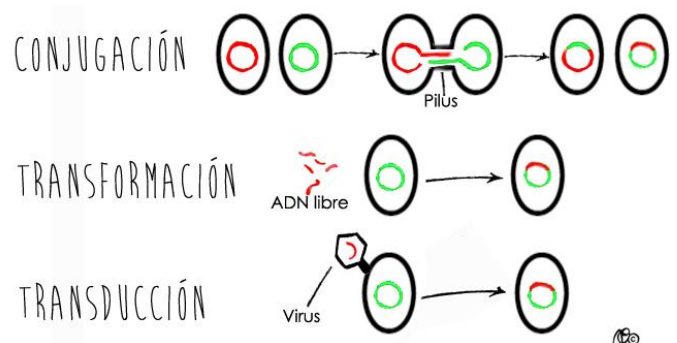
organismos, que presentaran distintas versiones de un mismo gen y esto aumenta las probabilidades de sobrevivir como especie.

**Existen tres
mecanismos
generadores de
variabilidad:
mutaciones,
transferencia lateral
y reproducción
sexual.**

Sin embargo, la reproducción sexual no es el único mecanismo que permite obtener la variabilidad necesaria para tener éxito como especie, sino que existen otros.

En primer lugar encontramos las mutaciones, presentes tanto en organismos sexuales como en asexuales, que son cambios en la secuencia de ADN que conducen a la aparición de nuevas variantes génicas (alelos). Se producen sobre todo durante la replicación del ADN, un proceso que a pesar de estar muy bien regulado, no es perfecto. Como los genes contienen la información necesaria para codificar los componentes esenciales de los organismos, muchas de estas alteraciones de la estructura génica serán perjudiciales, pero también las habrá neutrales y, por supuesto, favorables. A pesar de que visto así, parece que las mutaciones no aportan más que problemas, son claves para la evolución, pues son las que permiten la aparición de nuevos alelos al generar cambios en las secuencias de ADN de los genes.

Otro mecanismo que genera variabilidad son los intercambios puntuales de material genético que llevan a cabo algunos organismos. Las bacterias, seres asexuales, aportan mayor variabilidad a sus poblaciones gracias a tres procesos de transferencia génica lateral: conjugación, transformación y transducción, que les permiten incorporar material genético nuevo a su genoma y deshacerse de genes no deseados. Estos organismos gozan de los beneficios del sexo en cuanto a la variabilidad junto con la velocidad y simplicidad de la clonación.



Y por último pero no menos importante, encontramos la reproducción sexual, que gracias a la meiosis, permite obtener una gran variabilidad, generando tantas combinaciones genéticas distintas que es difícil encontrar dos iguales. El sexo, al barajar los genes conduce a una gran diversidad sobre la que puede actuar la selección natural permitiendo la evolución.

Como vemos hay alternativas a la reproducción sexual para la generación de la variabilidad, y hasta ahora hemos visto como el sexo complica las cosas requiriendo más energía, tiempo y peligros, y conduciendo a menor tasa de reproducción. Entonces, ¿qué lo hace especial? Sin mutaciones, el sexo solo mezcla genes, no incluye realmente ninguna nueva variación en la población, que solo vendrá dada por la modificación de secuencias génicas que se produce gracias a las mutaciones.

Muchos organismos han sido capaces de sobrevivir miles de años a cambios ambientales tan solo gracias a mecanismos no sexuales generadores de variabilidad y reproduciéndose asexualmente. Los cambios ambientales físicos suelen ocurrir lentamente y si el organismo

tiene un ciclo vital corto, es decir, un tiempo de generación muy corto, se reproducirá muchas veces permitiendo que la tasa de mutación sea lo suficientemente elevada como para aportar la variabilidad necesaria. El problema aparece cuando el ciclo vital del organismo se alarga y este ha de luchar contra otras especies de ciclo vital más corto como son los parásitos. Los parásitos son pequeños y tienen un tiempo de generación muy corto, por lo que pueden reproducirse muchas veces mientras el huésped se reproduce tan solo una vez. Esta elevadísima tasa de reproducción les permite adaptarse muy rápido a la variabilidad del huésped generada tan solo gracias a mutaciones. Si la población fuera infinita o muy grande, la tasa de mutación podría llegar a ser lo suficientemente elevada en conjunto como para hacer frente a esta proliferación exponencial de los parásitos, pero esto no es así. La reproducción sexual en estos casos permite compensar las ventajas del parásito porque propicia la diversificación y produce descendientes con combinaciones infrecuentes y únicas. El sexo conducirá a descendientes que tengan la mala suerte de poseer una mala combinación de genes para luchar contra un determinado parásito, pero esto no importa si con esto hay otros afortunados que sobreviven.

La durada del ciclo vital del organismo es determinante a la hora de generar la variabilidad necesaria.

Séptimo asalto: rigidez del genoma

No todo consiste en generar cuánta más variabilidad mejor. En el asalto anterior hemos puesto de manifiesto que tanto si una especie se reproduce sexualmente como si lo hace asexualmente será capaz de generar variabilidad. Por tanto, la ventaja del sexo no puede residir tan solo en la generación de variabilidad per se. Además, los diferentes mecanismos de que se dispone pueden llegar a jugar malas pasadas.

Analicemos en primer lugar las mutaciones. A pesar de lo que pueda parecer a simple vista, la reproducción asexual, la clonación, acaba conduciendo a una profunda divergencia entre distintas poblaciones de una misma especie, pues diferentes mutaciones se acumulan en las poblaciones al estar bajo una presión ambiental selectiva distinta. Y dentro de una misma población, la selección natural acaba conllevando la pérdida de variabilidad pues cualquier mutación perjudicial en un organismo que se divide clónicamente conduciría a la muerte si se da en una región crítica (cosa que, por suerte, no suele ocurrir ya que las mutaciones acostumbran a darse en regiones extragénicas) y por otro lado, una mutación favorable en el ambiente sería seleccionada extendiéndose a toda la población reduciendo la variabilidad ya que se fija en la población no solo esa mutación sino todo el "pack" cromosómico de genes que la acompañan. Y esto es precisamente lo que ocurre en la mayor parte de especies asexuales, haciendo que sean mucho más susceptibles a la extinción de manera que solo duran unos miles de años a diferencia de las especies que pueden reproducirse sexualmente, que alcanzan edades de millones de años. Así pues, las mutaciones en organismos asexuales no son tan buenas como parecían.

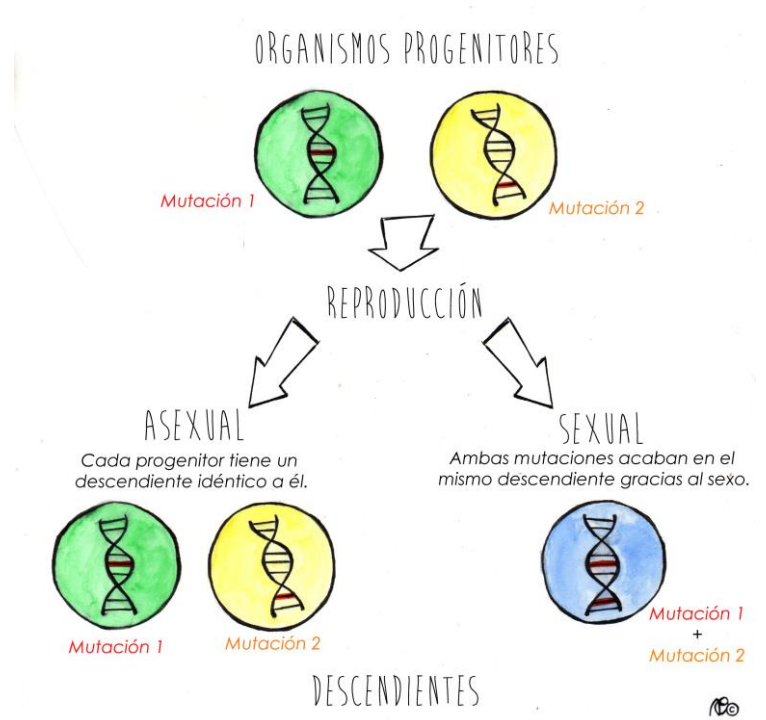
La otra fuente de variación que suponía la transferencia génica lateral en organismos como las bacterias también presenta sus defectos, y es la tendencia a la acumulación en el material genético de genes que les faltan pero que no les son necesarios, por lo que se acaba generando un material genético cada vez mayor sin aportar grandes ventajas, conduciendo a

que sea más probable que ocurran mutaciones y dificultando la selección del gen correcto durante la transferencia de genes entre bacterias o con el ambiente. De esta manera, la única manera de asegurar que los genes que necesita el organismo para funcionar se encuentran en perfecto estado es conservarlos todos a riesgo de perder uno crítico tratando de eliminar genes no deseados.

Solo el sexo puede acumular los genes que funcionan y librarse de los que no lo hacen, y es aquí donde radica la mayor ventaja de la reproducción sexual. Además de conducir a la formación de combinaciones nuevas e infinitas de variantes genéticas dando lugar a variabilidad, el sexo permite generar cromosomas fluidos gracias al paso clave de la meiosis: la recombinación. Este paso de la meiosis permite que la selección natural pueda analizar uno a uno cada gen. Sin recombinación el destino de los genes de un cromosoma está unido, la selección de determinados genes interfiere en la selección de otros, conduciendo a una reducción de la variabilidad y a la fijación de genomas completos, pero cuando la recombinación entra en juego, la selección puede actuar sobre todos los genes individualmente, analizando cada una de las variantes por separado e impidiendo la pérdida de cromosomas generalmente buenos por culpa de una mutación perjudicial.

La mayor ventaja del sexo es que permite que los cromosomas sean fluidos.

Además, teniendo en cuenta la existencia de mutaciones esta ventaja que presenta el sexo se vuelve más marcada: es poco probable que se produzcan mutaciones iguales en individuos diferentes, por lo que en organismos asexuales es improbable la posibilidad de que dos individuos acaben beneficiándose de ambas mutaciones si son beneficiosas, o perjudicados por ambas si son perjudiciales. Gracias a la recombinación que se da en los gametos estas mutaciones pueden acabar uniéndose en un individuo pudiendo ser evaluadas también en conjunto y acelerando la evolución: si la mutación es perjudicial acaba siendo eliminada y las mutaciones beneficiosas acaban extendiéndose en la población sin llegar a fijarse, pues jamás se elimina el componente azaroso del sexo.



Gracias al sexo, por tanto, se consigue eliminar de la población las mutaciones perjudiciales sin poner en peligro toda la población acumulándolas en un individuo que será usado como chivo expiatorio. Solo el sexo es capaz de impedir el colapso mutacional en los organismos complejos. Sin sexo, la vida compleja sería casi imposible: los costes de no tener nunca sexo son elevados y acaban conduciendo a la extinción.

Vemos, como conclusión, que el sexo va más ligado a la supervivencia de las especies y a la evolución que a la reproducción en sí.

Sexo en la naturaleza: sobre la variedad de formas que adopta la reproducción sexual en el reino animal

Si os parece que el comportamiento sexual humano es de lo más variado, es que no os habéis parado a mirar la naturaleza. Sin embargo, la gran diversidad de formas que adopta la reproducción en el reino animal nos enseña que la sexualidad humana es especial. Para la mayoría de los animales, el acto reproductivo es sumamente banal, ni siquiera implica acto sexual, mientras el ser humano obtiene de este un placer enorme. Por ejemplo, en muchas especies el acto ocurre sin contacto alguno: la hembra expulsa los huevos, el macho expulsa el esperma sobre ellos y ambos se marchan sin adquirir responsabilidad alguna. Y en las que sí que hay contacto, este suele durar menos de un minuto: de media, los chimpancés macho eyaculan 7 segundos después de cubrir a la hembra. No obstante, esto no quita mérito a todos y cada uno de los medios por los que el complejo entramado de especies se reproduce, así como tampoco las hace menos sorprendentes. Podríamos escribir páginas y páginas relatando todas y cada una de estas formas sexuales de reproducción y más de una nos dejaría estupefactos, pero no es lo que nos ocupa en este artículo y acabaríamos con tantas páginas que podríamos hablar de un libro más que de un artículo, por lo que trataremos de conseguir una idea general sobre el curioso mundo del sexo en la naturaleza entrevistando a Eduard Martorell Sabaté, zoólogo y co-autor del libro “¿Para qué sirve el sexo?” de Publicaciones UB.

¿Para qué sirve el sexo? La historia y la utilidad del sexo como nunca te las habían explicado

Eduard Martorell y David Bueno

Este es un libro para aprender un poco de genética, un poco de zoología, un poco de evolución y, en definitiva, un poco sobre el apasionante fenómeno de la vida. ¿Para qué sirve el sexo? Entusiasmará a los lectores por la variedad de estrategias reproductoras que los distintos seres vivos, sobre todo los animales, han desarrollado a lo largo de millones de años para aumentar las posibilidades de sobrevivir en nuestro querido planeta. Unas estrategias que, con el concurso del sexo, nos han permitido adaptarnos al ambiente constantemente cambiante e, incluso, llegar a ser conscientes de quiénes somos, de cómo es la especie humana, la única especie capaz de maravillarse ante los misterios del universo a medida que los va descifrando y que ha añadido el progreso cultural a la evolución natural. Siempre, eso sí, con la ayuda indispensable del sexo.



“La vida y la diversidad sin sexualidad cuestan de imaginar”



Eduard Martorell Sabaté

Es zoólogo, editor en Enciclopedia Catalana, profesor asociado a la Universitat Internacional de Catalunya y autor de diversos libros de texto, cuentos y artículos de naturaleza para jóvenes. Entre los libros de divulgación que ha escrito destacan “Los límites de la vida” y “100 curiosidades zoológicas” además del libro “¿Para qué sirve el sexo?”.

Se define como un apasionado por la vida, y esto lo llevó a estudiar Biología. Le ha interesado especialmente entender cómo ha aparecido y cómo ha evolucionado la vida y qué diferencia los seres vivos de aquello que es inerte.

Es una persona optimista y de mente inquieta: confiesa que cuanto más estudia más preguntas se le formulan. Le gusta tanto descubrir cosas que quiere compartirlas, y es por eso que se dedica a la divulgación. Está convencido de que se necesita un mayor conocimiento científico y le sorprende que no guste demasiado la ciencia ya que afirma que **“Si no sabemos qué es la vida, si no sabemos qué somos, estamos vendidos”**.

¿Qué te llevó a escribir el libro “¿Para qué sirve el sexo?”?

Me gusta escribir libros que sean atractivos, que enseñen que la ciencia es apasionante porque en última instancia lo que te enseñan es cómo eres tú, y vale la pena que nos conozcamos. Y entonces David Bueno, un muy buen amigo, me pide participar con él en un proyecto apasionante que no puedo rechazar. A mí me gustan mucho las aventuras de todo tipo y escribir un libro con David supone toda una aventura: no sabes bien cómo acabará pero estas encantado de tirarte de cabeza. Nos complementamos muy bien, él aportó los conceptos más genéticos y yo contribuí con la multitud de ejemplos de sexo en animales que aparecen. Y de aquí surgió el libro “¿Para qué sirve el sexo?”.

¿Qué puede aprender la gente con este libro?

“¿Para qué sirve el sexo?” es un libro básicamente de evolución. La reproducción en definitiva es evolución. El sexo es una de las estrategias que permiten transmitir los genes y la transmisión de los genes es el motor de la evolución. El gran objetivo de este libro es que la gente pueda aprender qué es realmente la evolución, como funciona, y divertirse por el camino. Es uno de estos libros que te demuestra que la realidad supera la ficción. Lo que llegan a hacer algunos animales para conseguir reproducirse y asegurar que sus genes se transmitan a la siguiente generación es increíble. Es alucinante como se ha llegado a este nivel de complejidad de atraerse, de buscarse... La vida no es más que un conjunto de moléculas basadas en el carbono que han tenido la habilidad de encontrar muchas fórmulas diferentes para sobrevivir, y esto es muy curioso.

Cuando alguien piensa en reproducción siempre le viene la misma imagen antropocéntrica a la mente: la cópula. Pero el acto sexual es sólo una de las muchas estrategias reproductoras que hay. ¿Es realmente tan diverso el mundo de la reproducción de los seres vivos?

Es súper diverso. Otro objetivo del libro es que se entienda

esto: que de reproducción hay de muchos tipos diferentes. La reproducción humana es un tipo de reproducción sexual. Cuando te viene a la cabeza el sexo al pensar en reproducción ya estás dejando de lado toda la parte de reproducción asexual. Y también hay casos muy curiosos, eficaces y variados dentro de este tipo de reproducción. Y es más, dentro de la reproducción sexual hay incluso especies que se reproducen sin contacto y nosotros cuando pensamos en reproducción sexual vamos siempre a la cópula. ¿Pero cuántos vegetales no tienen ningún tipo de contacto y consiguen reproducirse sexualmente? ¡E incluso animales! De hecho, la gran variabilidad de estrategias reproductoras que hay diría que casi son tantas como especies encontraríamos.

Si la reproducción asexual existe desde antes que la sexual, ¿cómo y por qué se originó el sexo?

Es que la reproducción asexual no existe desde mucho antes que la sexual. La reproducción sexual y asexual evolucionaron prácticamente en paralelo. Si hablamos de reproducción sexual como mezcla de material genético que proviene de fondos diferentes, sólo hace falta que haya dos células que se unan. O incluso no hace falta ni esto. Las bacterias, mediante los pili, se transmiten información genética entre unas y otras y esto ya es reproducción sexual. Hay quien se piensa que durante miles de años hubo sólo reproducción asexual, pero no es así. Prácticamente desde que hay vida hay reproducción sexual, sólo hace falta que haya material genético de dos fuentes diferentes y que se mezcle. Y material genético tienen todos los seres vivos, incluso los virus, que están al límite entre el que se considera vida e inerte, lo tienen.

¿Cómo puede ser que haya seres vivos que puedan escoger entre reproducirse sexual y asexualmente cuando esto supone un coste extra de energía?

Bueno, ¿un coste extra por qué? ¿Supone un coste extra de energía reproducirse asexualmente? Por ejemplo, las estrellas de mar pueden reproducirse sexualmente pero asexualmente también, sólo hace falta que haya un seccionamiento de una parte de su cuerpo que incluso puede darse por accidente, y de cada parte surge un nuevo individuo. El objetivo de cualquier ser vivo es la reproducción, lo que quiere es asegurar la transmisión de su material genético. Pues si dispone de dos mecanismos de reproducción mejor que mejor.

Si es tan ventajoso, ¿por qué no está más extendido el disponer de los dos tipos de reproducción?

Yo supongo que cuando ha habido reproducción sexual tan tremendamente eficaz, se ha ido perdiendo la posibilidad de que la asexual también se diera. La reproducción asexual la encuentras, por ejemplo, en equinodermos, invertebrados y seres relativamente más simples de lo que somos los vertebrados. En seres mucho más complejos como somos los animales, la reproducción sexual es tan eficaz que no hay necesidad de mantener ambos tipos de reproducción. De hecho la reproducción sexual está mucho más extendida de lo que se piensa. La mayoría de especies vivas que hay, dejando de lado los microorganismos y cogiendo sólo de protozoos en adelante, se reproducen sexualmente. Por ejemplo, de insectos hay miles y se reproducen sexualmente.

¿Son los seres complejos fruto del sexo? Se dice que la mayoría de los seres complejos, entendiendo complejo como organismo donde sus células se distribuyen

formando estructuras como tejidos, órganos y aparatos, se reproducen sexualmente. ¿Habría sido posible que aparecieran si sólo existiera la reproducción asexual?

Lo que está claro es que la reproducción sexual ha sido fundamental para que haya tanta diversidad entre seres vivos. Sin reproducción sexual toda la evolución hasta llegar a los organismos complejos, si hubieran aparecido, habría ido mucho más lenta, porque el sexo es una fuente brutal de variabilidad genética. Evolución sin reproducción sexual se habría dado igual, pero seguro que habría conducido a un resultado mucho menos diverso. Y de hecho como ya hemos comentado, intercambio de material genético, en definitiva, sexo, ha habido prácticamente desde siempre. La vida y la diversidad sin sexualidad cuestan de imaginar.

¿Existen otras formas de determinación del sexo individual en la naturaleza además de la del ser humano, que viene dada por la presencia o ausencia del cromosoma Y que contiene el gen SRY?

En cualquier caso la determinación del sexo siempre viene dada por los genes pero en algunas especies el sexo individual no viene determinado por la presencia o ausencia de unos genes concretos, como en los humanos, sino que se determina por modificaciones epigenéticas. Por ejemplo, en el caso de los reptiles, entre otros, que un embrión se desarrolle como macho o como hembra dependerá de la temperatura. Los embriones disponen de todos los genes que necesitan para desarrollarse como machos o como hembras pero por modificaciones epigenéticas según la temperatura se activarán unos u otros conduciendo a un fenotipo resultante masculino o femenino. Los cocodrilos, los caimanes y muchas serpientes, en función de la temperatura a la que se incuben los huevos acontecerán un sexo o el otro.

Pero incluso en los humanos la presencia de cromosoma Y no siempre es determinante. Hay embriones que son XY pero por la razón que sea el gen del cromosoma Y que determina el sexo masculino no se activa cuando toca y se desarrollan como mujeres. Si no se expresa el cromosoma Y como los cigotos contienen el cromosoma X se desarrollan como hembras, que es el sexo por defecto. Hay muchos factores implicados en la determinación del sexo individual, y en última instancia lo que realmente cuenta es que los genes que determinan un sexo u otro se activen o no.

O sea que en el caso de los humanos todos somos mujeres en un inicio y hasta que se demuestre lo contrario.

Exacto. Cuando hay la fusión óvulo y espermatozoide, lo único seguro es que el embrión puede ser mujer. Que sea macho o no dependerá sólo de que realmente los genes que contiene el cromosoma Y, si es un cigoto XY, se activen o no. Pero en cualquier caso el embrión podrá ser mujer porque todos contenemos en nuestro genoma un cromosoma X, que es el cromosoma realmente potente puesto que el Y contiene muchos menos genes.

Si solo es necesario determinar el sexo en organismos sexuales para que estos generen un tipo de gameto u otro, ¿las características morfológicas hombre/mujer entonces derivan tan solo de nuestro papel en la reproducción?

Efectivamente. La aparición de sexos individuales interesa única y exclusivamente para la reproducción y la generación de gran variabilidad en la descendencia.

E incluso hay organismos que pueden alternar el sexo a lo largo de la vida...

Sí, esto pasa por ejemplo en especies de peces. En estas especies, si un grupo de peces se encuentra aislado sin machos, una de las hembras, que acostumbra a ser una de las dominantes, de las más grandes y que ha vivido más tiempo, puede hacerse transexual: es hembra, ve que no hay machos y por un cambio hormonal acontece macho. Sus gónadas pasan de ser femeninas a masculinas y generarán espermatozoides en vez de óvulos. Y lo mismo puede pasar a la inversa y un macho puede pasar a ser hembra.

Y si de repente aparece un macho o una hembra en el grupo?

Entonces sufren otro cambio hormonal y pasan a sintetizar hormonas para volver a su sexo inicial.

Y mientras otros organismos pueden ser ambos sexos a la vez.

Los hermafroditas.

A simple vista parece que los organismos hermafroditas han de tener una mayor probabilidad de éxito reproductor porque pueden autofecundarse en caso de no encontrar pareja. ¿Por qué no es un mecanismo más extendido en la naturaleza?

El hermafroditismo a simple vista parece una gran estrategia, pero en la naturaleza prácticamente no hay especies que vivan con ambos sexos a la vez y se autofecunden, porque realmente genera mucha más variabilidad por la fusión de dos gametos de individuos diferentes que si se da fusión de gametos de un mismo organismo. Seres vivos que vivan como hermafroditas sólo los encuentras en especies donde no hay probabilidad de encontrar pareja. Por ejemplo, gusanos intestinales como la tenia, que viven en el interior del intestino de otro organismo no pueden encontrarse con ninguno otro organismo para reproducirse. En estos casos sí que es ventajoso ser hermafrodita, pero cuando hay probabilidad de encontrar pareja es mucho mejor mezclar genomas de individuos diferentes.

Hay otros animales hermafroditas, como los caracoles, pero ¡atención!, no se autofecundan, sino que buscan pareja y mezclan así su material genético.

Dentro de la reproducción sexual, ¿es común el acto sexual?

Hay de todo, pero sí que la cópula es la forma más común sin duda.

¿Por qué la mayoría de especies copulan?

Porque si hay cópula seguro que las células sexuales masculinas están dentro del cuerpo de la hembra, y muy cerca de donde tiene las células sexuales femeninas. De esta manera se asegura mucho más la fecundación. En cambio cuando la reproducción es externa pueden pasar muchas más cosas que dificulten la fusión del óvulo con el espermatozoide.

Incluso algunos organismos se juegan la vida con el sexo a manos de sus parejas.

Y tanto. Muchos insectos y arácnidos. Hay muchas arañas en que las hembras si no están bien alimentadas se comerán al macho tras la cópula. Y el macho aun así siente un instinto reproductor tan grande que se entrega al sexo igualmente.

¿Aun sabiendo que será su perdición?

Los machos de estas especies de araña son rapidísimos. Evidentemente intentan sobrevivir. Han evolucionado para ser muy rápidos y poder escapar de la hembra después de la cópula. Si

murieran enseguida conseguirían muy poca descendencia. De hecho aquí hay selección sexual. Un macho que sea muy rápido podrá copular con la hembra, huir rápidamente después sin ser depredado y sobrevivir pudiendo así copular con más hembras. En cambio los machos más lentos y torpes serán depredados por la hembra y no diseminarán tanto sus genes.

¿Por tanto en el fondo un hecho que parece desfavorable para la especie acaba fomentando que se extiendan buenos caracteres en la población?

Exactamente. Sólo los machos de araña ágiles y rápidos podrán generar mucha descendencia. E incluso hay especies donde la hembra mata al macho durante la cópula y esto no es perjudicial para la transmisión de los genes. En las mantis religiosas se ha visto que la decapitación del macho durante el acto hace que se mantenga durante más tiempo la erección y que se liberen dentro de la hembra muchos más gametos masculinos.

En estas especies el macho no es más que un receptáculo de esperma, entonces.

Ninguna otra cosa. Para seres vivos como la mantis religiosa el papel de los machos es tan sólo el de actuar como recipientes de células sexuales que permiten aportar variabilidad a la descendencia. Es triste pero es así. La vida es apasionante y cuando te adentras en la biología encuentras de todo, incluso disgustos como este. En el caso de la especie humana no es así porque el macho también desarrolla un papel en la crianza y el bienestar posterior de la descendencia, pero realmente los hombres a los que les importa bien poco la crianza de los hijos acaban siendo básicamente esto si lo miras desde una perspectiva evolutiva y de supervivencia de la especie o de los genes.

Y dentro del mundo animal, ¿cuál es la forma de reproducción sexual que más te llama la atención de las que conoces?

Un caso que me fascina es el de los pulpos. Los pulpos no tienen pene sino que uno de sus brazos está especializado para la reproducción y es el que utilizan para introducir el esperma dentro del cuerpo de la hembra. Hay un género de pulpos, el género Argonauta, en que la hembra es mucho más grande que el macho. El macho prefiere no tener en contacto con la hembra, yo supongo que por las grandes dimensiones de esta, y lo que hace es acercarse y cuando está lo bastante cerca dispara el hectocótilo, el brazo especializado para la reproducción, en dirección la hembra. Se corta uno de los brazos con el espermatóforo al final y es cómo si le clavara una flecha a la hembra. Yo esto lo encuentro realmente espectacular.

¿Se le regenera el hectocótilo después?

Tiene la capacidad de regenerarse pero realmente no es necesario porque los pulpos viven un año. El organismo crece, llega a la edad reproductora, se reproduce y ya está.

¿Esto sólo es aplicable a los machos o las hembras también viven tan poco?

El ciclo vital de estos pulpos es de un año. El caso de las hembras de pulpo es espectacular. La hembra pone los huevos y ya no come nunca más. Aguanta sin comer ventilando los huevos haciendo que el agua de alrededor esté oxigenada moviendo las patas y vigilando que no vengán depredadores hasta que nacen los hijos, que ya nacen autónomos, y entonces muere. Es altruismo puro.

¿Quién escoge a quién en la naturaleza? ¿Es cierto que son las hembras las que escogen la pareja y los machos los que seducen?

Aquí habría que hacer alguna distinción por especies, pero sí que es cierto que en la gran mayoría de especies la que escoge al final es la hembra cuando hace falta que la pareja se acerque para la reproducción. Sí que es cierto que los machos pueden escoger a quién seducir pero en última instancia es la hembra la que tiene que ser seducida, ya sea por los caracteres que presente el macho o por acciones que desarrolle como puede ser un baile: los machos tienen que conseguir que una hembra se fije en ellos y quiera reproducirse para conseguir transmitir sus genes, tienen que competir entre ellos para tener descendencia con alguna hembra. Y todo esto deriva del papel que juega cada sexo en la reproducción, puesto que la hembra es la que sustenta la cría en especies con fecundación interna. Aun así, el tema de la seducción y la atracción entre especies es muy complejo y todavía se complica más en nuestra especie, porque a la evolución natural se suma la evolución cultural.

Lo que está claro es que ambos han de atraerse.

Evidentemente, sin atracción no habría reproducción con cópula. Y las feromonas juegan un papel muy importante en la atracción de muchas especies. Las mariposas, que son insectos muy pequeñitos, emiten feromonas que les permiten detectarse a kilómetros de distancia. Y piensas, ¿cómo puede ser que un macho y una hembra de mariposa se detecten volando a kilómetros de distancia? Y de hecho, la fase alada de este insecto está diseñada para encontrarse muchos pocos días, conseguir reproducirse, que la hembra ponga los huevos y aquí se acaba.

¿Cuál es el ritual de seducción más extraño que conoces?

A mí personalmente me llama mucho la atención cómo atrae a la hembra un tipo de tritón, el tritón palmeado. El macho intenta llamar la atención de la hembra haciendo una especie de baile con movimientos repetitivos y contorneantes y si tiene éxito y a la hembra le gusta el baile, lo seguirá. Cuando el macho ha conseguido atraer la hembra continúa danzando y moviéndose mientras la hembra lo sigue hasta que en un momento determinado la hembra le toca la cola al macho con el morro y este libera el espermatóforo, que no es más que una bolita de semen, que queda en el suelo y cuando la hembra pasa por encima siguiendo al macho se le queda enganchado en la cloaca, que es la parte reproductora y la fecunda.

¿Y las hembras pueden escoger, en algunas especies, cuándo quedarse embarazadas una vez han copulado?

Esto pasa en muchas especies. Una vez tienen el esperma lo pueden guardar en un receptáculo y en función de cómo están de salud o de la época del año se dará la fecundación o se reservarán las células sexuales para cuando estén más fuertes o cuadrar el nacimiento de las crías con unas buenas condiciones ambientales. En especies de focas pasa. Los individuos se reproducen durante la época de celo pero no hay embarazo hasta que no pasa un tiempo, incluso meses después, para que las crías nazcan cuando hay un buen ambiente externo.

Una hembra está segura de que los hijos serán suyos, pero un macho no puede estar seguro de esto ya que las hembras pueden copular con muchos machos. ¿Con qué estrategias responden los machos con tal de ser padres?

Existen diferentes estrategias. Hay una especie de araña en que el macho, para que su semen no tenga que competir con el de otros machos, no copula normalmente sino que agujerea la hembra al abdomen e introduce su semen para llegar directamente donde se encuentran las células sexuales femeninas. En otras especies el macho se corta el órgano copulador después de la cópula por que haga de tapón y la hembra no pueda reproducirse con ningun otro macho. ¡O a veces ellos mismos hacen de tapón! El macho de insecto palo cuando encuentra una hembra y la hembra lo acepta y copulan, se queda enganchado, como si fuera una mochila, durante días e incluso semanas para evitar que otro macho le robe la paternidad.

Se han encontrado conductas homosexuales en un gran número de especies de primates además del hombre. Si lo que interesa es la transmisión de genes, ¿cómo se explica la existencia de comportamiento sexual en la naturaleza?

Las conductas homosexuales en primates se han asociado a un mecanismo para aligerar tensiones. En una especie de primates, los bonobos, se ha visto que en situaciones de conflicto muchas veces la cosa no acaba en lucha sino que se convierte en una orgía. Por otro lado, en especies animales donde hay un macho dominante que tiene todas las hembras controladas, los otros machos practican la homosexualidad.

Así que realmente aunque no parezca una ventaja el presentar caracteres homosexuales sí que puede acabar comportando ventajas que podrían explicar por qué, a pesar de presentar una vertiente genética como todo, se mantiene en la naturaleza.

Así es. Los bonobos evitan enzarzarse en una pelea mostrando conductas homosexuales. Además, en este punto es importando el hecho de que hay muchos individuos homosexuales que se reproducen en nuestra especie y en el resto de animales. El comportamiento homosexual no excluye cópulas heterosexuales. En la sexualidad y la orientación sexual no es todo o blanco o negro, sino que hay toda una variedad de grises intermedios. Es decir, entre homosexualidad y heterosexualidad hay un amplio abanico de sexualidades intermedias, es totalmente gradual.

¿Qué nos hace humanos del sexo?

Hombre, yo diría que el sexo es una de las cosas que nos hace más animales. Pero sí que es cierto que el sexo humano presenta unas particularidades concretas, como las presenta cada una de las formas que adopta la reproducción sexual en las diferentes especies. ¿Qué nos hace humanos del sexo? Creo que el sentido de pensar en el sexo como fuente de placer y no tan sólo como acto reproductor, el disfrutar del sexo sin finalidad reproductora. Además del alargamiento en el tiempo del acto en sí, que favorece la aparición de vínculos afectivos entre los individuos de la pareja, y el orgasmo femenino.

¿Hacia dónde podría evolucionar el sexo? ¿Y hombres y mujeres?

La evolución evidentemente no se para, y seguro que el sexo irá a más y que aparecerán nuevas formas de reproducción en la naturaleza.

Y cuidado, porque en la especie humana con los avances biomédicos que se están dando podría llegar un momento en que los machos no fueran necesarios para la reproducción. ¿Machos hacen falta muchas cuando hay grandes bancos de semen? Otra cosa es la posterior crianza de los hijos. La evolución del sexo en nuestra especie dependerá mucho cómo evolucione la cultura en general, de qué valor se le dé.

Bibliografía:

Martorell E., Bueno D. (2012). *Per a què serveix el sexe? La història i la utilitat del sexe com mai te les havien explicat*. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN 978-84-475-3624-5.

J.Rubia F. (2007). *El sexo del cerebro. La diferencia fundamental entre hombres y mujeres*. Ediciones Temas de Hoy. ISBN 978-84-8460-628-4.

Estupinyà P. (2013). *S=EX². La ciència del sexe*. Rosa dels Vents. ISBN 978-84-01-38861-3.

Tobeña A. (2006). *El cervell eròtic. Rutes neurals d'amor i sexe*. L'esfera dels llibres. ISBN 84-9734-403-0.

Hüther G. (2015). *La evolución del amor. Lo que Darwin ya sospechaba y los darwinistas se niegan a aceptar*. Plataforma Editorial, 2015. ISBN 978-84-16256-25-9.

Fisher H. (2015). *Por qué amamos. Naturaleza y química del amor romántico*. Santillana Ediciones Generales. ISBN 84-663-1491-1.

Howard J. (2015). *Sexo en la Tierra. Un homenaje a la reproducción animal*. Blackie Books S.L.U. ISBN 978-84-16290-29-1.

Roach M. (2008). *Entre piernas. La extraordinaria cópula de ciencia y sexo*. Global Rhythm Press S.L. ISBN 978-84-96879-55-3.

Swaab D. (2010). *Somos nuestro cerebro. Cómo pensamos, sufrimos y amamos*. Plataforma actual. ISBN 978-84-15880-76-9.

Cormier Z. (2014). *La ciencia del placer. Sexo, drogas y rock'n'roll bajo el microscopio*. RBA. ISBN 978-84-9056-471-4.

Lane N. (2009). *Los diez grandes inventos de la evolución*. Ariel. ISBN 978-84-344-8824-8.

Lane N. (2015). *La cuestión vital*. Ariel. ISBN 978-84-344-2306-0.

Harris M. (1989). *Nuestra especie*. Alianza editorial. ISBN 978-84-206-6013-4.

Campillo Álvarez J.E. (2005). *La cadera de Eva*. Drakontos Bolsillo. ISBN 978-84-8432-936-7.

Baker R. (1997). *Batallas en la cama*. Temas de hoy. ISBN 978-84-7880-883-0.

New Scientist. (1993). *Is sex good for anything?* December.

Investigación y ciencia. (2009). *Temas 56: Instinto sexual*. 2º Trimestre.

Investigación y ciencia. (2014) *Número monográfico: Evolución. La saga humana*. Noviembre.

El mètode. Revista de difusió de la investigació de la Universitat de València. (2001). *Monogràfic: sexe per a tots*. ISSN 2174-9191.

<http://www.livescience.com>

Biol. on-line: Vol. 5, Núm. 2 (Julio de 2016) ISSN: 2339-5745 online

<http://scienceline.org>

** Ilustraciones propias.*