

Los contaminantes y la selección sexual:

cuando ser sexy puede costar

la vida

BENIGNO GÓMEZ

Cuando pensamos en los daños que la contaminación ocasiona, nos vienen a la mente imágenes de aves cubiertas de petróleo derramado por barcos encallados y plataformas de perforación en llamas, en los miles de peces que ocasionalmente aparecen muertos flotando en un río o frente a una playa. Sin embargo, la muerte no es la única consecuencia de la contaminación. Los seres vivos también son afectados de otras maneras más sutiles y no atraen la atención de los medios de comunicación, aun cuando los daños son tan severos como para extinguir a toda una población. Les presentamos una de las formas en que esto puede llegar a suceder.

De acuerdo con Darwin, los individuos más exitosos son aquellos que perpetúan su linaje transmitiendo sus genes a las siguientes generaciones. Para lograrlo, deben adaptarse a las condiciones particulares del medio donde viven, aparearse exitosamente y tener crías de suficiente calidad para sobrevivir y reproducirse. No obstante, las condiciones no son las mismas para ambos sexos.

Las hembras producen, en pequeñas cantidades, gametos de gran tamaño con numerosos nutrientes (por ejemplo, las mujeres producen un número finito de óvulos que liberan cada mes hasta la llegada de la menopausia). En cambio, los machos producen continuamente grandes cantidades de espermatozoides, pequeños y móviles. No es difícil concluir que la reproducción en las hembras es restringida por el número de óvulos que producen, mientras que en los machos se ve acotada por el número de óvulos que fertilizan. Por esta razón, las hembras pierden más en un apareamiento erróneo (como aparearse con un macho enfermizo o de otra especie), por lo que deben evaluar escrupulosamente a los machos antes de aceptar aparearse con alguno, lo que obliga a los machos a competir por ser el elegido, usualmente mediante el cortejo.

Un macho guapo es exitoso. ¿Frivolidad de las hembras?

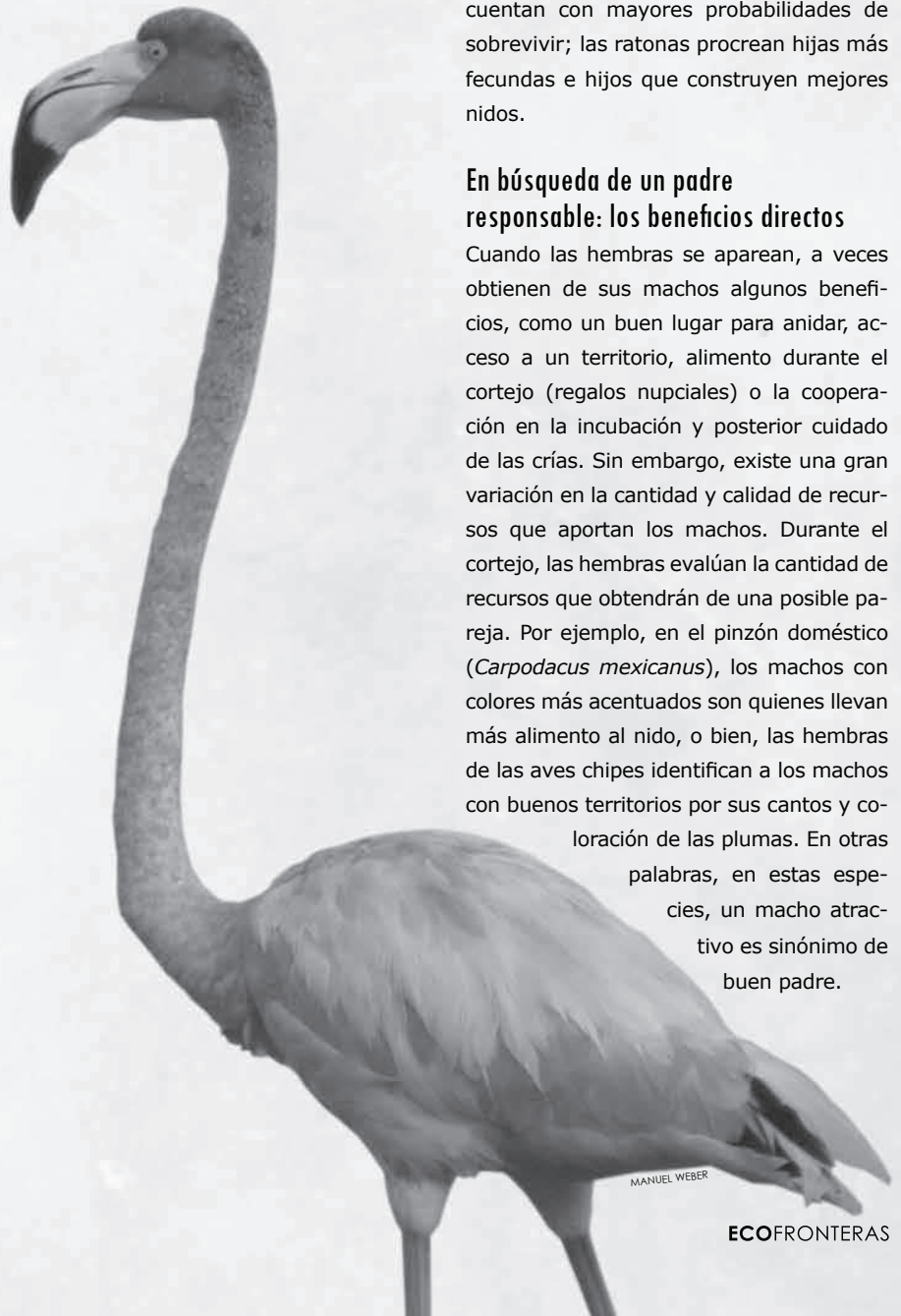
Las hembras que son forzadas a aparearse con machos que no les resultan atractivos, retrasan la liberación de sus huevos, como en el caso del salmón (*Salmo salar*), o los ponen en menor cantidad, como sucede en las ranas. Sin embargo, cuando ellas eligen, gastan tiempo y energía en la búsqueda y evaluación de posibles parejas, se exponen a ser depredadas o infectadas por parásitos y al mismo tiempo resisten el acoso de los machos no deseados. Los riesgos que implica esta selectividad nos obligan a preguntarnos: si la

preferencia de las hembras por los machos atractivos fuera simplemente una frivolidad, ¿por qué correr los riesgos que conlleva la búsqueda de un macho atractivo? ¿Obtienen algunos beneficios que compensan los costos?

La realidad es que cuando las hembras eligen con quien aparearse, suelen ser más exitosas en la reproducción que cuando lo hacen al azar. Por ejemplo, las hembras de pavo real ponen más huevos al escoger a machos con colores brillantes o con un cortejo intenso; en este mismo sentido, las hembras de peces gupis y de grillos tienen crías que tienden a crecer más rápido; en los gorriones, las crías cuentan con mayores probabilidades de sobrevivir; las ratonas procrean hijas más fecundas e hijos que construyen mejores nidos.

En búsqueda de un padre responsable: los beneficios directos

Cuando las hembras se aparean, a veces obtienen de sus machos algunos beneficios, como un buen lugar para anidar, acceso a un territorio, alimento durante el cortejo (regalos nupciales) o la cooperación en la incubación y posterior cuidado de las crías. Sin embargo, existe una gran variación en la cantidad y calidad de recursos que aportan los machos. Durante el cortejo, las hembras evalúan la cantidad de recursos que obtendrán de una posible pareja. Por ejemplo, en el pinzón doméstico (*Carpodacus mexicanus*), los machos con colores más acentuados son quienes llevan más alimento al nido, o bien, las hembras de las aves chipes identifican a los machos con buenos territorios por sus cantos y coloración de las plumas. En otras palabras, en estas especies, un macho atractivo es sinónimo de buen padre.



MANUEL WEBER



HUMBERTO BAHENA

Quiero crías tan guapas y saludables como su padre: los beneficios indirectos

El enigma de la selectividad de las hembras pareciera haberse resuelto con el referente del macho colaborador, pero no es así. En varias especies, ellos simplemente se aparean y dejan todo el cuidado de sus crías a las hembras. El biólogo evolucionista George C. Williams en su libro *Adaptación y selección natural*, propuso que el grado de desarrollo de los caracteres sexuales secundarios de los machos (atributos corporales que distinguen a los sexos de una especie en la edad adulta) refleja su calidad genética. Las hembras, al aparearse con los machos más llamativos, obtienen para sus hijos genes de alta calidad que les permitirán ser resistentes a pará-

sitos, detectar a tiempo a un depredador y ser fuertes y agresivos para ganar un territorio, entre otras cualidades.

Todo se lo debo a mis hormonas

La importancia de las hormonas en el éxito reproductivo de cualquier organismo es de gran trascendencia. En las aves hay muestras contundentes: es posible predecir el número de pollos que tendrá una determinada pareja en la temporada reproductiva, basándose únicamente en sus concentraciones de prolactina y corticosterona. La fecha en la que empiezan a poner huevos y la cantidad que ponen, la proporción de sexos, la conducta de incubación y el cuidado parental son modulados por una serie de hormonas entre las

que se encuentran los estrógenos, la progesterona y la prolactina. La testosterona no solo induce una mayor agresividad en los machos, lo que les permite mejorar su posición en la jerarquía de dominancia y defender con éxito sus huevos o pollos, también es la responsable de que exhiban fastuosos plumajes y cantos melódicos que resultan atractivos para las hembras.

Los disruptores endócrinos, ¿qué tanto es tantito?

El vertiginoso crecimiento poblacional humano ha ocasionado un incremento desmesurado en el consumo de plaguicidas, hidrocarburos y otros productos, como los plásticos que terminan contaminando el medio ambiente. No fue sino hasta la publicación del libro *La primavera silenciosa* de Rachel Carson, cuando entendimos por qué el cascarón de los huevos de las aves era tan delgado que se rompía durante la incubación, los peces presentaban características sexuales tanto de machos como de hembras, las hembras de muchas especies se volvían infértiles y los machos presentaban una conducta sexual anormal.

¿Qué causó todos estos trastornos? La respuesta nos la dieron Theo Colborn, Diane Dumanoski y Pete Myers cuando compilaron, analizaron y sintetizaron toda la evidencia que existía sobre el problema en el libro *Nuestro futuro robado*. ¿Amenazan sustancias químicas sintéticas nuestra fertilidad, inteligencia y supervivencia?, publicado en 1996. Los autores concluyeron que dichos trastornos eran ocasionados por un gran número de sustancias químicas, como plaguicidas (fungicidas, herbicidas e insecticidas), anticonceptivos y metales pesados vertidos al ambiente de forma cotidiana, que impiden que el sistema endócrino trabaje normalmente al interferir en la producción, transporte, metabolismo y excreción de las hormonas. Estas sustancias son conocidas como disruptores endócrinos y ahora se sabe que basta una concentración muy baja de ellas para causar daño.

Después del derrame de petróleo provocado por el hundimiento del buque *Prestige* en España, algunas especies de gaviotas tenían niveles altos de carotenoides en sangre, pero el color rojo de sus picos –atributo importante en la elección de pareja– se volvió más pálido.

La conducta sexual, al ser influida por las hormonas, es susceptible de ser afectada por estos disruptores. Compuestos químicos como El 17 β -estradiol (hormona usada en terapias de sustitución hormonal y en tratamientos de infertilidad en las mujeres), el octilfenol (sustancia usada para producir detergentes), el plaguicida metilparatión y la flutamida (un medicamento contra el cáncer de próstata) causan una reducción significativa en la intensidad del cortejo, disminuyen el tamaño de las aletas de algunos peces –atributo importante durante la elección de pareja–, sesgan la proporción de sexos hacia las hembras, alteran el desarrollo normal de los caracteres sexuales secundarios y opacan los colores que los machos exhiben durante el cortejo y que reflejan su estatus de dominancia, habilidad en el cuidado parental o calidad genética en algunas especies. Parecen alteraciones menores, pero pueden provocar que la selectividad de las hembras se pierda y la calidad de las nuevas generaciones se vea comprometida.

El dilema de los machos: atractivos o saludables


Como vimos anteriormente, uno de los atributos de los machos que suelen evaluar las hembras es su coloración. Los carotenoides son unos pigmentos orgánicos que obtienen de su alimento. Estos carotenoides colorean de amarillo, naranja y rojo tanto el cuerpo como los ornamentos sexuales de los machos de varias especies. En ese sentido, los pigmentos juegan un papel muy importante en el éxito reproductivo de los machos, pues aquellos con mayores concentraciones de carotenoides presentan colores más brillantes y son más atractivos para las hembras que los machos con niveles deficientes de tales

sustancias. Más aún, Como los carotenoides solo se obtienen mediante el consumo de ciertos alimentos que no siempre son abundantes, los machos más coloridos les indican a las hembras que son muy buenos consiguiendo alimento rico en carotenoides y por consiguiente, serán buenos proveedores de alimento para sus crías.

Los carotenoides desempeñan otra función que también es vital para los seres vivos: modular la respuesta inmune y neutralizar los efectos de los radicales libres (estrés oxidativo) producidos, entre otros, por contaminantes que ocasionan daños a las células, tejidos y mutaciones en el ADN, lo que hace que los organismos envejeczan más rápido y enfermen con mayor frecuencia.

En un ambiente prístino, de los cuales ya no hay muchos en nuestro país, los machos pueden usar una buena cantidad de sus carotenoides en verse más atractivos, mientras que en ambientes de mucho estrés, como el producido por la contaminación, el uso de los pigmentos se vuelve más complejo. Los organismos disponen de una cantidad limitada de carotenoides, ya que deben realizar otras actividades además de alimentarse: cuidarse de los depredadores, buscar con quien reproducirse, incubar sus huevos, alimentar a sus crías. Por lo tanto, la puesta en marcha del proceso de protección contra los contaminantes puede reflejarse en la baja intensidad de la coloración de los machos. En otras palabras, cuando los machos se ven expuestos a los contaminantes, sus niveles de carotenoides en la sangre se elevan para neutralizar con más eficiencia los efectos oxidativos de esos agentes, a costa de su coloración. Esto fue lo que sucedió en algunas especies de gaviotas después del derrame de petróleo provoca-

do por el hundimiento del buque *Prestige* en España: las aves tenían niveles altos de carotenoides en sangre, pero el color rojo de sus picos –atributo importante en la elección de pareja– se volvió más pálido.

Entonces, tal parece que bajo condiciones de estrés, existe un conflicto entre el uso de los carotenoides para ser más atractivos y la protección contra los daños causados por el estrés ambiental. La lógica nos dice que los machos deberían dar prioridad a mantenerse sanos incluso a costa de ser menos llamativos. Sin embargo, el costo de no ser lo suficientemente atractivos para las hembras es demasiado alto: fracasar en su intento de transmitir sus genes a la siguiente generación. Para mantener vivo su linaje no hay otra solución que aceptar el peligro que ello implica. En otras palabras, para ser sexy en un ambiente contaminado, hay que arriesgar la vida. 

Cesar Alberto González Zuarth colabora en proyectos de investigación de ECOSUR Campeche (cagonzal_z@yahoo.com). Adriana Vallarino Moncada es investigadora postdoctorante en ECOSUR Campeche (avallarinom@gmail.com).



elaboración