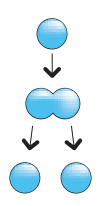

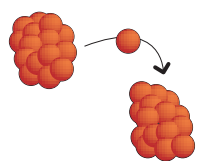

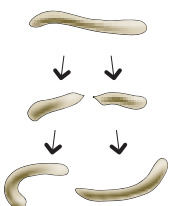
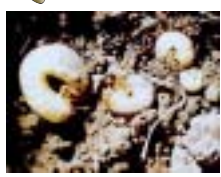
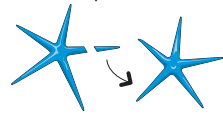

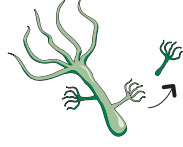




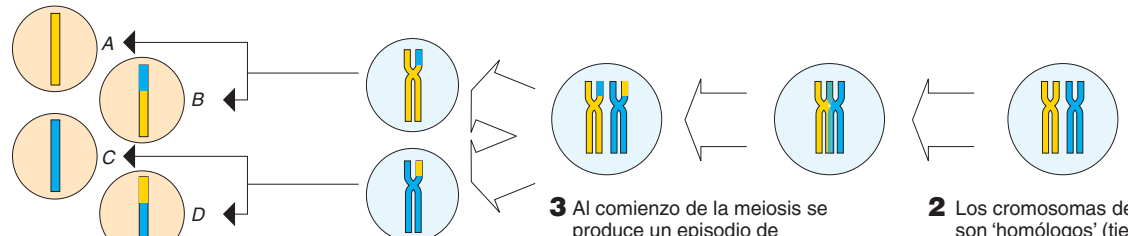


Desde una perspectiva biológica, el sexo es sencillamente el intercambio de información genética entre dos organismos para crear descendencia. Pero el sexo es también placer. Y una de las fuerzas que impulsan la cultura humana. Los destacados investigadores Juan Carlos Izpisúa Belmonte, Diego Rasskin y Ángel Raya nos explican en este capítulo la sabrosa paradoja del sexo.

LAS DISTINTAS FORMAS DE REPRODUCCIÓN

<p>DIVISIÓN SIMPLE Se da en los organismos unicelulares.</p>  	<p>Animales como las esponjas simplemente dejan escapar una célula que formará una nueva colonia.</p>  	<p>Muchos gusanos se reproducen al partirse en dos.</p>  	<p>Animales como las estrellas de mar, regeneran individuos completos a partir de trozos de su cuerpo. El género Linckia puede hacerlo a partir de un simple brazo.</p>  	<p>GEMACIÓN La hidra se reproduce por gemación. Copias exactas de un ejemplar adulto comienzan a formarse en un flanco, hasta que se separan.</p>  	<p>PARTENOGENÉISIS En algunos peces los huevos se desarrollan sin fecundarse. Esta forma asexual de reproducción está presente en numerosos grupos de invertebrados, pero sólo en 74 especies de vertebrados.</p>  	<p>SEXO Casi todos los vertebrados se reproducen sexualmente. Unos ponen huevos y otros, como los humanos, llevan a sus crías en el interior del seno materno. La reproducción sexual está extendida también en los invertebrados y las plantas.</p> <p><i>Entre las 40.000 especies de vertebrados actuales, sólo 22 especies de peces, 23 de anfibios y 29 de reptiles se reproducen asexualmente.</i></p> 
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LA MEIOSIS, BASE DEL SEXO



1 Un proceso básico en la reproducción sexual es la meiosis. Mediante la meiosis, una célula de la línea germinal, en cuyo núcleo hay "n" pares de cromosomas (n=23 en los humanos), dará lugar a cuatro gametos (óvulos en las hembras, espermatozoides en los machos) con la mitad de cromosomas: sólo "n".

2 Los cromosomas de cada par son 'homólogos' (tienen los mismos genes) pero no idénticos (algunos genes presentan formas distintas). Uno de los cromosomas proviene de la madre y otro del padre.

3 Al comienzo de la meiosis se produce un episodio de recombinación: parte de los genes del cromosoma proveniente del padre pasan al de la madre y viceversa. Esta recombinación es la clave de la reproducción sexual, al generar variabilidad en la descendencia.

4 La célula, tras la recombinación, se divide por primera vez y los cromosomas homólogos se separan.

5 Se produce una segunda división de la que resultarán cuatro células (gametos) con una cromátida cada una. Dos de ellas, B y D, están recombinadas.

6 Cada cromátida dará lugar al correspondiente cromosoma completo. Los gametos, en todo caso, dispondrán sólo de uno de los dos cromosomas de cada par.

7 Cuando un gameto femenino se fusione con otro masculino la nueva célula, el óvulo fecundado, tendrá los "n" pares de cromosomas que correspondan a la especie. A partir de ahí se desarrollará hasta formar un individuo adulto.

Fuente: Elaboración propia.

G. H. / EL PAÍS

6. EL SEXO

Donde la biología y la cultura se confunden



JUAN CARLOS IZPISÚA BELMONTE / DIEGO RASSKIN / ÁNGEL RAYA

Cuando decimos sexo, pensamos en..., bueno, en eso que está pensando. Partiendo de un origen más bien modesto como un hecho genético y celular, el sexo, contra todo pronóstico, ha ganado en complejidad hasta convertirse en sexualidad, una de las fuerzas vivas de la cultura humana, junto con la alimentación, la lucha y el instinto de supervivencia.

¿En qué consiste el sexo desde el punto de vista biológico? Sencillamente en el intercambio de información genética entre dos organismos para crear descendencia. Definido de este modo, el sexo lo practican desde las bacterias hasta los mamíferos.

Nuestra sociedad ha hecho del sexo un producto más de consumo, aprovechando la poderosa llamada que nos empuja a la reproducción. Olores, colores y sabores son monedas de cambio fisiológicas que utilizan los animales para buscar pareja, por lo que no es extraño que la industria cosmética haya aprovechado estas estrategias naturales como negocio lucrativo. Cuando nos ponemos un perfume estamos haciéndonos eco de cientos de millones de años de evolución: el sexo se inventó cuando no había en nuestro planeta más que organismos unicelulares.

La gran mayoría de animales y

plantas se reproducen sexualmente; para hacerlo, necesitan formar unas células llamadas gametos que poseen la peculiar propiedad de almacenar únicamente la mitad de la información genética que normalmente hay en las células del cuerpo. Esto crea dos desventajas que se han dado en denominar *la paradoja del sexo*. Por un lado, la formación de gametos le cuesta mucha energía al organismo, además del gasto que supone para una especie en su conjunto mantener dos sexos en vez de uno. Por otro, al tener que mezclar la información genética, se reduce a la mitad la contribución que cada padre deja a su hijo. En la tercera generación sólo un cuarto de los genes de cada padre ha quedado en la descendencia. En cambio, en la reproducción asexual han pasado todos los genes. Entonces, ¿por qué se ha mantenido la reproducción sexual a lo largo de la evolución?

Cuando nos ponemos un perfume, nos hacemos eco de millones de años de evolución: el sexo se inventó cuando en la Tierra sólo había organismos unicelulares

Al fin y al cabo, hay otras estrategias reproductivas, como la gemación, la reproducción por esquejes o la partenogénesis, que han sobrevivido hasta hoy y hay numerosas especies que las practican, sobre todo en plantas y animales invertebrados. En muchas ocasiones, dependiendo de las condiciones del medio, los organismos pueden elegir entre la partenogénesis y el sexo. En los vertebrados, donde hay más de 40.000 especies en la actualidad, sólo 22 especies de peces, 23 de anfibios y 29 de reptiles se reproducen asexualmente.

Por ejemplo, el género *Cnemidophorus*, que son unas lagartijas americanas cuyas poblaciones están compuestas exclusivamente por hembras y se reproducen de manera asexual, mediante partenogénesis. Estas lagartijas son, en esencia, clones, puesto que las hijas son genéticamente equivalentes a las madres.

Los gametos y la fecundación

UNA CÉLULA HUMANA de la línea somática posee 46 cromosomas que forman 23 parejas, la mitad procedente del padre y la otra mitad de la madre. En otras palabras, la información genética se encuentra duplicada gracias a la contribución de cada progenitor.

De estas 23 parejas de cromosomas hay una cuya combinación determina el sexo genético de la persona que la lleva. Una persona con la pareja XX se convertirá en mujer, mientras que una con la pareja XY se convertirá en hombre.

Sin embargo, ciertas células de la línea germinal, los gametos, poseen sólo 23 cromosomas.

Esto significa que cuando se forma un gameto femenino (durante el desarrollo embrionario), los ovocitos resultantes tienen todos un cromosoma X. Pero cuando se genera un gameto masculino (desde la pubertad hasta bien entrada la vejez), un 50% de los espermatozoides resultantes tiene un cromosoma X y el otro 50%, un cromosoma Y.

En el momento de la fecundación, el material genético del ovocito se une al material genético del espermatozoide. El resultado es un cigoto con 46 cromosomas que comenzará el desarrollo de un individuo con una información genética única.

El comportamiento homosexual

LA ORIENTACIÓN SEXUAL hacia individuos del mismo sexo es un comportamiento natural que se observa en multitud de seres, especialmente en aves y mamíferos. Este comportamiento se ha querido explicar desde diversos puntos de vista, apelando a la presencia de un determinado gen o, simplemente, rechazándola y estigmatizándola como comportamiento antinatural.

En los seres humanos no hay una sola causa que propicie este comportamiento, sino múltiples. La causa biológica más mencionada es el grado de exposición a hormonas masculinas durante el desarrollo del feto

en la madre, que influye en la formación del cerebro. También se ha relacionado una región del cromosoma X (denominada Xq28) con la orientación sexual hacia individuos del mismo sexo.

Estas observaciones no pasan de ser, como mucho, un elemento más en una compleja red de causas y efectos en donde nuestra experiencia como individuos dentro del intrincado tejido social añade un elemento de complejidad singular.

La búsqueda de un gen de la orientación sexual es una búsqueda cuanto menos incompleta, si no estéril.

Estas excepciones del mundo animal tienen muchas dificultades para sobrevivir en caso de un cambio repentino de las condiciones del ambiente porque su variabilidad genética es escasa. Así pues, la explicación a la paradoja planteada descansa en la herencia. La reproducción sexual aumenta la variabilidad genética de la especie y al mismo tiempo se encarga de deshacerse de las mutaciones perjudiciales.

Sexo y división del trabajo

El cuerpo de los primeros seres vivos estaba formado sólo por una célula. Esto significaba que ella sola debía hacer todas las labores: comer y excretar, comunicarse con el exterior y reaccionar a sus influencias, y dividirse para no romper la cadena de la vida. Cuando aparecieron hace más de 600 millones de años los animales, formados de muchas células, una consecuencia inmediata fue la especialización y la división del trabajo. Por ejemplo, aparecieron células dedicadas únicamente a la obtención y procesamiento de los alimentos y otras especializadas en la comunicación con el exterior y el procesamiento de la información. Con el tiempo, estos tipos celulares se organizaron en estructuras de gran complejidad para formar tejidos, órganos como el corazón y el cerebro y aparatos como el digestivo.

La reproducción sexual aumenta la variabilidad genética de la especie y al mismo tiempo se encarga de deshacerse de las mutaciones perjudiciales

La aparición de células especializadas en la reproducción constituyó un logro evolutivo extraordinario. Con ellas, los organismos multicelulares pasaron a tener dos grandes grupos de células. Uno está encargado de las funciones para la supervivencia del individuo: comer, beber, sentir. El otro es responsable de la supervivencia de la especie a través de la reproducción. El primer grupo de células forma la línea somática, mientras que el segundo constituye la línea germinal. Dentro de esta última figuran unas células llamadas gametos (óvulos en las hembras y espermatozoides en los machos), que se forman en un proceso denominado meiosis, un modo peculiar de división de las células, que las deja con sólo la mitad de la información genética.

Durante la meiosis se produce un hecho de particular importancia, denominado recombinación genética, que permite a los gametos resultantes reunir material genético tanto del padre como de la madre (ver gráfico). El resultado directo de la recombinación genética es la generación de variabilidad en la descendencia, lo que favorece la adaptación a un ambiente cambiante.

La reproducción sexual requiere dos sexos diferentes. Ya hemos mencionado que eso constituye un problema para la especie porque la mitad de su biomasa son machos, útiles únicamente para fertilizar a las hembras, que son las que llevan el peso de la reproducción. La decisión de un embrión de convertirse en macho o en hembra depende de la especie. En la mayoría de los mamíferos la determinación del sexo es genética, dependiendo

WYLIE VALE

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA DE PÉPTIDOS DEL INSTITUTO SALK

“La comida siempre gana al sexo”

Wylie Vale es director del laboratorio de Biología de Péptidos del Institute Salk (California) y una de las autoridades mundiales en los mecanismos de regulación hormonal, incluida la dinámica de la reproducción. Autor, junto a Roger Guillemin, de los descubrimientos de hormonas peptídicas en el cerebro que merecieron el premio Nobel de medicina en 1977.

Pregunta. ¿Para qué el sexo?

Respuesta. La respuesta biológica es que proporciona una ventaja competitiva a la mayoría de las especies en la mayoría de los nichos ecológicos, permitiendo una evolución rápida y manteniendo al mismo tiempo una gran variabilidad de genes, listos para ser utilizados cuando resulten adaptativos.

P. ¿Cuáles son las bases genéticas y hormonales más importantes para la determinación sexual en humanos?

R. El cromosoma Y, con todas las proteínas que codifica, determina el sexo en humanos. En cuanto a la orientación, los esteroides sexuales modifican en los adultos la intensidad de la motivación, no de la orientación. Pero pueden ser importantes para determinar la orientación durante las fases críticas del desarrollo, que parece que ocurre en el útero.

P. El sexo, la comida, ¿cuál es la conexión hormonal entre ellos?

R. La comida siempre gana al sexo. A medida que el peso corporal, la grasa, se reduce a niveles por debajo de lo que puede mantener el hipotálamo, el deseo sexual y la fertilidad se reducen. Por otro lado, si el peso aumenta [bromea], entonces es más difícil encontrar pareja.

P. El sistema neuroendocrino regula y coordina el sexo, la alimentación, el instinto de supervivencia y el de lucha. ¿Cómo lo logra?

R. El sistema neuroendocrino del hipotálamo [un área del cerebro] comprende numerosas clases de células y una gran diversidad de señales químicas. Las funciones clave, como la regulación de la alimenta-



Wylie Vale.

ción, presentan una redundancia considerable, con docenas de transmisores y hormonas que estimulan, y muchas más que suprimen el apetito. El uso combinado de estas señales múltiples permite elegir con precisión las respuestas.

Los indicadores del estado del cuerpo con respecto a posibles amenazas, al estrés, la temperatura ambiente, la disponibilidad de un refugio, la sobrepoblación, las oportunidades para el apareamiento, etcétera producirán un impacto en cualquiera de estas funciones. En vez de establecer en todo momento un único nivel de homeostasis [equilibrio] para cualquier parámetro, las circunstancias pueden provocar otro punto de equilibrio que podría tener consecuencias patológicas.

Por ejemplo, el estrés crónico, especialmente en neonatos e incluso en fetos, puede dar lu-

gar a un estado de mayor activación hormonal y comportamiento alerta que, se presume, producirán más tarde, en la vida del individuo, desórdenes psíquicos.

P. Ciertos tipos de infertilidad están asociados claramente a alteraciones endocrinas, ¿y el comportamiento sexual?

R. El comportamiento sexual declina con la pérdida de esteroides sexuales. Si no, ¿para qué castrar a los guardas de un harén? En general hay una correlación pequeña entre esteroides sexuales y comportamiento sexual humano, especialmente evidente con niveles muy bajos de hormonas. Pero existe una variabilidad individual muy grande (algunos *castrati* fueron famosos por ser *zorros en el gallinero*). En nuestra especie, cuando hay niveles bajos de esteroides sexuales, parece que hay otros factores que dominan el apetito sexual.

El sexo va más allá de la posesión o no de un cromosoma. En los mamíferos también influye el flujo hormonal durante el desarrollo y el crecimiento

de la presencia del cromosoma Y en los individuos machos. En otros grupos de animales es un problema de temperatura. En los cocodrilos, por ejemplo, el embrión se convertirá en hembra a temperaturas bajas y en macho a temperaturas más altas, mientras que en tortugas es justo al revés.

Con todo, no es sólo la presencia de los cromosomas correspondientes lo que determina que un individuo muestre las características de uno u otro sexo. En los mamíferos también influye el flujo hormonal durante el desarrollo y el crecimiento. Así, puede darse el caso de individuos que, a pesar de ser genéticamente de un sexo, presentan los rasgos externos de otro. El sexo va más

allá de la posesión o no de un cromosoma.

La naturaleza ha creado tantas estrategias para la reproducción como pueda uno imaginar. En algunas especies, los machos mantienen una única pareja durante toda su vida (asegurándose que la energía que va a invertir en el cuidado de los hijos hará que sus genes se propaguen), mientras que en otras especies cambian continuamente, con la esperanza de que en alguna de las aventuras promiscuas alguna hembra quede embarazada.

Igualmente, para las hembras hay de todo. Si elige pareja estable es para invertir en un macho que sabrá cuidar de sus hijos, proveyendo comida y protección. También las hay que, cuando están en

celo, intentarán aparearse con tantos machos como sea posible.

También hay estrategias hermafroditas, en las que el mismo organismo es capaz de formar los gametos femenino y masculino. Y hay estrategias asexuadas, en las que la descendencia son clones del progenitor. La partenogénesis es una de ellas, bastante extendida entre los invertebrados, pero también presente en vertebrados. En este caso, el ovocito de la hembra comenzará a desarrollarse sin necesidad de ser fecundado por el gameto masculino. Todavía hay más. Algunos organismos han desarrollado una extraña estrategia: la hembra, tras ser fecundada por el macho, lo mata.

El mensaje de la naturaleza con todo esto es claro: la reproducción puede llevarse a cabo usando distintas estrategias y el sexo es, simplemente, una más.

Tomando la descendencia como referencia se han desarrollado dos estrategias básicas. Unas especies priman la cantidad sobre la calidad. Los peces son un buen ejemplo de ello. Las hembras depositan miles de huevos sin fecundar y los machos esparcen millones de espermatozoides sobre ellos. El resultado son muchos peces que individualmente tendrán pocas probabilidades de sobrevivir.

En la especie humana se ha desarrollado una estrategia que favorece el sexo por placer para maximizar las posibilidades de tener hijos

La segunda estrategia prima la calidad: poca descendencia acompañada de unas pautas de conducta que aseguren la supervivencia de los pequeños. Es el caso de la especie humana. En ella, sus peculiares características han favorecido un comportamiento adicional: el sexo por placer (también presente en otros primates). Como elemento de placer, el sexo está presente en la escena cultural humana como una de sus fuerzas básicas.

El sexo como actividad social se sitúa por tanto en dos planos: el placer y la reproducción. El segundo es obviamente importante para la supervivencia de la especie. Y el sexo por placer no es sino un modo de asegurar que el segundo se llevará a cabo en especies en las que la fertilidad femenina no resulta aparente.

Casi todos los mamíferos manifiestan los periodos de fertilidad de un modo aparente, con cortejos, con cambios físicos tales como el agrandamiento de los genitales femeninos o segregando fuertes olores. En el caso de la especie humana esta señal de fertilidad no existe, por lo que nunca podemos saber, mediante señales externas, cuándo una mujer se encuentra en el periodo de fertilidad (normalmente una ventana de una semana escasa alrededor del día de ovulación). Así se ha desarrollado una estrategia consistente en favorecer el sexo por placer para maximizar las posibilidades de tener hijos.

Pero una vez más, la especie humana ha sabido trascender el legado biológico y separar ambos planos de manera clara. El sexo se ha convertido en un hecho cultural, social y a veces familiar que puede quedar tan lejos de la reproducción como la mujer y el hombre decidan.