

Artículo de divulgación

Las propiedades anticancerígenas de la planta de achiote

The anti-cancer properties of the achiote plant

Renta Rivera-Madrid ^{1,*} , Diana Sierra-Ulín ¹ , Margarita Aguilar-Espinosa ¹ , Alejandra Cervera ² , Hugo Tovar ² 

¹ Unidad de Biología Integrativa, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 # 130, Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.

² Subdirección de Genómica Poblacional, Instituto Nacional de Medicina Genómica, Arenal Tepepan, C.P. 14610, Ciudad de México, México.

* Autor para correspondencia: renata@cicy.mx

Recibido:

11/03/2025

Aceptado:

9/10/2025

Publicado:

28/10/2025

RESUMEN

Las plantas producen una gran variedad de compuestos químicos beneficiosos para la salud humana, y el achiote (*Bixa orellana*) destaca por sus diversas propiedades terapéuticas. Utilizado en la medicina tradicional mexicana desde tiempos prehispánicos, el achiote ha sido validado por la ciencia por sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios, hipoglucemiantes y antibacterianos, entre otros, lo que lo convierte en un aliado prometedor en la lucha contra enfermedades crónico-degenerativas. Sus semillas, en particular, son una fuente importante de compuestos anticancerígenos como la bixina. Para maximizar el valor de cada tipo de achiote, es fundamental comprender los genes que controlan la producción de estos compuestos. Las modernas tecnologías de secuenciación masiva permiten identificar marcadores moleculares precisos para relacionar las características genéticas de cada planta con los compuestos que produce. Esto facilita un cultivo más eficiente y especializado y asegura que cada variante de achiote se use para el propósito adecuado, de tal manera que se optimice así su aprovechamiento agrícola y comercial.

Palabras clave: pigmentos; metabolitos; fitoquímicos; salud humana; bixina.

ABSTRACT

Plants produce a wide variety of chemical compounds beneficial to human health, and achiote (*Bixa orellana* L.) stands out for its diverse therapeutic properties. Used in traditional Mexican medicine since pre-Hispanic times, achiote has been scientifically validated for its antioxidant, anti-inflammatory, hypoglycemic, and antibacterial effects, among others, making it a promising ally in the fight against chronic degenerative diseases. Its seeds, in particular, are an important source of anticancer compounds such as bixin. To maximize the value of each type of achiote, it is essential to understand the genes that control the production of these compounds. Modern high-throughput sequencing technologies enable the identification of precise molecular markers to link each plant's genetic characteristics to the compounds it produces. This facilitates more efficient and specialized cultivation, ensuring that each annatto variant is used for the purpose to which it is best suited, thereby optimizing its agricultural and commercial exploitation.

Keywords: pigments; metabolites; phytochemicals; human health; bixin.



INTRODUCCIÓN

El achiote, científicamente conocido como *Bixa orellana* L. (Bixaceae), es una planta tropical originaria de la Amazonia. Se dispersó hacia el centro y parte del norte de América y México, y posteriormente, se propagó hacia el continente asiático y al continente africano (Figura 1) (Rivera-Madrid et al., 2006).

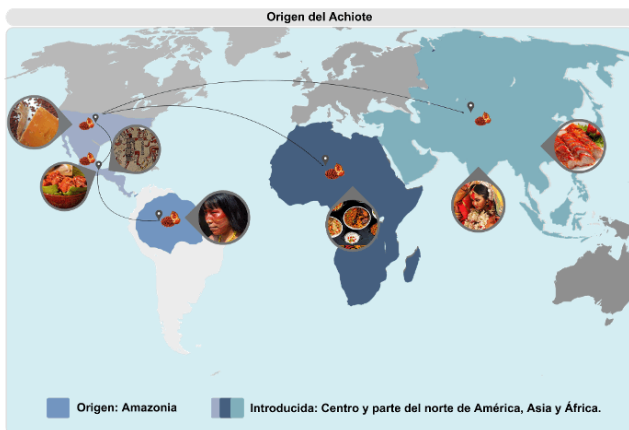


Figura 1. Origen y distribución del achiote.

En México, el achiote se cultiva principalmente en la Península de Yucatán con fines de uso: como condimento para la elaboración de platillos y bebidas, así como para en rituales y ceremonias mayas; además es una planta muy valiosa en la medicina tradicional, y sus diferentes usos y aplicaciones datan de tiempos precolombinos.

Esta planta se conoce popularmente por su color rojo, su sabor y el aroma que aporta a los platillos preparados con los condimentos elaborados a partir de sus semillas, las cuales se concentran la mayor cantidad del pigmento bixina, que representa aproximadamente es el 80% del total de los pigmentos presentes en la semilla (Pech-Hoil et al., 2023).

La importancia económica del achiote se debe precisamente a la gran cantidad de bixina en sus semillas, un pigmento natural cuya demanda en el mercado mundial está en constante crecimiento debido a la preferencia de los consumidores por productos más naturales. Así entonces, la bixina se utiliza principalmente en la producción de fármacos y de

cosméticos y en la elaboración y procesamiento de alimentos (Figura 2).

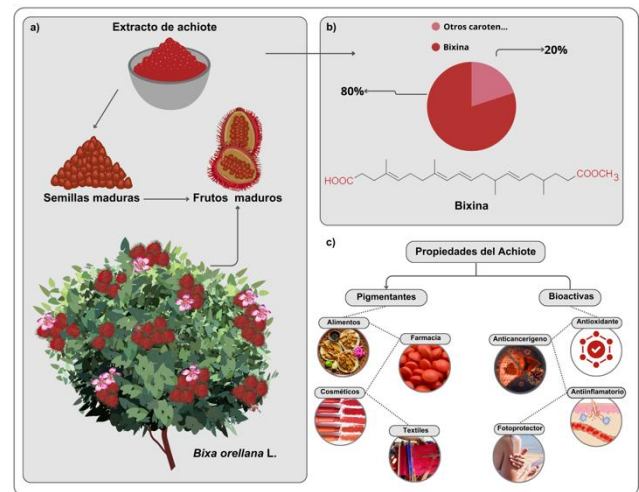


Figura 2. a) Semillas, frutos, extracto de colorante y planta adulta de achiote con frutos y flores; b) estructura química de la bixina; c) diferentes productos y usos del achiote.

USOS Y APLICACIONES DE LOS PRODUCTOS DE ACHIOTE

Los alimentos que consumimos cada día pueden tener un efecto positivo para combatir padecimientos o enfermedades; sólo depende de hacer una selección, basada en los conocimientos de las propiedades que éstos presentan. En general, las plantas contienen metabolitos o moléculas que poseen propiedades benéficas para la salud humana. De esta manera, la planta de achiote representa una buena alternativa para su consumo, pues contiene numerosas moléculas de relevancia con propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antimicrobianas, hipoglucemiantes, citotóxicas, antiinflamatorias, entre otras. Cabe destacar que, desde la época precolombina, los antiguos pobladores de nuestro país lo utilizaban como repelente y protector solar, entre otros usos (Rivera-Madrid et al., 2016).

El pigmento del achiote es el equivalente del color rojo-naranja: E160b (código otorgado por la Unión Europea). La bixina presenta una alta demanda en el mercado de los colorantes naturales y su producción actual resulta insuficiente para satisfacerla; su uso está autorizado por

la FDA (Food and Drug Administration), para la preparación de alimentos y su empleo en fármacos. También, este pigmento conforma el condimento para la preparación de platillos como la cochinita pibil en Yucatán (Figura 2).

¿QUÉ ES LA BIXINA?

La bixina es un compuesto de la familia de los carotenoides, pigmentos naturales que les dan color a frutas y verduras como las zanahorias, naranjas y espinacas. Estos compuestos no sólo son responsables de los vibrantes tonos, sino que también actúan como protectores naturales para las plantas contra el exceso de luz y el estrés ambiental. A diferencia de la mayoría de los carotenoides que tienen 40 átomos de carbono, la bixina es un "apocaroteno" o falso caroteno. Su singularidad radica en que es una versión más corta, de 25 átomos de carbono, que se forma cuando los carotenoides más grandes, como el licopeno (el pigmento del tomate), se rompen. Aunque la bixina se ha detectado en otras plantas, como el azafrán, el achiote representa su fuente principal. Esta especie fue identificada por primera vez en 1961 y, en las zonas donde se encuentra en gran abundancia, constituye una fuente natural de especial relevancia de este compuesto (Aguilar-Espinosa et al., 2020).

PROPIEDADES DE LA BIXINA EN PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES

La bixina ha demostrado ser un poderoso antioxidante, lo que significa que es excelente para proteger a nuestras células y tejidos. Funciona como un escudo que combate los radicales libres, unas moléculas inestables que pueden causar daño a nuestro cuerpo. Estudios en animales, como ratones y perros, han mostrado que la bixina puede reducir la inflamación, combatir el daño celular causado por el estrés oxidativo y prevenir la fibrosis, que consiste en el endurecimiento de los tejidos en el hígado o los pulmones. Así, la bixina actúa en el cuerpo humano regulando importantes procesos biológicos. Uno de estos procesos está controlado por una proteína llamada Nrf2, que actúa como un guardián de la célula. La Nrf2 activa los sistemas de defensa del cuerpo, como la reparación del ADN y la respuesta antioxidante, lo cual ayuda a mantener nuestras células sanas y protegidas (Rivera-Madrid et al., 2016; Ashraf et al., 2023).

La bixina presenta un potencial uso en la lucha contra el cáncer y los efectos adversos del sol. Así, existe un tipo

de cáncer de hígado muy común llamado carcinoma hepatocelular, el cual es particularmente difícil de tratar. Sin embargo, estudios recientes han mostrado que la bixina podría ser un aliado en esta batalla (Chidambaranathan-Reghupaty et al., 2020). Se ha observado que la bixina tiene la capacidad de reducir la multiplicación de las células cancerosas del hígado e incluso causarles cambios que las llevan a una muerte celular programada, un proceso conocido como apoptosis (Kumar et al., 2018).

La bixina no sólo actúa contra el cáncer de hígado; su potencial es mucho más amplio. Se ha demostrado que el compuesto puede detener el crecimiento de células tumorales en muchos otros tipos de cáncer, incluyendo el de mama, próstata, pulmón, colon y piel. Además, tiene un efecto protector importante: en estudios con ratas, ayudó a reducir el daño genético y a proteger órganos como los riñones, de los efectos tóxicos causados por los tratamientos de quimioterapia (Ashraf et al., 2023).

Sorprendentemente, la bixina también podría ser nuestra aliada contra los daños causados por el sol, pues se ha observado que tiene la capacidad de absorber la radiación ultravioleta, lo que la convierte en una candidata ideal para ser utilizada en protectores solares y cosméticos. Curiosamente, esta propiedad no es del todo nueva, pues mucho antes de la llegada de los españoles, nuestros ancestros ya usaban el achiote para protegerse de los rayos del sol. Hoy en día, la ciencia está redescubriendo y validando los usos ancestrales de esta planta al impulsar su incorporación a la industria farmacéutica y cosmética (Rivera-Madrid et al., 2016; Ashraf et al., 2023).

INVESTIGACIONES EN EL ACHIOTE Y PERSPECTIVAS

Gracias a la investigación científica, se sabe que el achiote tiene sorprendentes propiedades medicinales, de entre las que destacan sus efectos anticancerígenos, hipoglucemiantes (para reducir el azúcar en sangre) y antihipertensivos (para bajar la presión arterial). Esto se debe a la presencia de compuestos valiosos con un potente efecto anticancerígeno, como la norbixina, el geranil-geraniol, el escualeno y el β -sitosterol. Aunque estos compuestos no han sido tan estudiados como la bixina en el achiote, lo más interesante es que en el mercado mundial, estos valiosos metabolitos son muy cotizados por su potencial para combatir el cáncer, lo que subraya la importancia de seguir investigando esta planta y sus increíbles beneficios.



El color de la flor del achiote es un indicador muy valioso, ya que en nuestro grupo de investigación hemos detectado que la apariencia de la planta de achiote no solo es un rasgo estético, sino un indicador de su potencial. Así, hemos observado que la cantidad de compuestos valiosos, como la bixina, la norbixina y el escualeno, varía significativamente según las características de las plantas, a las cuales denominamos morfotipo. Cosas tan simples como el color de la flor (blanca, rosa o púrpura), la forma de la cápsula del fruto o su color están directamente relacionadas con la cantidad y el tipo de metabolitos que produce.

Esta gran variabilidad genética del achiote es un excelente atributo que nos permite aprovechar al máximo los distintos tipos de plantas y sus compuestos específicos. Al identificar qué morfotipo es el más rico en un determinado compuesto, podemos seleccionar y cultivar las variedades más adecuadas para una aplicación específica, ya sea para obtener más pigmento, un compuesto anticancerígeno o cualquier otro de sus valiosos tesoros (Figura 3).

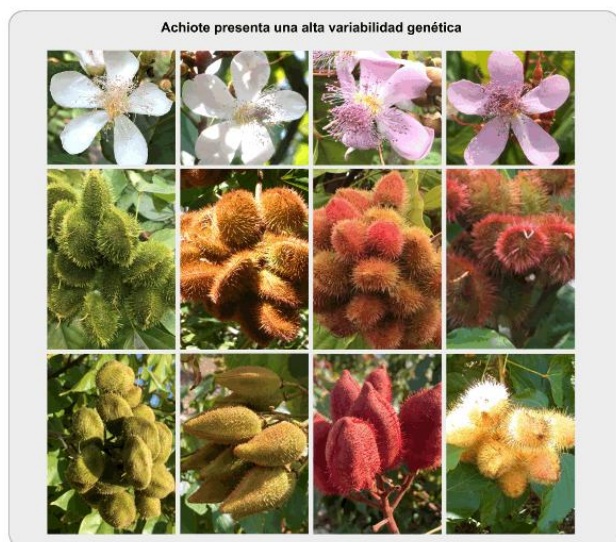


Figura 3. Variación y diversidad genética del achiote.

LAS CIENCIAS ÓMICAS EN EL ESTUDIO DEL ACHIOTE

Para entender por qué el achiote es tan especial, la ciencia moderna nos ofrece herramientas poderosas: las ciencias ómicas. Gracias a técnicas avanzadas como la secuenciación masiva del ADN y ARN, podemos desentrañar los secretos genéticos de esta planta, especialmente en sus semillas, donde se acumula el valioso pigmento bixina. Así, para descifrar los códigos

genéticos del ARN del achiote, requerimos de sus secuencias, es decir, de su transcriptoma, que es como si leyéramos sólo los capítulos que la planta está usando activamente en un momento dado para realizar una tarea. En nuestras investigaciones, estudiar el transcriptoma de las semillas nos permite identificar qué genes específicos están "activos" y cuáles son clave para la producción de bixina. Estos genes, al expresarse, se convierten en proteínas, que son las verdaderas trabajadoras de la célula.

En el caso del genoma, equivaldría a leer el libro completo de instrucciones de la planta. Analizarlo nos permite conocer la secuencia de todos sus genes. Esto es crucial para comparar diferentes tipos de achiote (sus "morfotipos") o incluso con otras plantas pigmentadas, para entender así las diferencias en su capacidad de producir bixina.

La metabolómica permite complementar esta información, ya que es una técnica que nos muestra todos los compuestos químicos que la planta está produciendo en un instante. Es como ver los productos finales y los ingredientes que están reaccionando dentro de la célula. Este estudio nos proporciona pistas vitales sobre cómo se forman compuestos específicos, como la bixina o los anticancerígenos.

Al combinar estas poderosas herramientas ómicas —la genómica, la transcriptómica y la metabolómica—, obtenemos una visión integral del estudio del achiote. Esta perspectiva global es fundamental para identificar y seleccionar las variedades de achiote más prometedoras para obtener los compuestos químicos deseados. De esta forma, podemos distinguir los morfotipos que tienen la mayor capacidad para producir metabolitos de gran valor como agentes anticancerígenos. En pocas palabras, la ciencia nos está dando las herramientas para encontrar las plantas de achiote más potentes y útiles para la salud (Figura 4a).

MARCADORES MOLECULARES: LA CLAVE PARA CULTIVAR EL ACHIOTE IDEAL

Otro resultado valioso del análisis genómico del achiote es el uso de marcadores moleculares, como los SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) o identificación de cambios en un solo nucleótido del código genético. Estos marcadores son la herramienta más precisa que disponemos en la actualidad para conectar el genotipo (la

información genética de la planta) con el fenotipo (sus características visibles). En otras palabras, nos permiten asociar un tipo de planta con un compuesto químico específico. Un SNP puede ser tan simple como un solo cambio en el código genético el cual nos indica si un tipo de planta de achiote sintetizará un compuesto en mayor proporción que otro.

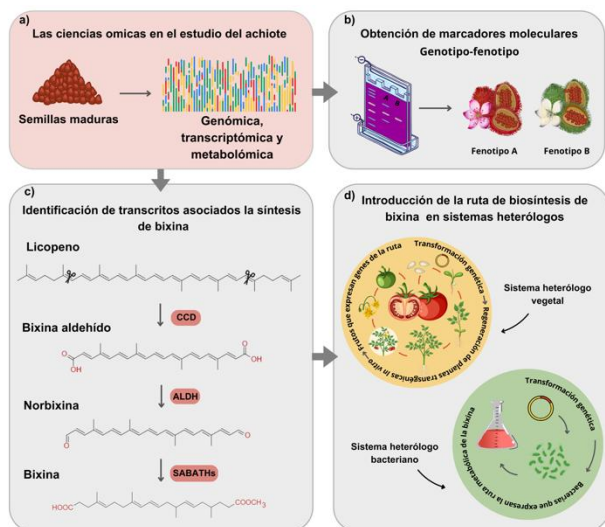


Figura 4. a) Las ciencias ómicas en el estudio del achiote; b) marcadores moleculares; c) ruta de síntesis de la bixina; d) transformación genética de organismos con los genes de la ruta de bixina.

Esto tiene implicaciones directas y muy importantes para la agricultura. En el futuro, los agricultores podrán seleccionar y cultivar variedades de achiote no sólo por el color de sus flores o frutos, sino en función de un compuesto químico de interés. Esto significa que podrán crear plantaciones especializadas para producir principalmente bixina, geranil-geraniol, escualeno u otros compuestos, lo que aumentaría significativamente el valor agregado del cultivo y la rentabilidad del cultivo (Trujillo-Hdz et al., 2016) (Figura 4b).

DESCUBRIENDO LA FÁBRICA DE BIXINA

Gracias a nuestras investigaciones, estamos avanzando en descifrar cómo la planta de achiote produce la bixina. Sabemos que esta compleja tarea se realiza con la ayuda de tres familias principales de genes: las caroteno digoxigenasas (CCDs), las aldehído deshidrogenasas (ALDH) y las metil transferasas (SABATHs) (Cárdenas-Conejo et al., 2023) (Figura 4c). Actualmente, se está investigando la posibilidad de tomar estos genes y transferirlos a una bacteria o levadura para producir

bixina a nivel industrial. Esto podría abrir la puerta a una forma más eficiente y sostenible de obtener este valioso pigmento (Figura 4d).

Otro aspecto importante de avance en las ciencias ómicas, es que el análisis del ADN genómico del achiote permite conocer cuántos y cuáles genes están participando en la síntesis de bixina y potenciar su valor. Este conocimiento genómico proporciona una herramienta poderosa para la mejora genética del cultivo. Los especialistas pueden utilizar esta información para desarrollar, mediante técnicas de selección o edición genética, nuevas variedades de achiote. Estas nuevas plantas podrían estar optimizadas para producir una mayor concentración de bixina o para mostrar una mejor adaptación y resistencia a condiciones ambientales adversas, como sequías o plagas.

En esencia, el genoma ofrece la receta maestra que permite a los agrónomos y genetistas optimizar la planta. Esto garantiza una producción más eficiente, rentable y sostenible de bixina para satisfacer la creciente demanda de las industrias farmacéutica y cosmética, y así generar mayores beneficios para los agricultores.

De esta forma, los cultivares de achiote se podrán establecer de acuerdo al interés en un compuesto químico que se quiera obtener, es decir, en plantaciones donde el interés sea producir bixina, o geranil-geraniol, o escualeno, entre otros, aumentando así el valor agregado del cultivar en cuestión por el compuesto a producir.

CONCLUSIONES

El conocimiento generado en el estudio de la planta del achiote permite unir los conocimientos pasados y vislumbrar hacia dónde dirigir su futuro. Así, con el conocimiento ancestral sobre este cultivo y las modernas tecnologías de investigación, ahora podemos aprovechar al máximo cada una de sus variantes.

Este enfoque nos permite no solo optimizar la producción de sus valiosos compuestos, sino también honrar y potenciar los usos milenarios que se le han dado a la planta. Desde la elaboración de platillos y bebidas hasta su uso en la medicina tradicional y en rituales, el achiote sigue demostrando ser un recurso natural inigualable, y, ahora, con la ayuda de la ciencia, podemos explotar su potencial de forma eficiente y aprovecharlo tanto en la alimentación como en la medicina moderna.



Agradecimientos

Los autores agradecen al CONAHCYT proyecto Fronteras de la Ciencia No. 2016-01-1716). D.S.U., agradece Doctorado Beca CONAHCYT No. 1006455. R.R.M. agradece al INMEGEN por la estancia sabática.

Literatura citada

- Aguilar-Espinosa, M., Carballo-Uicab, V., Rivera-Madrid, R. 2020. Biology and Chemistry of Apocarotenoids in: Chemistry, Biology and Applications of Apocarotenoids. pp1-7.
- Ashraf, A., Ijaz, M.U., Muzammil, S., Nazir, M.M., Zafar, S., Zihad, S.M.N.K., Uddin, S.J., Hasnain M.S., Nayak, A.K. 2023. The role of bixin as antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and skin protecting natural product extracted from *Bixa orellana* L. 169, 105612, Fitoterapia. doi: 10.1016/j.fitote.2023.105612.
- Cárdenas-Conejo, Y., Narvaez-Zapata, J.A., Carballo-Uicab, V.M., Aguilar-Espinosa, M., Us-Camas, R., Escobar-Turriza, P., Comai, L., Rivera-Madrid, R. 2023. Gene expression profile during seed development of *Bixa orellana* accessions varying in bixin pigment. *Frontiers in Plant Science*. doi: 10.3389/fpls.2023.1066509.
- Chidambaranathan-Reghupaty, S., Fisher, P.B., Sarkar, D. 2020. Hepatocellular carcinoma (HCC): Epidemiology, etiology and molecular classification. *Adv Cancer Res*. 2021,149:1-61. doi: 10.1016/bs.acr.2020.10.001.
- Kumar, Y., Phaniendra, A., Periyasamy, L. 2018. Bixin triggers apoptosis of human hep3b hepatocellular carcinoma cells: an insight to molecular and *in silico* approach. *Nutrition and Cancer*, 70, 971–983. <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1490445>
- Pech-Hoil, R., Monserrat Ferrer, M., Aguilar-Espinosa, M., Simpson, J., Valdez-Ojeda, R., Guzmán-Antonio, A., Gutiérrez-Pacheco, L.C., Rivera-Madrid, R. 2023. Characterization and variability of morpho-genetic traits of commercial importance in achiote collection. *New Forests*, <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09987-5>.
- Rivera-Madrid, R., Aguilar-Espinosa, M., Cárdenas-Conejo, Y., Garza-Caligaris, L.E. 2016. Carotenoid Derivates in Achiote (*Bixa orellana*) seeds: synthesis and health promoting properties. *Minireview, Frontiers in Plant Science*, 7, 1406. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01406>.
- Rivera-Madrid, R., Balam-Galera, E., Escobedo-GM, R.M., Vera-Ku, M., Harries, H. 2006. Preliminary studies toward genetic improvement of annatto (*Bixa orellana* L.). *Scientia Horticulturae*, 109:165-172.
- Trujillo-Hdz, J.A., Cárdenas-Conejo, Y., Aguilar-Espinosa, M., Escobar-Turriza, P., Comai, L., Rivera-Madrid, R. 2016. Functional polymorphism in lycopene beta-cyclase gene as molecular marker to predict bixin production in annatto. *Molecular Breeding*, 36:135, DOI: 10.1007/s11032-016-0555-y.

Aviso legal/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.

