

SOBRE HOMBROS DE GIGANTES

Evolución

Los científicos estiman que en la Tierra han existido 500 millones de especies. Se calcula que actualmente existen cerca de nueve millones, de las cuales solo conocemos un 10%. Esta diversidad de especies ha evolucionado a lo largo de miles de millones de años a partir de un ancestro común.

De la evolución depende nuestro alimento, los medicamentos, los procesos y productos que aseguran nuestra supervivencia como especie. Ella actúa por medio de mecanismos como la selección natural o la selección sexual, y tiene el propósito de asegurar la adaptación y el equilibrio dinámico en la naturaleza. ¿Pero qué ocurre cuando el Ser Humano comienza a intervenir en este proceso para su propio beneficio? Esta es una de las interrogantes que se abordan en este capítulo de Sobre Hombros de Gigantes.

Material adicional

En estos enlaces, podrá acceder a más información sobre los temas que se abordan en el Capítulo:

- [El tucu tucu, un modelo de estudio en evolución](#)
- [La teoría de la selección natural de Darwin](#)
- [Evolución viral](#)

A continuación se enlazan algunas entrevistas de interés sobre el tema:

- [Aprender de las arañas en este San Valentín](#) (Revista Cromo)
- [Male spiders want to mate, but don't want to die](#) (Entrevista para el diario The Boston Globe, Estados Unidos)
- [Gifts During Sex Matter After](#) (Entrevista para la revista online The Scientist.com, año 2013)
- [8-Legged Sex Trick? Spiders Give Worthless Gifts, Play Dead](#) (Entrevista para la revista online LiveScience.com, 2011)
-

SOBRE HOMBROS DE GIGANTES

⇒ Ver video con más información sobre Darwin en Uruguay en el Menú: **Material Extra**

⇒ Ver video con más información sobre Modelos biológicos en el Menú: **Material Extra.**

- Se anexan dos artículos vinculados a Selección Natural (ver página 3).

Ficha técnica del programa:

Entrevistados:

- **Enrique P. Lessa**, Profesor de Evolución de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República.
- **María J. Albo**, Investigadora del Laboratorio de Etología, Ecología y Evolución del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE).
- **Ivanna H. Tomasco**, Asistente del Laboratorio de Evolución (Departamento de Ecología y Evolución), de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República.
- **Dra. Bettina Tassino**, Profesora Adjunta de la Sección Etología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República.



ARAÑAS CHARRÚAS:

hembras que eligen machos fuertes y con regalos bien envueltos.

Mariana Celeste Trillo¹, Valentina Melo González¹, María José Albo²

RESUMEN

Los machos de la araña *Paratrechalea ornata* tienen la particularidad de construir «regalos nupciales», que ofrecen a las hembras para obtener más cópulas y así más descendientes. Estos regalos son usualmente presas que los machos capturan y luego envuelven en seda blanca. En el Laboratorio de Etología, Ecología y Evolución del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, se investigó cómo el color blanco del regalo nupcial puede influir en la aceptación de la cópula por la hembra. También se investigó si esta envoltura en seda es afectada por la condición alimenticia del macho, y se estudiaron regalos de machos recolectados en su hábitat natural para corroborar los datos obtenidos en el laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Con el fin de reproducirse, los machos de todas las especies animales comúnmente cortejan a las hembras mediante energéticos y conspicuos comportamientos. De esta manera llaman su atención e intentan seducirlas para finalmente tener descendencia. Las hembras consideran y evalúan a los machos a partir de estos caracteres extraordinarios. Esos comportamientos pueden ser tan singulares como el hecho de producir un regalo y ofrecerlo con toda galantería. Es así que en muchas especies, principalmente entre los invertebrados, los machos ofrecen a las hembras lo que en el mundo científico se conoce como *regalos nupciales*. Estos regalos son ofrecidos durante el cortejo a la vez que el macho danza mostrando sus habilidades y atributos. Los regalos nupciales pueden

¹ Laboratorio de Etología, Ecología y Evolución, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. Montevideo, Uruguay. 24871616 int. 160. maritrillo87@gmail.com

consistir en sustancias que el propio macho produce, como regurgitaciones, secreciones glandulares o salivares, pero también pueden ser presas u objetos recolectados en el ambiente. Como en estas especies las hembras prefieren a los machos que ofrecen esas donaciones, los machos capaces de invertir en regalos serán aceptados más fácilmente y en general podrán copular por más tiempo, lo que, como consecuencia, aumentará el número de descendientes.

Esta estrategia de cortejo es comúnmente estudiada en insectos y menos conocida en arañas. Sin embargo, es frecuente en la araña *Paratrechalea ornata* (Trechaleidae). Esta es una especie semiacuática que habita en zonas de la región neotropical y es una de las más de 200 especies autóctonas de Uruguay. Puede encontrarse en cursos de agua como arroyos o ríos con piedras, usualmente ubicadas debajo de las piedras durante el día y sobre ellas durante la noche, con el primer par de patas apoyadas en el agua circulante. En nuestro país, esta especie tiene dos épocas reproductivas (marzo-julio y setiembre-diciembre), en las que machos y hembras copulan principalmente durante el crepúsculo y la noche.

Los regalos nupciales en *P. ornata* consisten en presas capturadas y empaquetadas en seda (blanca). En general, los machos comienzan a envolver la presa en seda luego de detectar las feromonas sexuales asociadas a los hilos de seda que las hembras dejan mientras caminan por las piedras. Una vez que el paquete está listo, lo cargan en sus piezas bucales o quelíceros (figura 1) y lo ofrecen con variados despliegues y danzas. En trabajos anteriores en esta especie se encontró que el número



Figura 1. Macho de *Paratrechalea ornata* cargando un regalo nupcial.

y tiempo de cópula son menores cuando el macho no ofrece un regalo nupcial, es decir que las hembras realmente prefieren y premian la presencia de regalo para copular. Por otro lado, se ha sugerido que en el regalo existen químicos asociados a la seda cuyo aroma les permite a los machos atraer a las hembras, posiblemente por brindar información acerca de su calidad. Experimentos recientes en nuestro laboratorio demuestran que, sin importar el tamaño de la presa a envolver, la cantidad de seda que los machos invierten en cada envoltura es la misma. Como el área a cubrir con seda depende del tamaño de la presa, los regalos más grandes se ven más oscuros y los pequeños se ven más blancos, y curiosamente estos últimos son aceptados más rápidamente por las hembras. Esto último nos llevó a la pregunta: ¿será que la envoltura en seda es una señal visual utilizada por la hembra para evaluar al macho durante el cortejo? Para responderla diseñamos experimentos en el laboratorio y también realizamos un muestro en el campo para cotejar los datos de laboratorio con los encontrados en la naturaleza.

HEMBRAS ATRAÍDAS POR EL COLOR BLANCO DEL REGALO

Para saber si el color del regalo funciona como señal y si esa señal es seductora para las hembras, realizamos un experimento en el que enfrentamos hembras a machos sin regalo en uno de dos grupos, machos con los quelíceros (piezas bucales) pintados de blanco o machos con los quelíceros sin pintar. De esta forma observamos la respuesta de las hembras frente a los quelíceros blancos que imitaban los regalos transportados por los machos, descartando otras posibles señales e información propia de la envoltura en seda. Además formamos un tercer grupo (control) en el que los machos fueron pintados de blanco pero en la parte ventral, lugar que las hembras potencialmente no ven durante el cortejo, para evaluar un posible efecto de la pintura (figura 2). Encontramos que las hembras no solo prefieren copular con los machos de quelíceros blancos, sino que tardaron menos en acercarse, se mantuvieron más cerca de ellos,



Figura 2. Grupos experimentales para ver la respuesta de las hembras expuestas a machos con distinto color en los queliceros (o piezas bucales): a) machos con los queliceros pintados de blanco, b) machos sin pintar, c) machos con el vientre pintado de blanco (grupo de control).

incluso tocándolos más activamente (como solicitándoles el regalo, que en realidad no tenían). Por tanto podemos decir que, sumado a los potenciales químicos de atracción contenidos en la seda, el color del regalo es importante para seducir a las hembras durante el cortejo, momento en el que el macho se acerca mostrando sus habilidades.

MACHOS MÁS FUERTES Y MÁS SEDUCTORES

Una vez que supimos que el color blanco seduce fuertemente a las hembras, decidimos investigar un poco más. Esta vez nos preguntamos si la seda es un indicador de la condición corporal y la calidad del macho. En otras palabras, si las hembras determinan la condición del macho a través del regalo durante el cortejo, para decidir si copular o no. Para los experimentos dividimos a los machos de *P. ornata* en dos grupos. Al primero de ellos lo alimentamos todos los días, con lo que logramos que estuvieran en muy buenas condiciones alimenticias. Se sabe que estas arañas pueden vivir más de un mes sin alimentarse y que además en el campo la condición corporal de los machos varía de muy buena a muy mala, por lo tanto al segundo grupo de machos no lo alimentamos por un lapso de 21 días (machos en malas condiciones alimenticias). Para investigar si la seda es un rasgo que depende de la condición del macho, expusimos cada macho con una presa recién capturada (mosca doméstica) a una hembra diferente y observamos los tiempos de envoltura en seda. Como resultado, vimos que los machos que estaban en

malas condiciones alimenticias tuvieron menor número de envolturas en seda, y debido a que depositaron menos seda sobre la presa, sus regalos no se veían blancos. Por el contrario, los machos que estaban en buenas condiciones alimenticias incluyeron un mayor número de envolturas en seda y sus regalos resultaron bien blancos. Tras estos experimentos podemos decir que la envoltura en seda es un rasgo muy importante durante el cortejo. Los machos más fuertes pueden invertir más en seda y consecuentemente son más seductores, ya que las hembras basan su elección en la apariencia del regalo.

REGALOS NUPCIALES EN EL CAMPO URUGUAYO

Para ver qué es lo que ocurre en la naturaleza, fuimos al hábitat natural de *P. ornata* a recolectar machos con regalo nupcial. En esta oportunidad nos dirigimos al río Santa Lucía, a la altura de Arequita, Lavalleja (figura 3). Allí esperamos a la noche y, ayudadas por linternas de minero, buscamos



Figura 3. Hábitat natural de *Paratrechalea ornata*.



Figura 4. Recolecta nocturna de *Paratrechalea ornata* con linternas de minero y a orillas del río. (Foto: Ignacio Escalante.)

y recolectamos machos con regalos a orillas del río (figura 4). Una vez en el laboratorio, revisamos los regalos con una lupa, registramos el color, la cantidad de envolturas y el contenido; además se calculó la condición corporal (medida y peso) de los machos. Encontramos que la mayoría de los regalos contenían en su interior entre una y tres presas, usualmente insectos. Pudimos comprobar los hallazgos del laboratorio, ya que los machos con mejor condición corporal cargaban regalos con más capas de seda (más de dos envolturas) y más blancos, por lo tanto, mejor envueltos.

CONCLUSIÓN

Así entonces vamos conociendo un poco más de las arañas charrúas y su biología reproductiva. Ahora sabemos que el color blanco del regalo nupcial en esta especie de araña funciona como una señal transmitida por los machos durante el cortejo para conquistar a las hembras. Un regalo bien

envuelto en seda puede ser indicativo de la condición corporal de un macho, ya que solo aquellos en buen estado físico serán capaces de hacerlo. Por esto mismo las hembras prefieren a los machos con regalos más blancos, ya que son un reflejo de su calidad como posible pareja, sin importar el contenido.

Referencias relacionadas con este artículo se pueden encontrar en:

Trillo, M. C.; Melo-González, V. y Albo, M. J. (2014). «Silk wrapping of nuptial gifts as visual signal for female attraction in a crepuscular spider».

Naturwissenschaften - The Science of Nature.

Regalos nupciales en arañas

Por María José Albo*

El encuentro sexual entre arañas puede ser peligroso para el macho. Las hembras pueden devorarlos antes, durante o después de la cópula, como hace la famosa viuda negra. Una táctica adoptada por los machos para poder copular es el ofrecimiento de regalos nupciales. Hasta hace pocos años sólo se conocían tres especies de arañas que tenían este comportamiento pero, recientemente, un investigador brasilero lo encontró en varias especies de otra familia de arañas. Como esta familia se encuentra también en Uruguay, científicos del Instituto de Investigaciones Clemente Estable la investigan.

Se conocen actualmente más de 40.000 especies de arañas, que se distribuyen por todo el mundo y por casi todos los ambientes. Se alimentan de una amplia variedad de pequeños artrópodos, y se caracterizan por la producción de seda, la que es utilizada de diversas maneras. El uso más conocido de la seda es para la elaboración de “telarañas”, redes capaces de enganchar presas voladoras o saltadoras. Además de esta función la seda es utilizada como cinturón de seguridad por el cual cuelgan muchas veces, o la utilizan para retornar a su hogar siguiendo los hilos de seda que liberaron al caminar. Asimismo, las hembras utilizan la seda para envolver los huevos, formando una estructura llamada ooteca, donde los huevos permanecen bajo condiciones óptimas y protegidos hasta la emergencia de las arañitas.

En los últimos años se ha prestado mayor atención a la química de la seda y varios trabajos muestran que, asociadas a ésta, hay feromonas, sustancias químicas cuya función es atraer al otro sexo durante la estación reproductiva.

Las arañas, para crecer en tamaño, deben mudar, es decir, cambiar su dura piel, proceso que puede repetirse cada pocos meses o bien cada uno o dos años dependiendo de la especie, la edad y la época del año. Con escasas excepciones, las hembras son más grandes que los machos. Los machos maduran antes, a veces tras un menor número de mudas, y viven menos tiempo que las hembras.

Una vez que son adultos los machos, incluso aquellos de especies que viven toda su vida en una misma tela, salen a buscar hembras para el apareamiento y por lo general lo hacen sin alimentarse previamente. Esto les impone costos altos y muchos mueren en esta aventura, víctimas de la depredación, o los infortunios del clima.

Cortejo

Cuando el macho encuentra a su posible pareja realiza un cortejo, a veces muy elaborado, que se caracteriza por diversas señales ya sean visuales, táctiles o vibratorias, a las cuales responderá o no la hembra. El encuentro puede ser peligroso para el macho. En muchos casos sucede el canibalismo sexual: la hembra devora al macho después de la cópula, como es el caso de la famosa viuda negra (género *Lactrodectus*). Por esto, los machos adoptan diferentes tácticas para poder copular, las cuales varían con la especie.



Hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Paratrechalea ornata* (*Trechaleidae*) enfrentados durante el cortejo ambos tomando el regalo nupcial. Foto: M.J. Albo.

En algunas especies esperan que la hembra esté comiendo para acercarse, ya que, con sus quelíceros ocupados no podrá morderlo; otros “atan” con hilos de seda a la hembra... Una estrategia bien distinta -y elegante- es el ofrecimiento de regalos nupciales, bastante comunes en los insectos pero raros en arañas.(1) Dependiendo de cada especie, los regalos nupciales pueden ser presas, secreciones, o regurgitaciones que el macho dona a la hembra durante el cortejo o la cópula, posibilitando así la transferencia de esperma.

Motivos

Existen varias hipótesis sobre los motivos por los cuales el macho le entrega un regalo a una hembra. Además del caso mencionado, planteado para aquellas especies altamente caníbales, en las que el ofrecimiento del regalo evitaría el ataque de la hembra -la llamada hipótesis antipredadora-, hay una hipótesis que establece que, alimentando a la hembra, el macho invierte en sus hijos, porque la hembra utilizaría los nutrientes para generar más huevos (y por lo tanto más hijos) o hijos más vigorosos; es la hipótesis de “inversión parental”. Otra hipótesis es la llamada “esfuerzo de cópula”: el regalo mantiene a la hembra ocupada comiendo, lo que permite al macho aumentar el tiempo de cópula y obtener mayor número de hijos.

Hasta hace pocos años sólo se conocían los regalos nupciales en tres especies de arañas, una europea denominada *Pisaura mirabilis* y otras dos, japonesas, *Pisaura lama* y *Perenethis fascigera*. Son tres especies en casi 40.000 y sólo se ha estudiado el fenómeno con profundidad en *Pisaura mirabilis*. En ésta, el macho captura una presa y la envuelve en seda hasta formar un paquete redondo que agarra con la boca, en lo que sería otra función para la seda. Luego sale en busca de una hembra. Cuando la encuentra le ofrece el regalo y, una vez que la hembra lo agarra, sucede la cópula.

Estudio de las hipótesis

Lo primero que se hizo para poner a prueba la idea de que los machos de *Pisaura mirabilis* donan el regalo para evitar ser canibalizados fue observar si los machos sin regalo eran agredidos y si los que poseían regalo no lo eran. Como resultado, se vio que pueden existir cópulas sin regalo en las que los machos no mueren y, además, que el canibalismo no es tan común como se pensaba.

Para probar la hipótesis de “inversión parental”, la que supone que el regalo permitirá tener mejor descendencia, se observó la descendencia de hembras copuladas con y sin regalo. En esta se esperaba, cuando hubo regalo, encontrar hijos de mayor tamaño o que lleguen a adultos en mayor cantidad. No se ha encontrado ninguna pista que indique la veracidad de esta hipótesis.

La tercera hipótesis, la del “esfuerzo de cópula”, plantea que el regalo en realidad le sirve al macho para transferir más cantidad de

esperma consiguiendo fecundar más huevos y por lo tanto tener más hijos. Consecuentemente, se observaría que los machos con regalo tendrían más hijos que los machos sin regalo. Varios trabajos confirman esta idea, y además se encontró que los machos que hacen un regalo más grande tienen más hijos aún.

Finalmente, y en paralelo a esta última hipótesis, puede suponerse que el regalo tenga un fin alimenticio para la hembra, que le permita desarrollarse fisiológicamente y evitar riesgos de predación. Se observaría entonces que las hembras con hambre serían más exigentes con la presencia de regalo que las hembras saciadas. Así fue: se encontró que las hembras hambrientas aceptaban con más frecuencia las cópulas con regalo y rechazaban a los machos sin regalo....

Nuevos hallazgos

Hace pocos años un investigador brasileño, Luiz Ernesto Costa-Schmidt, encontró que en varias especies de otra familia de arañas los machos también fabrican regalos nupciales. Sorprendentemente encontró también estas especies en Uruguay. Estas especies pertenecen a la familia *Trechaleidae*, viven cerca de cursos de agua, y pueden caminar por encima de esta e incluso sumergirse por unos minutos.

A partir de estos hallazgos, un grupo de investigadores del Laboratorio de Etología, Ecología y Evolución del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable empezó a trabajar en estas arañas. La primera pregunta planteada fue: ¿En qué momento el macho decide construir un regalo a partir de una presa en vez de comerla? La construcción del regalo nupcial para un macho, además de una tarea costosa en tiempo y energía, puede llegar a ser una tarea peligrosa, ya que durante ese tiempo el macho está indefenso ante ataques de otros depredadores: sapos, ranas u otras arañas. Por otro lado no sería conveniente hacer un regalo y deambular la noche entera buscando infructuosamente a una hembra. Lo más exitoso sería -pensamos- construir un regalo una vez que encontró una hembra o detectó sus rastros. Podría ser que encontrara seda con rastros químicos, las “feromonas”, liberadas por alguna hembra. Sin embargo, había un problema con esta idea: como muchas feromonas se desnaturalizan con el agua y el rocío, y estas arañas viven sobre



Diseño experimental recreando las condiciones naturales.

Foto: M.J. Albo.



Macho ofreciendo regalo nupcial a hembra (dentro de jaula). Foto: M.J. Albo.

el agua, se podrían perder rápidamente dichos rastros.

Para poner a prueba la hipótesis de que la seda que deja la hembra en el suelo estimula al macho a construir un regalo nupcial, se aislaron las arañas en un ambiente creado con botellas de plástico de dos litros con piedras y agua de forma de simular las condiciones naturales en las que viven.

Se realizaron dos tratamientos experimentales y uno de control. Un tratamiento con seda de la hembra, donde los machos estaban expuestos sólo a la seda pero no a la hembra; y otro tratamiento con seda más la hembra (similar al anterior pero con una hembra enjaulada en el pico de la botella); y un grupo control donde los machos eran colocados en botellas sin seda y sin hembra. En todos los casos los machos eran introducidos en la botella con una presa ya capturada.

Encontramos que, de un total de 30 machos, la mitad de ellos involucraron la presa como regalo después de reconocer los hilos de seda depositados sobre las piedras, mientras que ninguno lo hizo en el tratamiento control, sin hembra, ni seda de esta. Esto sugiere que las señales químicas o feromonas sexuales de la hembra depositadas en la seda son resistentes al agua y suficientes para estimular a los machos. La presencia de la hembra no influyó mucho, ya que los dos tratamientos experimentales (con seda uno y con seda más la hembra el otro) dieron resultados parecidos; es decir, no encontramos diferencias en el comportamiento de los machos al comparar ambas situaciones, por lo que posibles "olores" de las hembras en el aire, si existen, no son tan importantes en esta etapa.

Preguntas pendientes

¿Por qué varios machos no hicieron regalo? ¿Estos machos tendrán tanto éxito de cópula como los otros? ¿Generarán tantos hijos como ellos? La existencia de estos machos sin regalo nos genera dudas y a la vez abre nuevas puertas de investigación. ¿Qué ventajas tiene asumir los costos de hacer un regalo si igual se tiene éxito? Como con la Hidra de Lerna, a la que al cortar una cabeza le crecían dos, cada respuesta genera una o más preguntas.



Ma. José Albo y María Castelló durante la Jornada Abierta del IIBCE - 28/11/08.

Este resumen se redactó a partir de charlas dictadas en liceos de San José durante la semana de la Ciencia y Tecnología 2008. Las respuestas del público fueron maravillosas, desde un: ¿no has pensado en escribir esto? a ¡qué interesante y sencillo: hasta lo podemos hacer nosotros! La idea de base es esa, simplemente transmitir que la naturaleza está esperándonos con sus millones de años de cambios, de adaptaciones y sorpresas; y que incluso hasta los bichitos más temidos tienen cosas interesantes que los hace únicos. Además, que para hacer ciencia muchas veces no se necesita más que simples diseños experimentales y buenas ideas para poner a prueba las hipótesis.

Agradezco a Fernando Costa, Carlos Toscano-Gadea, Patricia Linn, Claudio Martínez y Hugo Donner por las sugerencias realizadas que sin duda mejoraron sustancialmente el artículo.

Notas

(1) Existen múltiples ejemplos en insectos referentes a regalos nupciales: en la polilla *Utetheisa ornatrix*, estudiada por los químicos uruguayos Carmen Rossini y Andrés González, los machos transfieren a las hembras sustancias químicas que le servirán para proteger los huevos contra la depredación, e incluso para protegerse a sí misma; en el grillo *Allonemobius socius* durante la cópula las hembras se alimentan de una protuberancia especializada que posee el macho en la pata, obteniendo de esta manera nutrientes; mientras que en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* los machos le transfieren a las hembras junto con el esperma, sustancias que favorecen la temprana puesta de huevos.

* María José Albo es Licenciada en Ciencias Biológicas, trabaja en el Laboratorio de Etología, Ecología y Evolución del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable.