



# Hot Sciencie

Vegetales con gran contenido de ácido  
 $\alpha$ -linolénico. Imagen de Muy Salud

# FITO... ¿QUÉ?

## Compuestos vegetales que ayudan al sistema inmunológico

PHYTO... WHAT?

Plant compounds that support the immune system

### Resumen

Los fitoprostanos (PhytoPs) son compuestos de plantas que están captando la atención debido a sus posibles beneficios con su consumo. Este artículo destaca su formación en respuesta al estrés oxidativo en las plantas y explorando su impacto en la salud humana. Los PhytoPs exhiben actividad a nivel celular que pueden desempeñar un papel crucial en la regulación del sistema inmunológico. Esta discusión tiene como objetivo arrojar a la luz el potencial de estos compuestos vegetales como contribuyentes valiosos a un estilo de vida saludable que pueda coadyuvar en enfermedades inflamatorias, inmunomoduladoras y cáncer.

**Palabras clave:** Fitoprostanos, estrés oxidativo, beneficios para la salud.

### Summary

Phytosterols (PhytoPs) are plant compounds that are gaining attention due to their potential benefits when consumed. This article highlights their formation in response to oxidative stress in plants and explores their impact on human health. PhytoPs exhibit cellular activity that may play a crucial role in regulating the immune system. This discussion aims to shed light on the potential of these plant compounds as valuable contributors to a healthy lifestyle that could assist in inflammatory, immunomodulatory, and cancer-related conditions.

**Key words:** Phytosterols, oxidative stress, health benefits.

Elsa Díaz-Montes

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología,  
Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n,  
Barrio La Laguna Ticomán, Ciudad de México 07340,  
México.

Autor para la correspondencia:  
elsadimo123@gmail.com

### ¿Qué son los fitoprostanos?

Los fitoesteroles son componentes esenciales de las membranas celulares en las plantas, estructuralmente son similares al colesterol humano (Figura 1). Los fitoesteroles contribuyen a la estabilidad e integridad de las membranas celulares, es decir, ajustan la capacidad de las membranas para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, participan en el transporte de electrones durante la fotosíntesis y protegen a la planta cuando se somete a un estrés ambiental [1].

El estrés oxidativo en las plantas se origina cuando existe un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS: *Reactive Oxygen Species*) y los mecanismos de defensa antioxidantes de la planta. La generación de ROS puede ser tanto por procesos metabólicos normales (por ejemplo, fotosíntesis y respiración mitocondrial) como por factores ambientales estresantes (por ejemplo, sequías y contaminación). Las ROS incluyen moléculas como los radicales libres y peróxidos que contienen oxígeno. Estas moléculas pueden dañar las células y afectar negativamente a las es-

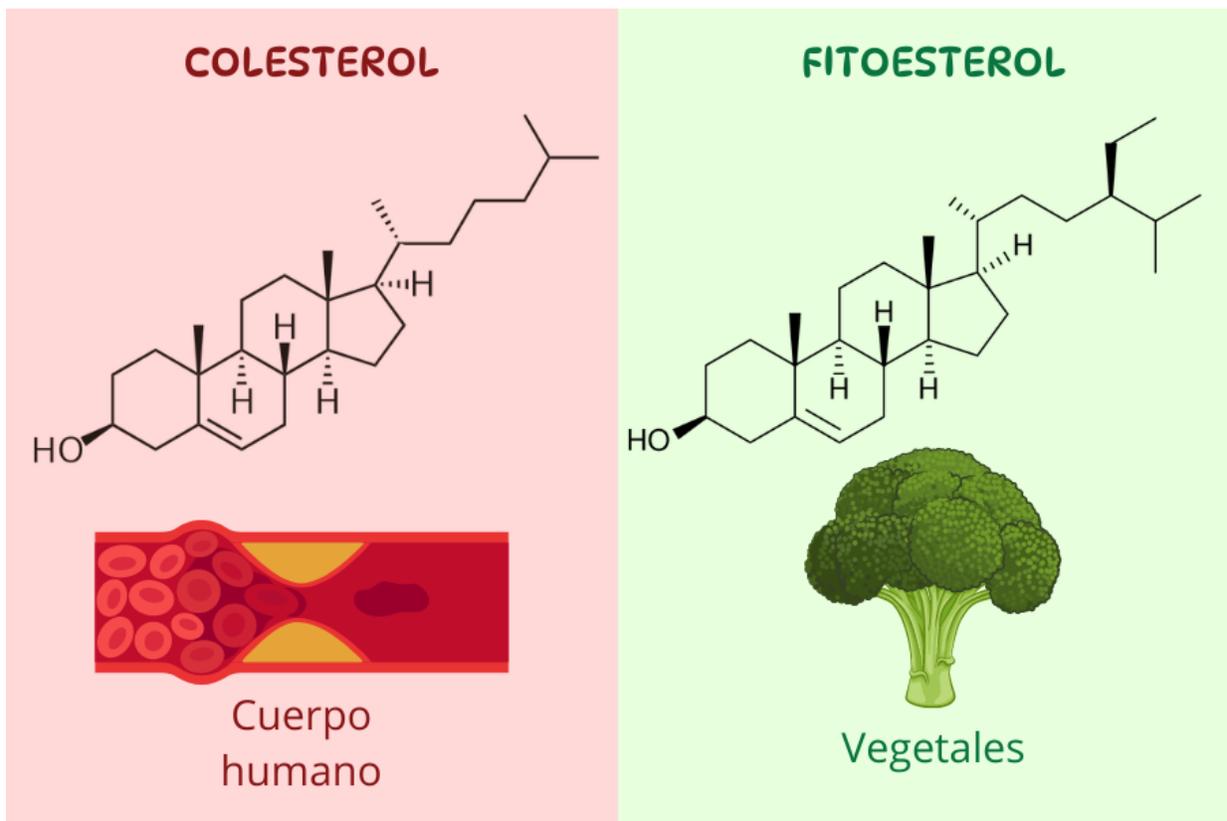


Figura 1. Estructura del colesterol humano y el fitoesterol vegetal.

estructuras celulares, como las membranas, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos [2].

Cuando las reacciones oxidativas de las ROS se dirigen contra el ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA: *alpha-linolenic acid*), el ácido graso poliinsaturado predominante en las plantas, se forman unos compuestos en los tejidos vegetales, llamados fitoprostanos (PhytoPs: *phytoprostanines*). Es decir, los PhytoPs son una clase de fitoesteroles, que se forman en las plantas como una respuesta adaptativa al estrés oxidativo [3].

#### Fuentes de Obtención de Fitoprostanos

La formación de PhytoPs requiere la presencia del ALA obligatoriamente, pues la reacción entre ALA y ROS consecuentemente genera PhytoPs. Sin embargo, no todas las especies vegetales contienen ALA o al menos no en cantidades significativas, pues depende del tipo de planta y las condiciones de crecimiento. Las fuentes vegetales ricas en ALA son principalmente los aceites vegetales, las semillas y los vegetales de hojas verdes [4]. La Figura 2 muestra ejemplos específicos de fuentes vegetales ricas en ALA.

#### Beneficios del consumo de fitoprostanos

El potencial biológico de PhytoPs no ha sido tan estudiado, debido a que las investigaciones de estos compuestos vegetales se han dirigido a su funcionalidad como mediadores de reacciones de defensa, en respuesta al estrés oxidativo en plantas, así como inhibidores del crecimiento y división celular. No obstante, un equipo de investigadores del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Seguro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS-CSIC) de Murcia, España; ha enfocado sus esfuerzos a encontrar fuentes no convencionales de PhytoPs (por ejemplo, vinos, aceites y semillas), métodos de extracción, purificación e identificación y evaluar sus efectos *in vivo* en modelos celulares y animales. Hasta el momento, los investigadores han destacado las capacidades inmunomoduladoras, antiinflamatoria y anticancerígenas de los PhytoPs.

#### Capacidad Inmunomoduladora de los Fitoprostanos

El sistema inmunológico es una red compleja de células y moléculas que trabajan juntas



### ACEITES VEGETALES

Linaza  
Canola  
Soja  
Girasol



### SEMILLAS

Chía  
Lino  
Cáñamo  
Nueces



### VEGETALES VERDES

Espinaca  
Brócoli  
Lechuga  
Espinaca

Figura 2. Grupos de alimentos con gran contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA).

para defender al cuerpo contra invasores patógenos como bacterias, virus y células cancerosas. El sistema inmunológico trabaja bajo dos mecanismos inmunitarios: innato y adaptativo (Figura 3) [5].

La inmunidad innata es la primera línea de defensa del cuerpo, que responde rápidamente a los patógenos de manera no específica. Los componentes que actúan son las células de la piel y la mucosa, proteínas sanguíneas, linfocitos NK (*natural killer*), dendritas, mastocitos y células fagocíticas (neutrófilos, macrófagos). Las funciones de estas células es fagocitar (ingerir) patógenos y activar respuestas inflamatorias que limiten su propagación. Mientras que, la inmunidad adaptativa es más específica y se activa cuando el sistema innato no puede eliminar completamente la amenaza. Este sistema tiene dos componentes principales: la inmunidad humoral y la inmunidad celular [5].

La inmunidad humoral esta mediada por las células B, que al encontrarse con un antígeno específico (una sustancia extraña), se activa y se diferencia en células plasmáticas, mismas que fabrican anticuerpos específicos llamados inmunoglobulinas. Por otro lado, la inmunidad celular se refiere a la respuesta inmune que implica la acción directa de las células T, las cuales tienen dos subtipos principales: las células

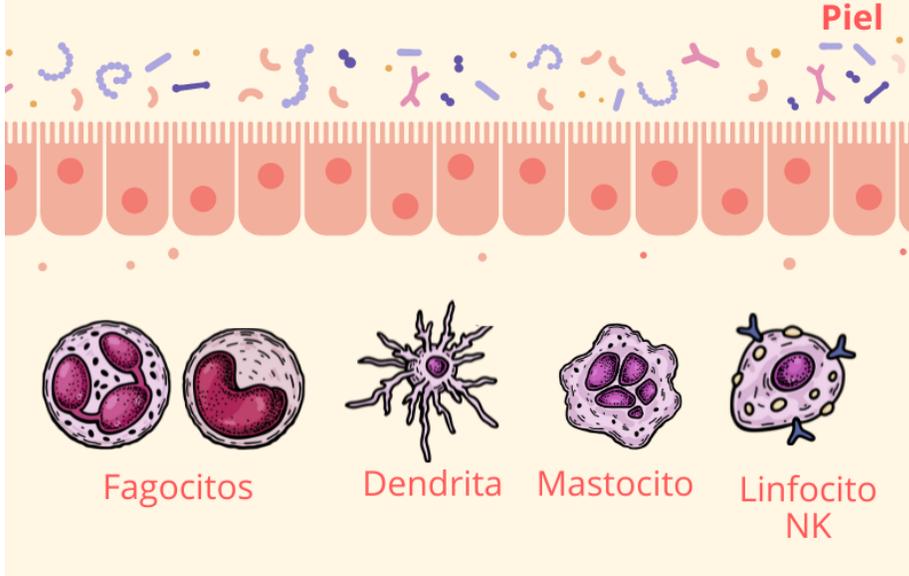
T citotóxicas (CD8+) y las células T colaboradoras (CD4+). Las células CD8+ son responsables de la destrucción directa de células infectadas por virus o células cancerosas. Las CD4+ desempeñan un papel fundamental en la coordinación de la respuesta inmune, dentro (TH1: tipo 1 helper) o fuera de la célula (TH2: tipo 2 helper), ayudando a las células B y activando las células CD8+ [5].

De acuerdo con los investigadores del CEBAS-CSIC, los PhytoPs actúan como inmunomoduladores, especialmente por su capacidad para promover la diferenciación de células T CD4+ en TH2. Por lo que su participación en la respuesta inmunológica adaptativa es coordinar la respuesta inmune celular y humoral, donde se involucra la producción de anticuerpos que están implicados en reacciones alérgicas y respuestas contra parásitos extracelulares [6].

#### Capacidad Antiinflamatoria de los Fitoprostano

La transcripción es el proceso que ocurre en el núcleo, mediante el cual la información genética codificada en el DNA (*deoxyribonucleic acid*) se transcribe en mRNA (*messenger ribonucleic acid*). La RNA polimerasa (enzima) une ribonucleótidos complementarios al DNA, generando una cadena de mRNA que lleva la información genética a través de la membrana nuclear hacia el citoplasma, donde se lleva a cabo la traducción. Los factores de transcripción son proteínas clave en la regulación de la expresión génica. Su función principal es controlar la transcripción del DNA en mRNA, al unirse a secuencias específicas de DNA y facilitar o inhibir la acción de la RNA polimerasa [5].

## INMUNIDAD INNATA

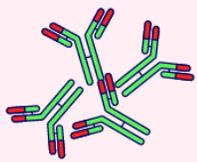


## INMUNIDAD ADAPTATIVA

### Humoral



Células B



Anticuerpos

### Celular



Células T

diferenciación



CD8+



CD4+

sitio de acción



TH1 TH2

Figura 3. Sistema inmunológico: inmunidades innata y adaptativa. Linfocito: NK (natural killer); células T colaboradoras: CD4+; celular T citotóxicas: CD8+; subgrupos: helper tipo 1 (TH1) y tipo 2 (TH2).

Particularmente en los procesos inflamatorios, uno de los factores de transcripción clave es el NF- $\kappa$ B (*nuclear factor kappa B*), quien ante diversas señalizaciones por estímulos como patógenos, infecciones, estrés o lesiones puede activarse. Su función es participar en la activación de células del sistema innato (macrófagos, dendritas y linfocitos NK) y en la diferenciación de células T CD4+ en los tipos TH1 o TH2. Además, al unirse a regiones específicas de DNA, promueve la síntesis de citocinas proinflamatorias como interleucinas (IL: *interleukins*) y el TNF-alfa (*tumor necrosis factor alpha*) [5].

En términos de respuesta antiinflamatoria, los estudios sobre PhytoPs realizados por los investigadores del CEBAS-CSIC, han demostrado actuar sobre la señalización mediada por NF- $\kappa$ B, particularmente en la inhibición de la producción de interleucinas, específicamente la IL-12; promoviendo una respuesta antiinflamatoria [6].

### Capacidad Antitumoral de los Fitoprostanos

La apoptosis es un proceso programado y regulado de muerte celular que ocurre de manera natural en el cuerpo. Es fundamental para el desarrollo normal, el mantenimiento de la homeostasis y la eliminación de células dañadas o no necesarias. La apoptosis se lleva a cabo mediante una serie de eventos bioquímicos y moleculares específicos que conducen a la autodestrucción controlada de una célula [5].

De acuerdo con los informes de los investigadores del CEBAS-CSIC, los PhytoPs están vinculados a la capacidad de desencadenar señales para inducir la apoptosis en linfomas de células T, un tipo de cáncer que afecta a las células

T del sistema inmunológico que ayuda normalmente a la identificación de infecciones y eliminación de patógenos y células dañadas. Por otro lado, los investigadores del CEBAS-CSIC establecieron que los PhytoPs inhiben la proliferación de células malignas al modular la expresión de varios genes relacionados con el ciclo celular, especialmente en células de cáncer de mama. Además, los PhytoPs mostraron una actividad inhibitoria en la migración de estas células cancerígenas (metástasis) pues mejoraron su capacidad para adherirse. No obstante, los mecanismos exactos y los componentes que participan aún no están claros y se siguen estudiando [6].

### **El futuro de los fitoprostanos**

A medida que la investigación sobre los PhytoPs progresa, se evidencian innovaciones tecnológicas que impulsan el campo hacia adelante. Estos avances no solo amplían nuestro conocimiento sobre los beneficios de los fitoesteroles, sino que también ofrecen nuevas oportunidades y desafíos.

### *Herramientas de Investigación Avanzadas*

El análisis y estudio de los PhytoPs se han beneficiado enormemente de tecnologías analíticas avanzadas. Técnicas como la espectrometría de masas de alta resolución y la cromatografía líquida permiten una identificación más precisa de los distintos compuestos presentes en los fitoesteroles. Este enfoque de alta tecnología proporciona una visión más detallada de la composición y diversidad de los PhytoPs en diversas fuentes vegetales.

### *Integración de Enfoques Multidisciplinarios*

La investigación sobre PhytoPs ha evolucionado hacia enfoques multidisciplinarios, involucrando no solo a biólogos y bioquímicos, sino también a expertos en biotecnología, bioinformática y nanotecnología. Esta convergencia de disciplinas impulsa una comprensión holística de los fitoesteroles, desde su síntesis en las plantas hasta su potencial aplicación en productos farmacéuticos y alimentos funcionales.



Imagen de [COSMETIC LATAM®](#).

## Desafíos y Oportunidades en la Biotecnología de Fitoprostanos

La ingeniería genética y la biotecnología ofrecen oportunidades innovadoras para la producción sostenible y la mejora en cualquier bioproceso que involucre la obtención de los PhytoPs. Por ejemplo, la modificación genética de plantas para aumentar la concentración de ácido  $\alpha$ -linolénico y, por ende, de PhytoPs, podría abrir nuevas posibilidades en la obtención de estos compuestos de manera más eficiente y en mayores cantidades.

### Aplicaciones Potenciales en la Industria Alimentaria y Farmacéutica

A medida que comprendemos mejor las propiedades beneficiosas de los PhytoPs, surge el potencial de su integración en la industria alimentaria y farmacéutica. La formulación de alimentos enriquecidos con PhytoPs y el desarrollo de medicamentos basados en estos compuestos podrían transformar la manera en que abordamos la salud y el bienestar.

### Sostenibilidad y Agricultura Inteligente

La investigación sobre PhytoPs también se centra en prácticas agrícolas sostenibles. La identificación de plantas que son naturalmente ricas en ALA y PhytoPs puede influir en la planificación de cultivos y promover prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.

### Conclusión

Las innovaciones tecnológicas y la integración de diversas disciplinas están dando forma a un futuro prometedor para la investigación de PhytoPs. Estos avances no solo nos acercan a comprender mejor estos compuestos, sino que también abren la puerta a aplicaciones prácticas que podrían tener un impacto significativo en la salud, la alimentación y la sostenibilidad.

El futuro de los PhytoPs se perfila como un campo prometedor en la investigación científica, pues aún hay mucho por conocer de ellos. A medida que se esclarezca su potencial, es posible que más grupos de investigadores

de todo el mundo se unan a su investigación y comprensión, con el particular objetivo de generar información científica para ofrecer soluciones innovadoras en el ámbito biológico en beneficio de mejorar la salud humana. **iBIO**

### Referencias

- [1] Rogowska, A., & Szakiel, A. (2020). The role of sterols in plant response to abiotic stress. *Phytochem Rev.*, 19, 1525-1538. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09708-2>
- [2] Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M.B., Parvin, K., Bhuiyan, T.F, Anee, T.I., Nahar, K., Hossen, M.S., Zulfiqar, F., Alam, M.M., & Fujita, M. (2020). Regulation of ROS Metabolism in Plants under Environmental Stress: A Review of Recent Experimental Evidence. *Int J Mol Sci.*, 21(22), 8695. <https://doi.org/10.3390/ijms21228695>
- [3] Collado-González, J., Durand, T., Ferreres, F., Medina, S., Torrecillas, A., & Gil-Izquierdo, Á. (2015). Phytoprostanos. *Lipid Technol.*, 27(6), 127-130. <https://doi.org/10.1002/lite.201500020>
- [4] Simopoulos, A. P. (2002). Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 11(s6), S163-S173. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.11.s.6.5.x>
- [5] Abbas A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2022). *Inmunología celular y molecular* (décima edición). Elsevier Inc.; pp. 1-552. ISBN 978-84-1382-206-8.
- [6] Medina, S., Gil-Izquierdo, Á., Durand, T., Ferreres, F., & Domínguez-Perles, R. (2018). Structural/Functional Matches and Divergences of Phytoprostanos and Phytofurans with Bioactive Human Oxylipins. *Antioxidants*, 7, 165. <https://doi.org/10.3390/antiox7110165>

