

De sudores y olores

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.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

La cura para cualquier cosa es el agua salada: el sudor, las lágrimas o el mar. Isak Dinesen (Karen Blixen, 1885-1962) Siete cuentos góticos

¿No te parece curiosa la forma como juzgamos algo tan común como el sudor? Está con nosotros desde que nacemos hasta que morimos. Acompañante del trabajo físico (ganarás el pan con el sudor de tu frente), del deporte (echemos una buena sudada), del baile, del amor, de la ansiedad y aún del terror, húmeda compañía en nuestros momentos más deleitosos y en los más terroríficos, es también un símbolo, como nos dice el gran poeta Miguel Hernández:

Entregad al trabajo, compañeros, las frentes que el sudor, con su espada de sabrosos cristales con sus lentos diluvios, os hará transparentes venturosos, iguales

Miguel Hernández (1910-1942), El Sudor Y a pesar de lo anterior, como nos recuerdan Juan Tonda y Julieta Fierro (1), consideramos al sudor una cochinchada, algo de lo que no solemos hablar a menos que sea muy abundante ... o particularmente maloliente (Fig. 1). Su olor es algo que nos inquieta especialmente, y procuramos combatirlo con baño diario, desodorantes, antitranspirantes, perfumes, etcétera. Pero ¿por qué sudamos? ¿En dón-

de se genera el sudor? ¿Por qué tiene ese olor? ¿Puede haber sudor sin olor? Acompañame a sudar la gota gorda para tratar de contestar esas preguntas.

Un asunto de glándulas

En la piel de los mamíferos, entre ellos la especie humana, hay dos tipos diferentes de glándulas (1, 2). Las glándulas sebáceas son uno de esos tipos: dedicadas a producción de grasas, lo hacen asociadas a los folículos pilosos, de donde emerge el pelo o los vellos (Fig. 2). Las glándulas que producen el sudor son las glándulas sudoríparas, y hay dos tipos: las ecrinas y las apocrinas. Las glándulas sudoríparas ecrinas están distribuidas por todo el cuerpo, habiendo casi cinco millones de ellas. Son glándulas que producen sudor y lo depositan directamente sobre la superficie de la piel (Fig. 2). El sudor producido por las glándulas ecrinas está compuesto mayormente por agua y sales, una pequeña cantidad de aminoácidos y algunos péptidos, que se sospecha pueden tener una función antimicrobiana. La función principal de este sudor es el de ayudar a reducir la temperatura corporal. Todos hemos percibido, después de hacer ejercicio o en climas cálidos, el agradable efecto refrescante que produce la evaporación del sudor en nuestra piel (1, 2). A veces, al consumir ajo o algunas especias, su olor puede

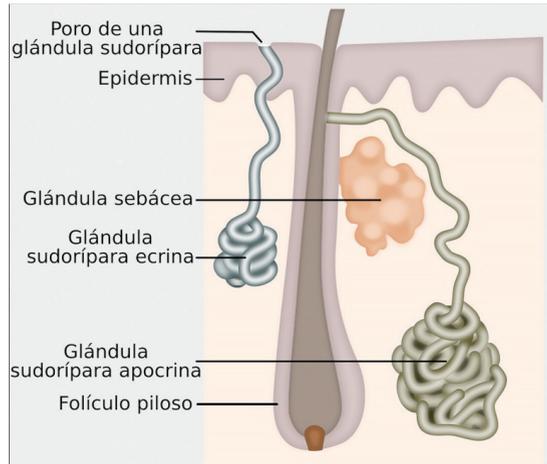


FIGURA 2. GLÁNDULAS en la piel humana. Las glándulas que producen sudor son las glándulas sudoríparas ecrinas y las apocrinas. Imagen tomada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skin_Glandes_-_es.svg

aparecer en nuestro sudor, generando la impresión que el sudar ayuda a eliminar "toxinas". Sin embargo, las toxinas que eliminamos de esta forma son una cantidad muy pequeña. Los principales órganos que ayudan a la detoxificación son el hígado y el riñón. La principal función del sudor producido por las glándulas sudoríparas ecrinas es ayudarnos a disipar calor, cortesía de la gran cantidad de energía necesaria para evaporar agua.

El otro tipo de glándulas sudoríparas son las glándulas sudoríparas apocrinas. Estas se encuentran ubicadas en zonas más específicas del cuerpo, como las axilas (sobacos), el canal de las orejas, los pezones, la zona genital y alrededor del ano. Las glándulas apocrinas descargan el sudor que producen directamente en los folículos pilosos, de donde se generan los vellos. El sudor producido por estas glándulas también está compuesto por agua y sales, pero tiene otros componentes que le dan una apariencia lechosa. Por lo específico de su localización, no se piensa que la función de este sudor sea la disipación de calor.

Huelen a león correteado ...

En mi infancia, cuando mis hermanos, hermana y yo regresábamos de un día dedicado a vigorosos juegos, mi Papá solía recibirnos con la frase "huelen a león correteado", que era el prelude para arrojarnos al baño. Aunque dudo que mi Papá tuviera mucha experiencia con leones, sí la tenía con los sudorosos esfuerzos de sus hijos: oliamos francamente mal, particularmente en las axilas, por lo

El microbioma y el sudor

El trabajo de los investigadores era complicado. Estaban interesados en encontrar los compuestos que mayormente son responsables del mal olor del sudor, no aquellos que aparecen incidentalmente, como aquellos que son producto de nuestra dieta o los que se producen por degradación de células muertas. Para ello, requirieron hacer la separación química y aislamiento de los compuestos presentes

en el sudor (principalmente el axilar, una secreción apocrina) y un panel de valerosos voluntarios que ayudaran a identificar en qué fracciones aparecían los compuestos más apuestos. Como sabían que estos compuestos eran producidos por la acción de bacterias, aislaron bacterias directamente de los sudores más malolientes y las aplicaron a sudor fresco, para identificar cuáles estaban asociadas al mal olor. También aislaron DNA de sudores con diferentes grados de mal olor y obtuvieron la secuencia de bases en el ADN bacteriano presente. Esto les permitió, por comparación con secuencias bacterianas en bases de datos, el identificar las bacterias presentes (el microbioma) y correlacionar la abundancia de especies bacterianas particulares con el grado de mal olor. En la Fig. 3 se presenta una síntesis de los resultados que han obtenido (3-5).

Como se mencionó, los compuestos inicialmente presentes en el sudor fresco no son malolientes. Uno de ellos es el aminoácido leucina, el cual es convertido a un producto con olor a vómito o a cabra (ácido isovalérico) por la acción de varias bacterias. Otros compuestos, como el HMHA o el 3M2H, se secretan en el sudor como conjugados con el aminoácido glutamina. La acción de bacterias como *Corynebacterium striatum* y *Anaerococcus* sp. eliminan la parte de glutamina de estos conjugados, dejando los compuestos activos que tienen un aroma ... a queso rancio. Casos similares en donde la acción

bacteriana libera los compuestos con aroma penetrante son el conjugado cisteína-glicina (el compuesto oloroso, 3-sulfanil-3-metil-hexan-1-ol, con aroma a mezcla de cebolla y salvia) o el conjugado glucuronido del 5a-androst-16-en-3a-ol (el producto es el 5a-androst-16-en-3a-ol, con aroma a almizcle). El trabajo continúa y es posible que en el futuro se identifiquen otras sustancias. El aroma que percibimos en el sudor es producto de la combinación de estas sustancias. La proporción exacta en que se presentan puede variar entre individuos de acuerdo con su composición genética (qué tanto producen de cada precursor y qué tanto secretan en sus glándulas apocrinas), la composición del microbioma en cada individuo (dependiente de la abundancia relativa de las bacterias que generan los compuestos olorosos), y de la dieta, la temperatura, la edad, el sexo y los hábitos de limpieza. Dado que las familias compartimos no solo nuestra genética sino también un ambiente común (que incluye microbioma, dieta, temperatura y hábitos de limpieza), el aroma de sus sudores tiende a parecerse dentro de individuos de una familia. Es por eso que se piensa que el sudor apocrino, a diferencia del sudor ecrino, más que una forma de regulación de temperatura corporal, tuvo una función en los ancestros humanos para ayudar a identificar grupos familiares (2, 3).

¿Es posible tener sudor sin olor?

Sí, lo sé, esto suena tan raro como tener una quesadilla sin queso (aunque los habitantes de la Ciudad de México consideran normal esto último). El sudor sin olor solamente lo podemos tener con el sudor recién secretado y por un tiempo corto. Más bien, es necesario el baño frecuente y en el caso de las axilas, el uso de productos que bloqueen la salida del sudor, como el caso de los antitranspirantes. El uso de perfumes es una ayuda, pero no confíemos demasiado en ello.

Compuesto en sudor	Transformado por	Producto	Olor
<chem>CC(C)C(N)C(=O)O</chem>	Varias bacterias	<chem>CC(C)C(=O)O</chem>	Vómito, cabra
Leucina	<i>Corynebacterium striatum</i> <i>Anaerococcus</i> sp.	Ácido Isovalérico	Queso rancio
Conjugado Ácido 3-metil-2-hexenoico-Glutamina (3M2H-Gln)	<i>Corynebacterium striatum</i> <i>Anaerococcus</i> sp.	Ácido 3-metil-2-hexenoico (3M2H)	Queso rancio
Conjugado Ácido 3-hidroxi-3-metil-hexanoico-Glutamina (HMHA-Gln)	<i>Corynebacterium striatum</i> <i>Anaerococcus</i> sp.	Ácido 3-hidroxi-3-metil-hexanoico (HMHA)	Cebolla, salvia
Conjugado Cisteína-Glicina	<i>Staphylococcus hominis</i> <i>Corynebacterium Ax20</i>	3-sulfanil-3-metil-hexan-1-ol	Almizcle
Glucuronido del 5a-androst-16-en-3a-ol	Por determinarse	5a-androst-16-en-3a-ol	

FIGURA 3. COMPUESTOS presentes en el sudor axilar y los productos generados por acción bacteriana responsables del mal olor. En la columna izquierda, los compuestos que constituyen el conjugado (glutamina, glicina o glucuronido) se muestran en las estructuras marcadas en color azul.

Los humanos tenemos una capacidad muy elevada para percibir los compuestos causantes del mal olor del sudor (3). A la cantidad mínima que podemos percibir de un compuesto volátil se le llama umbral de detección y se expresa en nanogramos (ng, un nanogramo es la milmillonésima parte de un gramo) de un compuesto por litro de aire. El umbral de detección para compuestos usados en perfumería, como el citronelol, el geraniol y el linalool (presentes en los aceites de rosa y lavanda) están en el rango de 2 a 5 ng por litro de aire. Para los nada aromáticos compuestos volátiles presentes en el sudor, tenemos la capacidad de detectarlos a concentraciones mil veces menores. Por ejemplo, el umbral para el 5a-androst-16-en-3a-ol (olor a almizcle) es de 0.0009 ng por litro de aire (3). Esto hace que sea muy difícil ocultar el mal olor del sudor tan solo con perfumes: más bien terminamos con una mezcla de olores entre el mal olor del sudor y el perfume.

Uno podría pensar en reducir las poblaciones de bacterias en nuestra piel. Ciertamente las mantenemos limitadas con el baño diario y el uso de antisépticos, pero desde luego no las eliminamos. Eliminarlas por completo requeriría tratamientos más radicales con bajas posibilidades de éxito, debido a que muchas bacterias viven en los conductos de las glándulas sudoríparas o en el interior de los folículos pilosos. Aún si pudiéramos, sería una pésima idea liquidarlas por dos razones principales. Una de ellas es que requeriría un uso indiscriminado de antibióticos, agudizando la crisis que estamos experimentando por resistencia bacteriana a antibióticos. La otra razón es que el microbioma de la piel también tiene una función protectora contra enfermedades (5).

En la novela de Patrick Süskind, *El perfume* (Fig. 4), se habla de un personaje (Jean Baptiste Grenouille) el cual tiene un sentido del olfato muy desarrollado, pero que carece de olor corporal. Si, sudor sin olor, con consecuencias sociales interesantes para Jean Baptiste. Desde luego es un personaje de ficción en una novela altamente recomendable. Uno pensaría que eso es imposible...o casi. Pero la biología frecuentemente nos da sorpresas. En algunas poblaciones en el mundo, existen individuos que presentan un mal olor corporal muy disminuido. Tienen algo de olor corporal, sí, pero la incidencia del mal olor en las axilas está muy disminuida. Estos destacan en la parte oriental de Asia. Por ejemplo, los habitantes de Corea prácticamente no presentan el mal olor del sudor axilar, o es de solo del 20% en China, 30% en Japón y 50% en Tailandia. Como sabemos, el mal olor axilar es común en otras partes del mundo, siendo del 70% en nativos americanos y de prácticamente el 100% en poblaciones de

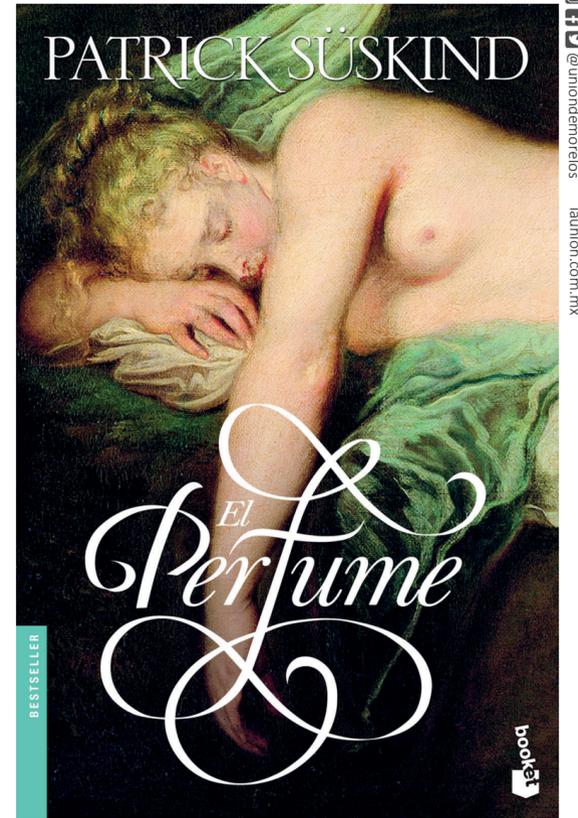


FIGURA 4. *El perfume*, novela de Patrick Süskind. Imagen tomada de <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15580645>

África y Europa. ¿A qué se debe esta falta de mal olor axilar en poblaciones asiáticas?

A mediados de la década pasada, se describió que las poblaciones asiáticas que carecen de mal olor axilar poseen una variante en el gene *ABCC11*, que reduce considerablemente su función (6). Ese gene, descubierto desde el año 2000, codifica para una proteína transportadora, aunque se desconocía qué era lo que transportaba. Resulta ser que el transportador codificado en *ABCC11* transporta, entre otras moléculas, precisamente los compuestos precursores mostrados en la Figura 3 hacia el exterior de la glándula sudorípara apocrina. En los individuos que carecen de un mal olor axilar, las dos copias de este gene codifican para una variante poco activa (en jerga genética, son *homocigotos recesivos*), por lo que el transporte de estos precursores hacia el exterior, y por tanto la acción de las bacterias sobre estos precursores muy reducida. Estos individuos, salvo la falta de mal olor axilar, no experimentan ninguna consecuencia negativa aparente, a pesar de que este transportador sirve para sacar basura de las células. Solamente se ha reportado que la cerilla de sus orejas es blanca y seca, en lugar de la forma café y húmeda presente en el resto del mundo (6). Estas personas no son personajes de Süskind: sí tienen un

olor corporal debido a la acción de bacterias sobre componentes liberados de células humanas muertas, pero carecen del marcado mal olor corporal por la acción de las bacterias sobre las secreciones apocrinas. Hemos llegado al final de nuestra sudorosa exposición. Si mi Papá viviera, ahora podría contestarle a su "huele a león correteado" con un "es por culpa de mis bacterias". Tal vez lo hubiera dejado perplejo por un momento ... pero no a mi Mamá. Ella hubiera contestado de inmediato con un "a ventilar las cuevitas" (axilas) y me hubiera arrojado a la regadera. Y tendría razón.

Agradezco a Cristina de la Cruz Hernández y a Carlos García González, por una plática que ayudó a mejorar la exposición de las ideas en este artículo.

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 1. EL sudor axilar puede tener un mal olor. Imagen tomada de <https://ccnull.de/index.php/foto/woman-sweating-badly-under-armpit/1087845>

REFERENCIAS

- Tonda, Juan y Julieta Fierro. El libro de las cochinchadas. Primera edición. México, 2005, ADN Editores.
- Monos sudorosos (2019). <https://habladedeciencia.com/monos-sudorosos-1-5/>
- Natsch, A., and Emter, R. (2020). The specific biochemistry of human

- axilla odour formation viewed in an evolutionary context. *Philos. Trans. R. Soc. B* 375, 20190269. doi: 10.1098/rstb.2019.0269
- Cicco, F. D., Evans, R. L., James, A. G., Weddell, I., Chopra, A., and Smeets, M. A. M. (2023). Intrinsic and extrinsic factors affecting axillary odor variation. A comprehensive review. *Physiol. Behav.* 270, 114307. doi: 10.1016/j.physbeh.2023.114307
- Mogilnicka, I., Bogucki, P., and Ufnal, M. (2020). Microbiota and Malodor—Etiology and Management. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 2886. doi: 10.3390/ijms21082886
- Ishikawa, T., Toyoda, Y., Yoshiura, K., and Niikawa, N. (2013). Pharmacogenetics of human ABC transporter ABCC11: new insights into apocrine gland growth and metabolite secretion. *Front. Genet.* 3, 306. doi: 10.3389/fgene.2012.00306