launion.com.mx @uniondemorelos

CIENCIA

El misterio de la oruga peluche

David Romero Camarena

El Dr. David Romero es investigador del Centro de Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Cuernavaca, Morelos. Su área de especialidad es la genómica bacteriana, con énfasis en mecanismos de cambio en genomas. Es miembro y expresidente de la Academia de Ciencias de Morelos.

No es eterna mi fealdad,
Y, en cambiando en mariposa,
Halagada por lo hermosa
He de ver mi vanidad.
Tendrán mis vistosas galas,
Sin disputa, admiradores,
Y de múltiples colores
Al sol brillarán mis alas.
La oruga y la presumida
Lope de Vega (1562-1635)

Un asunto espinoso

No todas las orugas tienen la fealdad a la que se refiere Lope de Vega: la oruga a la que me referiré se ve muy atractiva. Una oruga que está cubierta por unas cerdas abundantes que parecen un suave peluche. Y sí, así se le llama: "oruga peluche" u "oruga gato lanudo" (Figura 1), cuyo nombre científico es *Megalopyge opercularis*. La tentación de tocarla es muy grande… pero ¡ay del que lo haga! El dolor será intenso e inmediato. Las suaves cerdas ocultan unas espinas, que inyectan una toxina que daña a las células de quien la toca, produciendo un dolor severo en el sitio de contacto. Quienes lo han experimentado, describen el dolor como equivalente a "romperse un hueso", "caminar sobre carbones ardiendo" o "recibir un batazo". En el sitio de contacto con las cerdas se desarrollan unos puntos blancos que luego se convierten en rojos y el dolor irradia a otras partes del cuerpo, lo que puede durar horas e incluso días. Además del dolor y la hinchazón, algunas personas llegan a sufrir náuseas, vómito, taquicardia y fiebre. No hay un antídoto conocido, por lo que el tratamiento está orientado sólo a disminuir las molestias (1).

Afortunadamente, hasta la fecha no se han reportado casos de fallecimientos ocasionados por la picadura de la oruga peluche. Aunque no sean letales, la picadura de esta oruga es definitivamente una experiencia desagradable e inolvidable. Difícilmente quien tenga ese dolor volverá a tocarlas. Y ese es el valor evolutivo de producir esa toxina. Como todas las orugas, eventualmente se convertirán en mariposas. En el caso de la oruga peluche, las mariposas adultas -una mariposa nocturna, conocida como polilla- depositan sus huevos en las hojas de los árboles, de donde surgirán las orugas (Figura 2). En el estado de oruga, la oruga peluche se dedica a alimentarse y crecer, en preparación a la metamorfosis que la convertirá en una polilla adulta. La metamorfosis ocurre en el interior de un capullo, en el estado de pupa o crisálida. Las polillas adultas (Figura 3) emergen de este capullo. Pero el estado de oruga es particularmente riesgoso. No pueden volar ni moverse con rapidez para eludir a sus atacantes. Claramente es una ventaja desarrollar un aspecto distintivo y producir una toxina que sirva como defensa. La toxina solo se produce en el estado de oruga: no se produce ni en el estadío de huevo, ni en la crisálida ni en la polilla adulta. Los atacantes aprenden (como los humanos) que es mejor eludir a las orugas peluche y no tocarlas.

FIGURA 1. LA oruga peluche (*Megalopyge opercularis*). Imagen tomada de https://inaturalist-open-data.s3.amazonaws.com/photos/108944624/large.jpg

Individuos del género de las orugas peluche se encuentran solamente en América, con una distribución que incluye los Estados Unidos, México y Centroamérica. En México, se ha reportado su presencia en Nuevo León, Jalisco y Yucatán. Se les encuentra en bosques, aunque también pueden encontrarse en ciudades, particularmente en árboles de cítricos, eucaliptos, acacias, encinos, pinos y árboles ornamentales (1).

La toxina de la oruga peluche está compuesta por un conjunto de proteínas grandes

La estrategia de producir una toxina es común en orugas. Todos conocemos los llamados "azotadores", orugas con espinas que también producen dolor al tocarlas, aunque no tan intenso como el producido por la oruga peluche. Los azotadores provocan la liberación de histamina en el sitio de la lesión, una sustancia que causa inflamación y ardor en el sitio afectado. Lo particular de las orugas peluche es el intenso dolor que provoca su toxina, la cual es una proteína que producen. Estas características despiertan un interés en investigadores de todo el mundo, no solo de América, de donde es nativa la oruga peluche. Por otro lado, con el intenso comercio mundial, existe el riesgo de que esta oruga arribe a otras regiones de nuestro planeta, como una especie invasora. Un grupo de investigadores de la Universidad de Queensland, en Brisbane, Australia, recientemente reportaron sus hallazgos sobre la toxina de la oruga peluche (2).

Este grupo encontró que en la base de las espinas que inyectan la toxina, existen células que la producen. Estas células forman un bulbo que almacena la toxina, el cual se conecta con las espinas venenosas, en una estructura que se asemeja a una jeringa. Los investigadores colectaron y fraccionaron este veneno, con la intención de identificar el componente activo. Encontraron que los componentes activos como veneno son un conjunto de proteínas de gran tamaño (29 a 32 kilodaltones), muy similares entre sí. Su gran tamaño las hace únicas entre las toxinas producidas por otras orugas, que suelen ser más pequeñas.

El veneno purificado es sorprendentemente activo. Bastan cantidades extremadamente pequeñas, en el orden de picogramos (un picogramo es la billonésima parte de un gramo), para dañar seriamente a las células nerviosas (neuronas) en cultivo, produciéndoles hoyos en la membrana a los 10-20 segundos después de la aplicación. Al aplicar dosis del veneno en el orden de nanogramos (la mil millonésima parte de un gramo) en las patas de ratones, encontraron algo que seguramente le hizo muy poca gracia a los pobres ratones: hinchazón y dolor en la pata inyectada, entre 1 y 2 minutos después de la inyección. Dosis aún mayores del veneno (en el orden de microgramos) produjeron un efecto anticoagulante en la sangre y, al probarse en moscas de la fruta, encontraron también una acción insecticida. Por el gran tamaño de estas proteínas y su efecto de provocar roturas (lisis) en las células afectadas, a las proteínas del veneno se les llama ahora *megalisinas*. Su efecto sobre de las neuronas explica el enorme dolor que produce la picadura.

FIGURA 2. CICLO de vida de las polillas. Imagen tomada de https://www.expertoanimal.com/cuanto-vive-una-polilla-25947.html

FIGURA 3. POLILLA adulta de *Megalopyge opercularis*. Imagen tomada de https://es.wikipedia.org/wiki/Megalopyge_opercularis

El misterioso origen de la toxina

Una vez aclarada la naturaleza y acción de la toxina, este grupo de investigación decidió preguntarse de dónde viene. Fundados en la teoría de la evolución, supusieron que el grupo de genes que codifican para la toxina estaba presente en un antepasado de la oruga peluche. Este antepasado tal vez era común para varios diferentes tipos de insectos. De ser el caso, estos genes deberían de haberse transferido del ancestro común a sus descendientes por herencia, en un proceso conocido como *transferencia genética vertical*, por lo que deberían de estar presentes en diferentes grupos de insectos relacionados. Estos primos lejanos deberían de haber divergido bastante en su secuencia, debido a que desde la última vez que compartieron un ancestro común ha pasado mucho tiempo. Dado que solo las orugas peluche y otras especies muy relacionadas a ella producen una toxina activa, mientras que otros lepidópteros no la producen, supusieron que los genes en el antepasado no podían producir una toxina activa y que durante la evolución las orugas peluche adquirieron la capacidad de producir la toxina por cambios en estos genes. Esto era solamente una idea: había que aportar evidencia de que así era. ¿Cómo obtenerla?

Afortunadamente, los investigadores obtuvieron la secuencia de los genes para la toxina. Esto resultó muy importante, porque les permitió acceder a los métodos de las ciencias genómicas. Actualmente es posible emplear la secuencia de un gene o grupo de genes y por búsquedas computacionales identificar genes similares en otros organismos con gran facilidad. Si bien no están secuenciados todos los organismos, en este momento se dispone de secuencias de genes de más de medio millón de organismos, incluidos muchos insectos (3).

Como era de esperarse, encontraron genes altamente parecidos a los de la toxina en otras especies relacionadas a la oruga peluche, las cuales también producían una toxina activa. Encontraron también genes similares en otras especies de insectos que no producen la toxina, pero con menor semejanza, del orden del 30% de identidad de secuencia. Empujando aún más la sensibilidad de estos métodos, pudieron identificar genes con una semejanza aún más baja, del orden del 20%, tanto en colémbolos (un grupo de artrópodos importantes para la descomposición de materia orgánica) como en rotíferos (un grupo de animales microscópicos que participan en reciclaje de materia orgánica).

Estos datos podrían ser compatibles con la idea de transferencia genética vertical para el origen de la toxina. Hasta ahora, era justo lo que se esperaba: genes muy semejantes en especies muy próximas entre sí, y una semejanza descendente de estos genes en especies más distantes a la especie que se analiza. Pero en ciencia, un solo dato incompatible con la base de una idea obliga a cambiarla. Y eso fue lo que pasó. La transferencia genética vertical obliga a que los genes de interés más relacionados estén en especies próximas: especies más alejadas deben de tener mayores diferencias. Para sorpresa de los investigadores, las mayores semejanzas en los genes que codifican para la toxina se encontraron en especies semejantes a Megalopyge, pero los siguientes en semejanza, con un sólido 43% de identidad, se encontraron en especies muy remotas, que corresponden a las bacterias. ¿Cómo puede ocurrir esto?

Resolviendo el misterio: los genes para la toxina de Megalopyge provienen de bacterias.

Lo que encontraron es que los genes más similares a los de las toxinas de *Megalopyge opercularis* no provenían de otros insectos, sino de bacterias. Se encontraron identidades de hasta 43%, y similitudes de hasta 67%, con un grupo de genes bacterianos que codifican para proteínas conocidas como *aerolisinas*. La estructura de las megalisinas y de las aerolisinas es similar y no solo eso: las aerolisinas son capaces también, como las megalisinas, de generar orificios en las membranas celulares. No cabe duda. Los primos más cercanos de las megalisinas de la oruga peluche son las aerolisinas bacterianas, no los genes de otros insectos. Esto es incompatible con la idea de que las megalisinas provienen de transferencia genética vertical desde un ancestro. Más bien, se propone una transferencia genética entre bacterias (una perteneciente al grupo de las gamma proteobacterias) y el ancestro de Megalopyge, en un fenómeno conocido como transferencia genética horizontal. Basado en el patrón de semejanzas y diferencias entre los genes de aerolisinas y las megalisinas, plantean que esta *transferencia genética horizontal* ocurrió hace 175 millones de años (2). Se desconoce el mecanismo por el cual ocurrió esta transferencia horizontal.

Si bien la transferencia genética horizontal puede sonar increíble, hay amplia evidencia de su existencia. Las bacterias actuales, por diferentes mecanismos, como transformación (asimilación de material genético de bacterias muertas), transducción (transferencia genética mediada por virus) y conjugación (transferencia por contacto directo), pueden transferir información genética entre bacterias no relacionadas. Existen datos de transferencia genética horizontal entre bacterias y levaduras. Más aún, bacterias del género Agrobacterium mantienen la capacidad de transferir su material genético a células de plantas. Esta capacidad es empleada en la biotecnología moderna para la generación de plantas transgénicas. A través de análisis de secuencias genómicas completas disponibles en bases de datos, se han encontrado evidencias de transferencia genética horizontal en los genomas de prácticamente todos los organismos, incluyendo el humano. Tal vez el ejemplo más dramático de transferencia genética horizontal lo presentan un tipo de rotíferos, los llamados rotíferos bdelloides. Estos animales microscópicos son capaces de entrar en un modo de hibernación en condiciones ambientales desfavorables, conocido como anhidrobiosis. Al salir de hibernación, estos animales son capaces de incorporar material genético externo, con lo cual, cerca del 8% de sus genes tienen un origen bacteriano por transferencia genética horizontal.

El misterio está resuelto. ¿Quién podía sospechar que esa dolorosa picadura de la oruga peluche se debe al regalo de unos genes bacterianos? La ciencia se caracteriza por sorprendernos y aún maravillarnos todo el tiempo.

***Megalopyge opercularis*, un nombre enigmático**

Para la escritura de este artículo, he empleado el término "oruga peluche" para referirme al organismo. En realidad, este es el nombre común de una etapa del desarrollo de una especie, que como mencioné tiene el nombre científico *Megalopyge opercularis*. Los nombres científicos están organizados por un primer término, el género, que se refiere a un grupo de organismos con características comunes (algo así como un apellido), que va seguido por un segundo término (como el nombre) que se refiere a una especie particular. Así, Megalopyge es el término para el género y opercularis especifica la especie. Los nombres científicos, por razones históricas, suelen derivar del griego o el latín y frecuentemente quienes nombraron una especie particular suelen poner en el nombre científico una característica que les llamó la atención. Como en la actualidad casi nadie está familiarizado con estas lenguas, solemos perdernos de ese significado.

Pero un poco de curiosidad y una búsqueda por computadora de las etimologías nos resuelven el problema…o nos genera otros. Resulta ser que Megalopyge es una palabra compuesta derivada del griego, donde *megalos* significa grande y *pyge* significa trasero o grupa. Por otra parte, *opercularis* deriva del latín *operculus*, que significa tapa o cubierta. Comprenderán mi sorpresa cuando descubrí que el nombre científico del organismo al que nos hemos referido significa "trasero grande con tapa". Un nombre en verdad enigmático. ¿Qué fue lo que observaron quienes nombraron a esta especie?

Resolver la razón de este misterioso nombre me llevó un rato. Después de pláticas con amigos biólogos, búsquedas por internet y no pocos chistes malos, se aclaró el misterio. El nombre para esta especie se asignó a finales del siglo dieciocho y no se refiere ni a la forma de la oruga ni a la de la mariposa, sino del capullo. Como verán (Figura 4) el capullo tiene una parte delantera (a la derecha de la figura) más pequeña que la trasera (a la izquierda de la figura). Efectivamente, un gran trasero. En la parte trasera hay un sector plano, que efectivamente es una tapa (opérculo) por donde emergerá la polilla una vez completada la metamorfosis.

Un organismo lleno de misterios. En el nombre, en el origen de la toxina y en otros aspectos, como el por qué las polillas no producen más la toxina. Pero de ello tal vez podamos hablar en el futuro.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

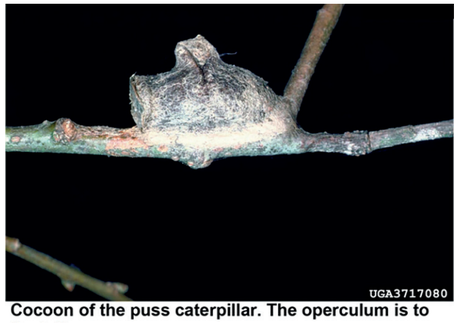

FIGURA 4. CAPULLO de la oruga peluche. El opérculo está a la izquierda. Imagen tomada de https://content.ces.ncsu.edu/puss-caterpillar

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

PARA ACTIVIDADES RECIENTES DE LA ACADEMIA Y ARTÍCULOS ANTERIORES PUEDE CONSULTAR: **WWW.ACMOR.ORG.MX**

¿COMENTARIOS Y SUGERENCIAS?, ¿PREGUNTAS SOBRE TEMAS CIENTÍFICOS? CONTÁCTANOS: **EDITORIAL@ACMOR.ORG.MX**

REFERENCIAS

1) Rodríguez, W. D., Valderrama, M., Guapo Mora, L. A., Pulido Chávez, E. E. y Volkova, J. S. (2021). La oruga peluche: una mariposa tierna y venenosa. Boletín de la AMXSA 5(1): 4-6 https://www.researchgate.net/publication/354130713_La_oruga_peluche_una_mariposa_tierna_y_venenosa

2) Walker, A. A., Robinson, S. D., Merritt, D. J., Cardoso, F. C., Goudarzi, M. H., Mercedes, R. S., et al. (2023). Horizontal gene transfer underlies the painful stings of asp caterpillars (Lepidoptera: Megalopygidae). *Proc. Natl. Acad. Sci.* 120, e2305871120. https://doi.org/10.1073/pnas.2305871120

3) Genomes Online Database (GOLD) https://gold.jgi.doe.gov/

LECTURAS RECOMENDADAS

1) *Megalopyge opercularis*. https://es.wikipedia.org/wiki/Megalopyge_opercularis

2) Nuevamente la Oruga Peluche en Yucatán (*Megalopyge opercularis*). https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=1FEYp2eVMKw

3) Transferencia genética horizontal. https://es.wikipedia.org/wiki/Transferencia_gen%C3%A9tica_horizontal