



# EL AGUACATE: DE LA COCINA A LA FARMACIA

Elizabeth Alejo, Ana Carolina Tirado-Garibay<sup>1</sup>, Joel Edmundo López-Meza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1050629h@umich.mx

El aguacate es un fruto que ha adquirido gran popularidad a nivel mundial por su sabor y propiedades nutricionales. La producción de este fruto se realiza mayoritariamente en México, particularmente en el estado de Michoacán, y representa una fuente de ingresos relevante para el país.

El aguacate tiene fines principalmente alimenticios, ya que la pulpa o endospermo se consume directamente o se utiliza en la elaboración de diferentes productos. Sin embargo, actualmente se analizan diversas propiedades de la cáscara y la semilla para aprovecharlas y evitar que sean consideradas como desechos.

Algunas características no nutricionales del aguacate que resaltan por ser de interés para la industria cosmética y farmacéutica son: las actividades contra bacterias y daño celular, su capacidad reguladora del sistema inmunológico y su efecto anticanceroso. Debido a ello, el aguacate es una fuente de moléculas que representan tratamientos potenciales contra múltiples enfermedades.

**Palabras clave: Aguacate, compuestos bioactivos**

## EL AGUACATE: EL ORO VERDE MEXICANO

El fruto del aguacate es un alimento popular a nivel mundial debido a su exquisito sabor y propiedades nutricionales; sin embargo, en los últimos años también se ha resaltado su importancia en el tratamiento de enfermedades. El árbol del aguacate (*Persea americana*) es originario de América Central y pertenece a la familia de las Lauráceas, por lo que es pariente cercano de la canela.

Existen tres razas de aguacate: guatemalteca, mexicana y antillana, de las cuales se han obtenido los cultivares utilizados actualmente para la producción comercial del fruto de aguacate. Si bien, la raza mexicana (conocida como aguacate nativo mexicano) no es un producto primario de exportación debido a su escasa pulpa y a una semilla de gran tamaño, su importancia radica en su uso como portainjerto para obtener variedades de alto valor comercial, como la variedad Hass (Rincón-Hernández, 2011).

El aguacate es uno de los productos de exportación más importante para nuestro país,

siendo el estado de Michoacán el principal productor nacional, ya que cuenta con la mayor cantidad de hectáreas cultivadas y aporta el 74% de la producción nacional (Cruz-López, 2022). Este alimento ha ganado tal popularidad a nivel mundial y se ha convertido en una importante fuente de ingresos.

Por ejemplo, su consumo aumenta durante los eventos deportivos, en el Super Bowl de 2017 se exportaron 100 mil toneladas de aguacate a los Estados Unidos de América, lo cual equivale a 250 millones de dólares.

Además, en el 2022, México exportó a Estados Unidos más de un millón de toneladas, lo que representó un valor comercial superior a tres mil millones de dólares (SADER, 2023).

El fruto de aguacate es utilizado principalmente para fines alimenticios, y se estima que su valor nutricional por cada 100 g de producto es aproximadamente de 167 kcal y 1.96 g de proteína.

Un sólo aguacate contiene más de 20 nutrientes entre los cuales destacan las vitaminas, la fibra y los minerales. Además, es uno de los alimentos más recomendados en dietas por su alto contenido de grasas saludables y bajo contenido del denominado “colesterol malo” o no deseado (LDL) (Dreher &

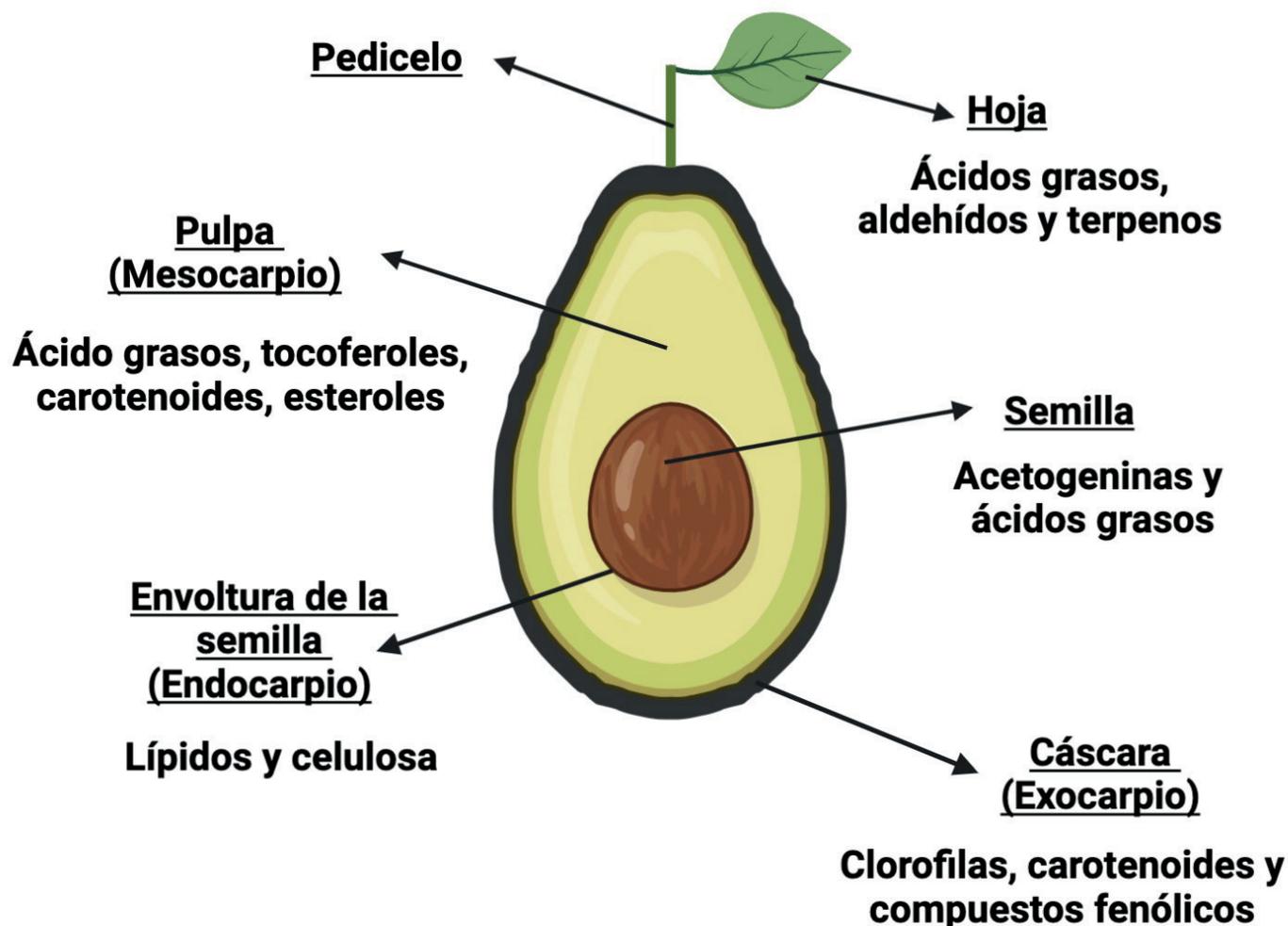


Figura 1. Estructura del fruto de aguacate y contenido de compuestos con propiedades medicinales. Modificada de Mora-Sandi et al., 2021.

Davenport, 2013). Sin embargo, el consumo de este fruto recae en la pulpa, y se suelen desechar la cáscara y la semilla. Por lo anterior, la industria se ha centrado en analizar posibles usos para estos productos de desecho. Un área importante de investigación y desarrollo con la cáscara y la semilla del aguacate es la búsqueda de moléculas bioactivas de interés médico.

## PROPIEDADES MEDICINALES DEL AGUACATE

Diversas investigaciones han demostrado que ciertos compuestos del aguacate (presentes en el fruto o en otras partes del ár-

bol) pueden ser útiles para el tratamiento de algunas enfermedades ya que tienen actividad contra bacterias (antimicrobiana), otros protegen contra el daño ocasionado por moléculas inestables propias del cuerpo o externas que dañan a las células (actividad antioxidante), y algunos ejercen un efecto tóxico contra células cancerosas (Ochoa-Zarzoza et al., 2021).

Además, las hojas se emplean en la preparación de infusiones para aliviar el dolor de cabeza, de dientes, infecciones de la piel y enfermedades gastrointestinales. Así mismo, la cáscara se usa para eliminar parásitos que se encuentran en nuestro intestino y también actúa como un antiinflamatorio intestinal, ya que ayuda a eliminar bacterias patógenas del género *Shigella*.

La pulpa se utiliza como cicatrizante y para tratar los cólicos menstruales. Además, la semilla contiene moléculas que matan bacterias que pueden ser empleadas en el control de infecciones, así como grasas y sus derivados que afectan a las células cancerosas. Así mismo, la cáscara, hojas y semilla han demostrado tener moléculas antioxidantes como carotenoides, tocoferoles y acetogéninas ampliando el panorama de posibilidades de uso del aguacate (Bhuyan et al., 2019; Mora-Sandi et al., 2021).

Esta diversidad de actividades benéficas del aguacate ha generado la curiosidad de conocer la naturaleza química de los componentes responsables de las mismas. Algunas se han asociado con compuestos que pertenecen a diferentes grupos como los lípidos, fenoles, entre otros (Figura 1). Cabe señalar, que gran parte de estos estudios se han realizado con el cultivar Hass, y que poco se conoce de la riqueza de compuestos de interés medicinal de otros cultivares o razas, entre ellas el aguacate nativo mexicano.

## AGUACATE PARA UN SISTEMA INMUNOLÓGICO FUERTE

El sistema inmunológico está conformado por células y moléculas que reconocen amenazas en nuestro cuerpo y las eliminan. Por ejemplo, puede eliminar a las bacterias que comprometen el equilibrio y funciones del cuerpo, conocido como homeostasis, pero también puede eliminar a células del propio organismo que han sido dañadas, como las células cancerosas (Toche, 2012), de las que se hablará más adelante. Podemos destacar que las infecciones bacterianas han tenido un crecimiento alarmante en los últimos años, lo cual está asociado a la multirresistencia a los fármacos (antibióticos) que se usan para combatirlas.

Esto se debe a un mal uso de los medicamentos, ya sea por auto medicarse o por dejar los tratamientos inconclusos, provocando que las bacterias desarrollen mecanismos de defensa a estas terapias y se vuelvan más peligrosas y difíciles de eliminar (WHO, 2020). Por lo anterior, se ha visto la necesidad de implementar alternativas para su control y tratamiento enfocadas en atacar directamente al microorganismo que causa la enfermedad (patógeno) o potenciando el sistema inmunológico del paciente.

Estudios recientes realizados por investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) han demostrado que un péptido antimicrobiano (PAM) del aguacate nativo mexicano, denominado Pa-Def, afecta la viabilidad de bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, relacionadas con infecciones de la piel, gastrointestinales y pulmonares (Guzmán-Rodríguez et al., 2013). Además, un concentrado (extracto) de los componentes de la semilla del aguacate nativo mexicano (LEAS) reduce la entrada de *S. aureus* a las células hospedadoras, disminuyendo el riesgo de generar una enfermedad.

Esto es relevante, ya que se evita que la bacteria se proteja de la respuesta inmune, lo cual favorece su control y con ello reducir la tasa de infección. Así mismo, un grupo de investigación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla evaluó dos extractos diferentes de la semilla del aguacate, observando que impiden el crecimiento de bacterias como *S. aureus* y *Salmonella typhimurium* (Cid-Pérez et al., 2021).

Además, se ha demostrado que LEAS modula la respuesta inmune de las células favoreciendo la expresión de proteínas como la interleucina 10 (IL-10), la cual inhibe o atenúa la respuesta inflamatoria (Báez-Magaña et al., 2019). Estos estudios demuestran que el aguacate nativo mexicano puede tener aplicaciones más allá de ser el portainjerto del cultivar Hass.

## AL CÁNCER NO LE GUSTA AL AGUACATE

El cáncer es un conjunto de enfermedades que todos podemos desarrollar, ya sea porque algún familiar tuvo cáncer, por nuestro estilo de vida poco saludable o exposición a sustancias peligrosas, entre otros factores. Este grupo de enfermedades se caracteriza por un crecimiento constante y descontrolado de las células, así como la invasión de éstas a otros tejidos distintos al de origen. Este último proceso es conocido como metástasis y es la principal dificultad para el tratamiento del cáncer (Hannahan, 2022).

Con el objetivo de ampliar las posibilidades de uso del aguacate nativo mexicano, investigadores de la UMSNH han demostrado que las moléculas del aguacate nativo mexicano (PaDef y LEAS) afectan la viabilidad de células cancerosas humanas de colon, mama, pulmón y leucemia, así como células de cáncer de hueso en perros (osteosarcoma canino) (Ochoa-Zarzosa *et al.*, 2021). De hecho, LEAS ha demostrado tener actividad antitumoral al evaluarse en ratones que presentaban cáncer de piel, disminuyendo el volumen de

los tumores. Así mismo, se ha observado que concentraciones de LEAS que no matan a las células cancerosas (no citotóxicas) inhiben la proliferación y migración de células cancerosas, disminuyendo su capacidad de invadir otros tejidos u órganos.

Estos estudios sugieren que LEAS puede ser un potencial tratamiento anticanceroso. Sin embargo, las propiedades de las moléculas bioactivas del aguacate nativo mexicano no terminan aquí, ya que recientemente se demostró que el PAM PaDef inhibe la formación de vasos sanguíneos, otra de las propiedades importantes para el desarrollo y mantenimiento de los tumores cancerosos (Falcón-Ruiz *et al.*, 2023). Además, este efecto podría ampliar el escenario a otras enfermedades que requieran control angiogénico o de vasos sanguíneos, como la psoriasis o la retinopatía diabética.

Así mismo, este PAM regula de manera epigenética (es decir, sin modificar la secuencia del ADN) a células de leucemia linfocítica aguda, lo que puede modificar la expresión de genes en células cancerosas, como un tratamiento alternativo en el control del cáncer (Jiménez-Alcántar *et al.*, 2022) (Figura 2). En

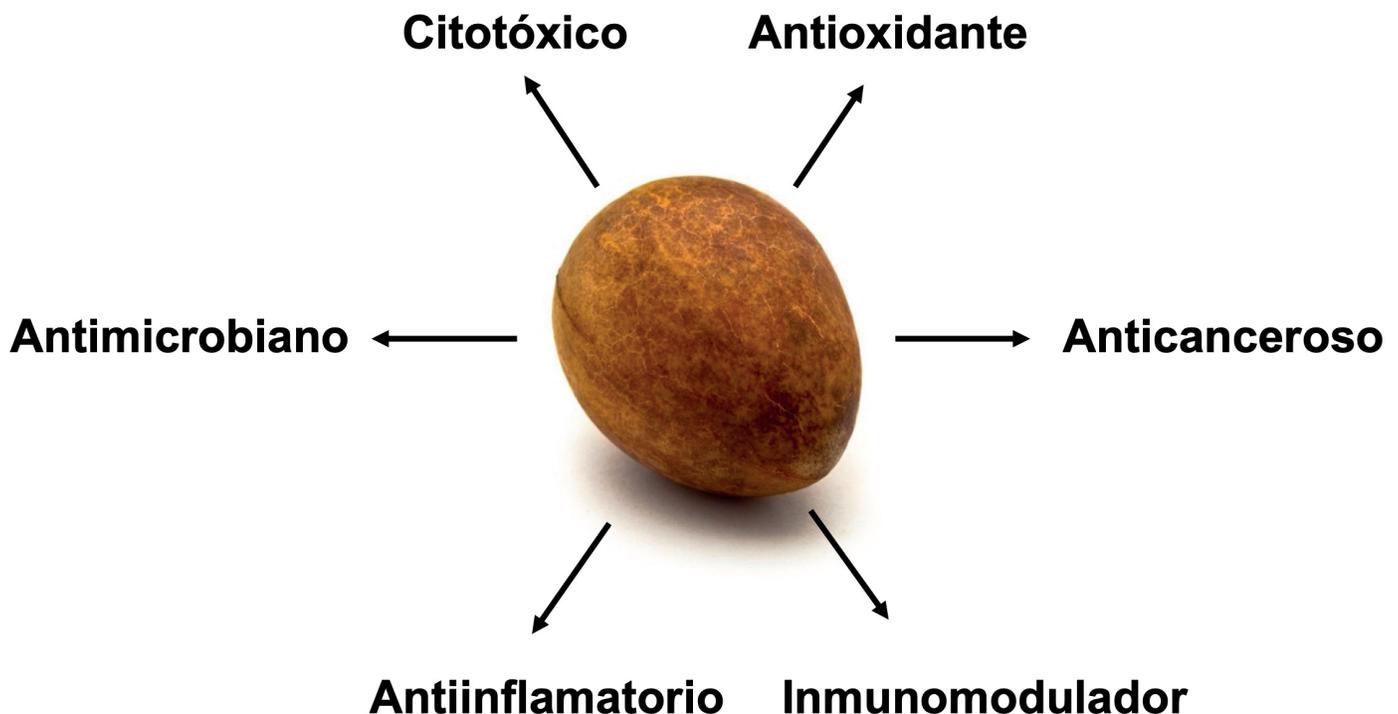


Figura 2. Actividades de interés médico asociadas a la semilla del aguacate. Imagen basada en Ochoa-Zarzosa *et al.*, 2021.

el mismo sentido, un grupo de investigadores de Egipto evaluó otro extracto de la semilla del aguacate en ratas que tenían cáncer de hígado. Las ratas tratadas con el extracto presentaron una disminución de las moléculas características del cáncer (marcadores), impidiendo el desarrollo de la patología (Ahmed *et al.*, 2022). Por otro lado, se ha demostrado que extractos de la pulpa del aguacate detienen el ciclo celular de las células de cáncer de próstata, impidiendo que se sigan duplicando (Qing-Yi, 2005).

Además, compuestos de la cascara, la semilla y su envoltura provocan la muerte de células de cáncer de próstata, leucemia, pulmón, hígado, colon y mama; reportando incluso un mayor efecto contra cáncer de mama cuando se combina con medicamentos como el tamoxifeno (Bhuyan *et al.*, 2019).

## CONCLUSIÓN

El aguacate es un fruto que contiene moléculas con un gran potencial farmacéutico. Extractos de su pulpa, cascara y semilla han demostrado impedir el crecimiento de bacterias que comúnmente ocasionan infecciones, como *S. aureus* y *S. typhimurium*. Estos microorganismos suelen vivir intracelularmente evitando con ello las acciones del sistema inmunológico, lo que dificulta su control.

El hecho de que existan moléculas en el aguacate que reducen la internalización bacteriana, representa una alternativa de tratamiento contra estas enfermedades. Además, los efectos de moléculas del aguacate sobre la respuesta inflamatoria abren el panorama de posibles aplicaciones en enfermedades como la artritis y otras. Así mismo, los efectos citotóxicos de los extractos de aguacate contra las células cancerosas y la dispersión de éstas (metástasis) estimula las investigaciones con el fin de desarrollar posibles fármacos anticancerosos.

Es importante resaltar que esto no indica que debemos consumir grandes cantidades de

aguacate para protegernos contra enfermedades, sino que pueden obtenerse concentrados de moléculas protectoras a partir de este fruto y que los compuestos que presentan las actividades antes mencionadas pueden ser extraídos de productos de desecho como la semilla y la cascara, dándoles una segunda oportunidad como fuente de moléculas con potencial terapéutico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, H. I., Fahim, E. E., Mohamed, A., Abdel-Moneim. (2022). Protective effects of *Persea americana* fruit and seed extracts against chemically induced liver cancer in rats by enhancing their antioxidant, anti-inflammatory, and apoptotic activities. *Environmental Science Pollution Research*. 29, 43858-43873. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18902-y>
- Báez-Magaña, A., Ochoa-Zarzosa, N., Alva-Murillo, R., Salgado-Garciglia, J. E., López-Meza. (2019). Lipid-rich extract from mexican avocado seed (*Persea americana* var. *drymifolia*) reduces *Staphylococcus aureus* internalization and regulates innate immune response in bovine mammary epithelial cells. *Journal of Immunology Research*. 2019:7083491. <https://doi.org/10.1155/2019/7083491>.
- Bhuyan, M. A., Alsherbiny, S., Perera, M., Low, A., Basu, O. A., Devi, M. S., Barooah, C. G., Li, K., Papoutsis. (2019). The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. *Antioxidants (Basel)*. 24, 8(10), 426. <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>.
- Cid-Pérez, P., Hernández-Carranza, C. E., Ochoa-Velasco, I., Ruiz-López, G. V., Nevarez-Moorillón, M, R., Ávila-Sosa. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Bio-*

- logical Sciences*. 28(6), 3384-3390. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.087>.
- Cruz-López, I., Caamal-Cauich, V. G., Pat-Fernández, J., Reza Salgado. (2022). Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13 (2), 355-362. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2885>.
  - Dreher, A. J., Davenport. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:7, 738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>.
  - Falcón-Ruiz, J. E., López-Meza, A., Ochoa-Zarzosa. (2023). The plant defensins PaDef and  $\gamma$ -thionin inhibit the endothelial cell response to VEGF. *Peptides*. 165, 171008. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2023.171008>.
  - Guzmán-Rodríguez, R., López-Gómez, L. M., Suárez-Rodríguez, R., Salgado-Garciglia, L. C., Rodríguez-Zapata, A., Ochoa-Zarzosa, J. E., López-Meza. (2013). Antibacterial activity of defensin PaDef from avocado fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*) expressed in endothelial cells against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Biomed Research International*. 2013:986273. <https://doi.org/10.1155/2013/986273>.
  - Hanahan. (2022). Hallmarks of cancer: New dimensions. *Cancer Discovery*. 12(1), 31-46. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-1059>.
  - Jiménez-Alcántar P., R., López-Gómez, J. E., López-Meza, A., Ochoa-Zarzosa. (2022). PaDef (*Persea americana* var. *drymifolia*), a plant antimicrobial peptide, triggers apoptosis, and induces global epigenetic modifications on histone 3 in an acute lymphoid leukemia cell line. *Frontiers in Molecular Biosciences*. 24, 9, 801816. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.801816>.
  - Mora-Sandí, A., Ramírez-González, L., Castillo-Henríquez, M., Lopretti-Correa, J. R., Vega-Baudrit. (2021). *Persea americana* agro-industrial waste biorefinery for sustainable high-value-added products. *Polymers (Basel)*. 25,13(11), 1727. <https://doi.org/10.3390/polym13111727>.
  - Ochoa-Zarzosa, M., Báez-Magaña, J. J., Guzmán-Rodríguez, L. J., Flores-Alvarez, M., Lara-Márquez, B., Zavala-Guerrero, R., Salgado-Garciglia, R., López-Gómez, J. E., López-Meza. (2021). Bioactive molecules from native mexican avocado fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*): A review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 76, 133-142. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00887-7>
  - Organización Mundial de la Salud. (2022). Cáncer. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.
  - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2018). <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-consolida-mexico-como-el-primer-productor-de-aguacate-a-nivel-mundial-con-casi-dos-millones-de-toneladas-en-2017>.
  - Rincón-Hernández, J. L., Sánchez Pérez, F. J. Espinosa-García. (2011). Caracterización química foliar de los árboles de aguacate criollo (*Persea americana* var. *drymifolia*) en los bancos de germoplasma de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(2), 395-412. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.2.474>
  - Toche. (2012). Visión panorámica del sistema inmune. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 23(4), 446-457. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(12\)70335-8](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(12)70335-8).
  - Qing-Yi, J. R., Arteaga, Q., Zhang, S., Huerta, V. L., Go, D., Heber. (2005). Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: role of lipid-soluble bioactive substances. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 16(1), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.08.003>.