

Recibido: 04.10.2024 • Aceptado: 05.09.2025

Palabras clave: Toronja, naringina, cáncer, nanotecnología, sostenibilidad.

Nanotecnología con sabor a toronja: una **esperanza** **natural** contra el **cáncer**

DANIELA EDITH SALADO LEZA

daniela.salado@uaslp.mx

INVESTIGADORA POR MÉXICO SECIHTI

/ INSTITUTO DE FÍSICA, UASLP

FERNANDA ABIGAIL SILVA MELGAREJO

fernanda.asmgarejo@gmail.com

POSGRADO DE CIENCIAS QUÍMICAS, UASLP

INGRID GUADALUPE MEZA PARDO

ingrid.mezap@gmail.com

INSTITUTO DE FÍSICA, UASLP



Este artículo explora el potencial de la naringina, un flavonoide presente en la cáscara de la toronja que ha captado la atención de la comunidad científica por su actividad biológica.

A pesar de sus beneficios, su aplicación enfrenta desafíos como la baja solubilidad y rápida degradación. En este contexto, la nanotecnología surge como una herramienta prometedora para mejorar su estabilidad y eficacia mediante técnicas de encapsulación o hibridación. Finalmente, destacamos la importancia de revalorizar los residuos de la industria citrícola, como el bagazo de toronja, promoviendo un enfoque sostenible que vincula la agroindustria con la innovación nanotecnológica en medicina.

Los secretos mejor guardados en la piel de la toronja

La toronja ha formado parte de nuestra alimentación durante cientos de años. Más allá de ser un deleite para nuestros sentidos, en su piel albergan sustancias químicas que han generado grandes expectativas en la comunidad científica. Entre éstas destaca la naringina, la cual posee propiedades que pueden ser útiles para la prevención y tratamiento del cáncer.

Con esta lectura conocerás qué la naringina y cómo a través de la nanotecnología y revalorización de los subproductos de la industria citrícola se están creando innovadoras alternativas para combatir el cáncer.

Naringina: más allá del sabor amargo de la toronja

La toronja (*Citrus paradisi*), también conocida como pomelo o pamplemusa, es un híbrido natural del naranjo dulce (*Citrus sinensis*) y el pummelo (*Citrus maxima*). Aunque se origina en las zonas subtropicales de Asia, hoy se cultiva en diversas partes del mundo. Según datos de 2020 de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en producción de toronja. Las variedades que se cultivan principalmente en Veracruz, Michoacán y Tamaulipas son:

ruby red, doble roja, marsh, criolla y red blush (Gobierno de México, 2023).

En la anatomía de la toronja (ver Figura 1) destacan tres partes principales:

- a) La cáscara o flavedo, rica en aceites esenciales usados principalmente para producir fragancias.
- b) El albedo, una capa esponjosa y blanca ubicada debajo de la cáscara, rica en compuestos químicos como los denominados flavonoides.
- c) La pulpa, de donde se producen jugos y otros productos comestibles ricos en vitaminas (C, A, B2 y B3) y minerales (potasio, calcio, hierro, fósforo y magnesio).



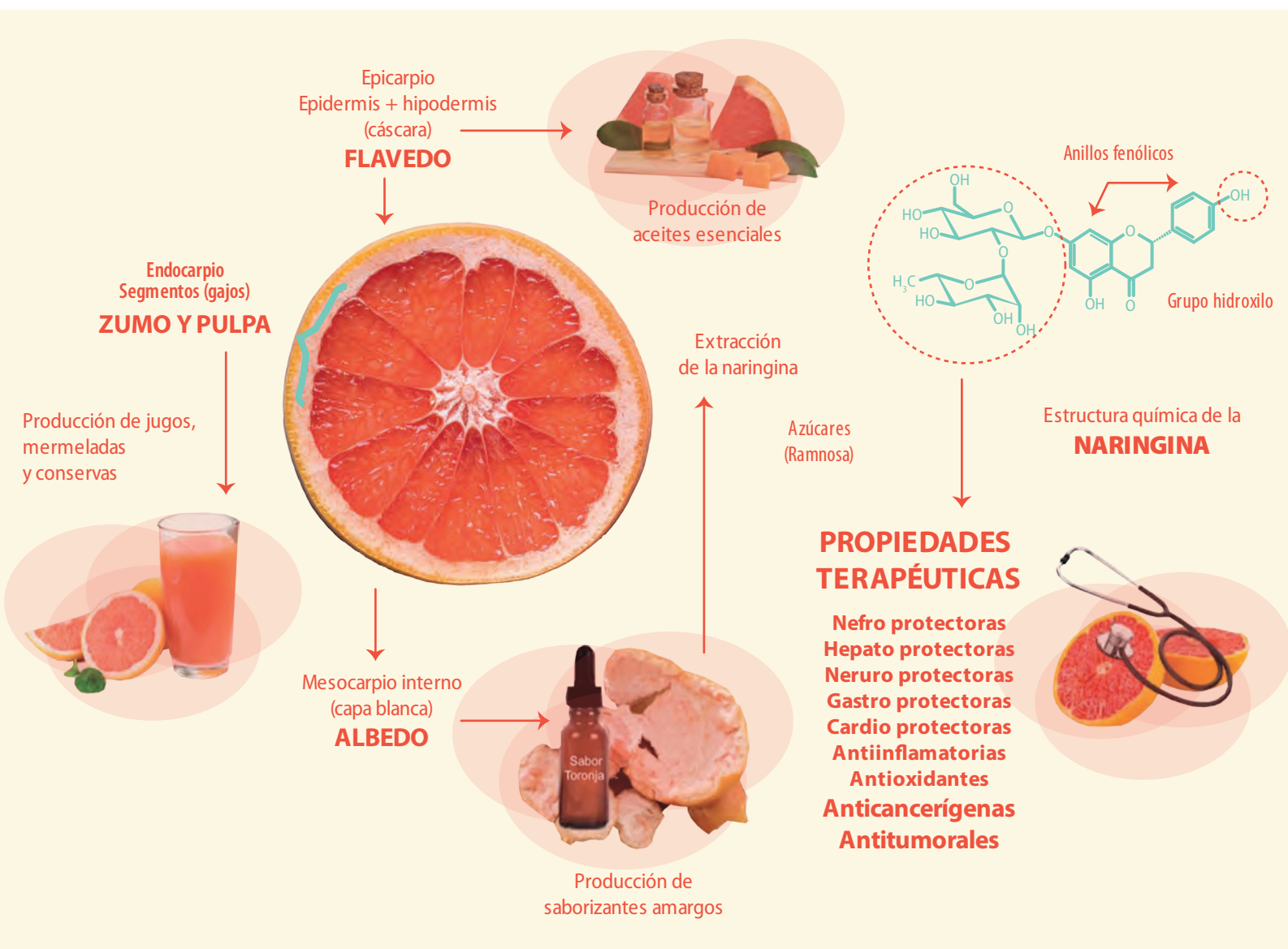


Figura 1.
Anatomía de la toronja, fórmula química y propiedades de la naringina

Los flavonoides son compuestos polifenólicos de origen natural presentes en diversas plantas, por ejemplo, en sus raíces, flores y frutos. Brevemente, los fenoles son moléculas aromáticas químicamente formadas por átomos de carbono e hidrógeno (C_6H_6), es decir, hidrocarburos cíclicos que además se unen a grupos hidroxilo ($-OH$).

La naringina ($C_{27}H_{32}O_{14}$) posee dos anillos fenólicos, los cuales le confieren su característico sabor amargo y propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y anticancerígenas, entre otras. Además, su estructura contiene azúcares simples (ramnosa, $C_6H_{12}O_5$), que contribuyen a su actividad biológica.

Guardián y combatiente del cáncer

El cáncer es una enfermedad caracterizada por el crecimiento descontrolado de células anormales, cuyo ciclo de vida y funcionamiento han sido alterados. La naringina ayuda tanto a prevenir como a combatir esta enfermedad. Diversos estudios en células y animales no humanos muestran que este polifenol inhibe el desarrollo de tumores a través de mecanismos como la supresión del crecimiento de células anormales, el aumento de la muerte celular, la detención del ciclo celular, y la modulación del estrés oxidativo, la inflamación y la angiogénesis. Esta última se relaciona con la formación de vasos sanguíneos, los cuales juegan un papel importante en el crecimiento de tumores.

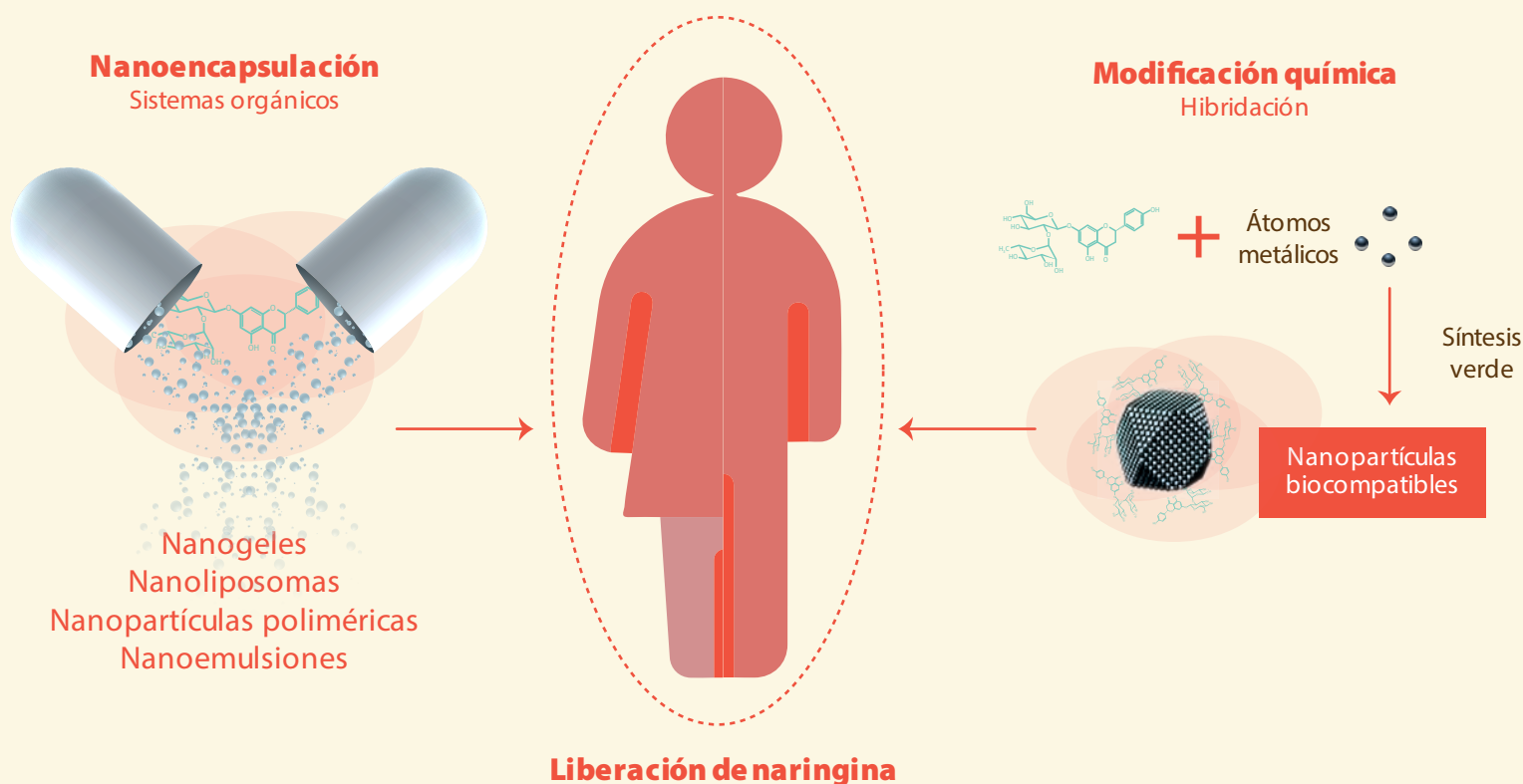


Figura 2.

Uso de la nanotecnología para evitar la degradación, aumentar la solubilidad, y liberar la naringina en su sitio de acción

A pesar de los beneficios que tiene la naringina para nuestra salud, su rápida degradación y baja solubilidad en fluidos corporales han limitado su uso como auxiliar en terapias contra el cáncer. En este contexto, la nanotecnología (disciplina que permite manipular materiales a escalas extremadamente pequeñas, equivalentes al nanómetro, (la milmillonésima parte de un metro), es una alternativa prometedora para mejorar las propiedades de la naringina. Una estrategia es encapsular en sistemas orgánicos como nanogeles, nanoliposomas, nanopartículas poliméricas o nanoemulsiones para protegerla de la degradación y llevarla íntegra hasta su sitio de acción. Otra posibilidad es modificarla químicamente (hibridación), uniéndola a metales para adquirir nuevas propiedades y aumentar su eficacia (ver Figura 2).

Nanotecnología y Sostenibilidad: Nuestra Responsabilidad

El 34% de la producción nacional de toronja se destina a la industria juguera, lo que genera toneladas de bagazo

que, si no es gestionado correctamente, puede tener un impacto negativo en el ambiente, la economía y la sociedad. Por tal razón, la revalorización de sus subproductos tiene el potencial de convertirse un hito de la nanomedicina en el país.

El Laboratorio de Bionanotecnología del Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se dedica al diseño seguro de nanopartículas híbridas, aplicando los principios de la química verde y la sostenibilidad. Además, explora nuevas estrategias para transformar el bagazo de toronja en un producto de valor (híbrido de naringina), con el fin de generar alternativas sostenibles y rentables para combatir el cáncer. Estas iniciativas son posibles gracias al apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT, proyecto CF-2023-I-1196), del Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología (COPOCYT – Fideicomiso 23871), y la participación de profesionistas y estudiantes de diversas disciplinas.



DANIELA EDITH SALADO LEZA

Egresada de la Université Paris-Saclay, Francia. Actualmente es investigadora por México (SECIHTI), desempeñándose en el Instituto de Física, UASLP. Se encuentra trabajando en el proyecto CF-2023-I-1196 "Nanoadyuvantes de diseño seguro y sostenible: una alternativa rentable contra el cáncer en México".

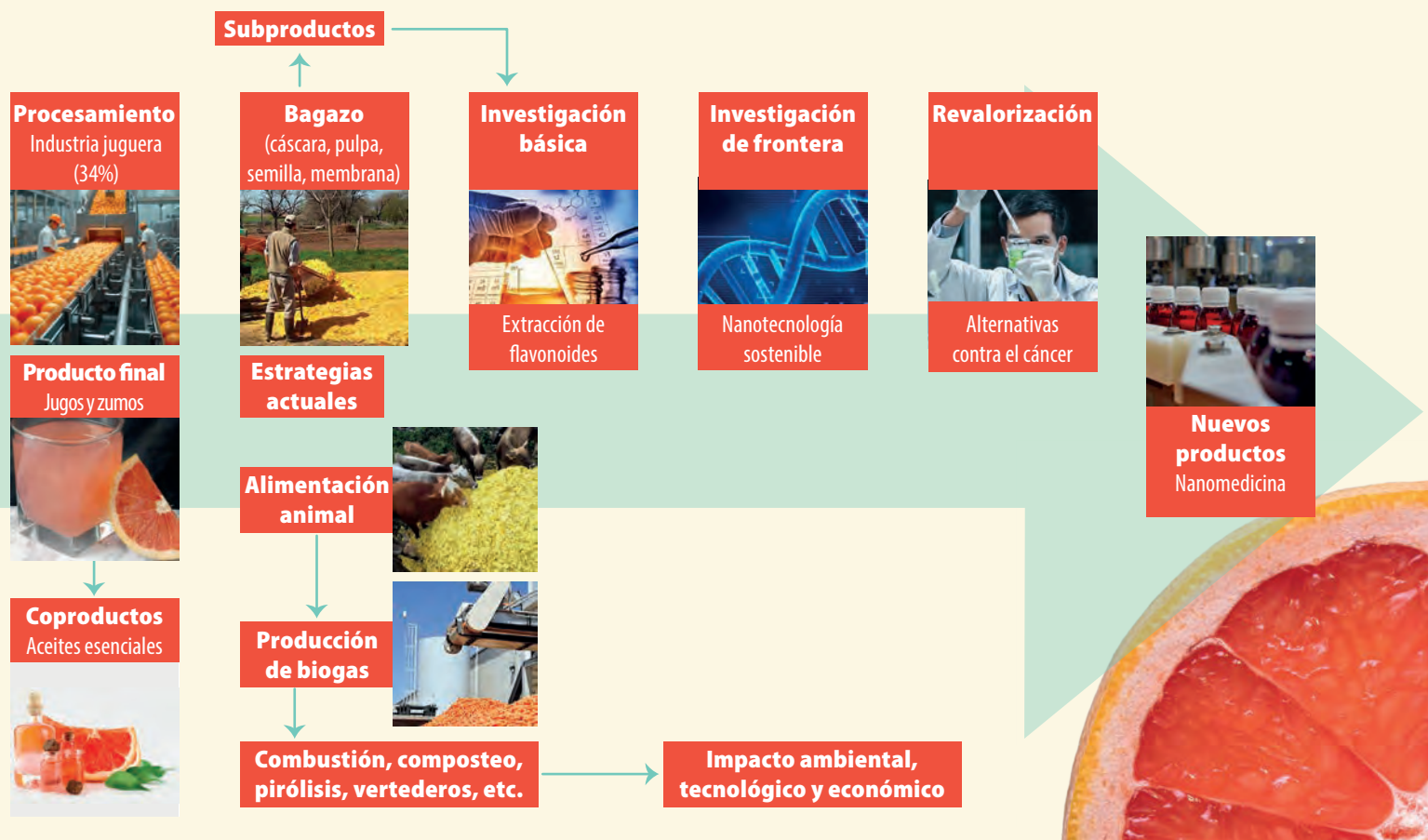


Figura 3.

Esquema para la revalorización de los subproductos de la industria cítrica en nuevos productos para nanomedicina.

En conclusión, el desafío no es sólo desarrollar tratamientos eficaces contra el cáncer, sino también garantizar que sean accesibles y respetuosos con el medio ambiente. Aprovechar los subproductos de la industria cítrica y su riqueza en moléculas bioactivas mediante nanotecnología representa una estrategia innovadora y sostenible. Así, el futuro de la lucha contra el cáncer podría estar en lo más simple: transformar lo que antes considerábamos desecho en un recurso valioso.

Lecturas recomendadas:

de la Rosa-Hernández, M., Wong-Paz, J. E., Muñiz-Márquez, D. B., Carrillo-Inungaray, M. L., & Sánchez-González, J. M. (2016). Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (*Citrus paradisi*) y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(2), 22-35. ISSN: 1870-0195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57956610003>

Galindo-Segura, L. A., Pérez-Vázquez, A., Ramírez-Martínez, A., López-Romero, G., & Gómez-Merino, F. C. (2023). El Manejo del Bagazo de Naranja en la Zona Centro del Estado de Veracruz. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-8. e1673. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1673>

Referencias bibliográficas:

Ghanbari-Movahed M, Jackson G, Farzaei MH and Bishayee A (2021) A Systematic Review of the Preventive and Therapeutic Effects of Naringin Against Human Malignancies. *Front. Pharmacol.* 12:639840. doi: 10.3389/fphar.2021.639840

Ravetti, S.; Garro, A.G.; Gaitán, A.; Murature, M.; Galiano, M.; Brignone, S.G.; Palma, S.D. Naringin: Nanotechnological Strategies for Potential Pharmaceutical Applications. *Pharmaceutics* 2023, 15, 863. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030863>

Rodríguez-Chávez, V. N., Meza-Pardo, I. G., Sánchez-Campos, D., Silva-Melgarejo, F. A., Castillo-Rivera, F., Estrada-Loredo, S. J., & Salado-Leza, D.* (2025). Solar-driven photochemical synthesis of bismuth-naringin nanoparticles with anticancer properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 252, 114699. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2025.114699>