

## Bibliografía

- Araújo-Vilar, D., Guillín-Amarelle, C., Sánchez-Iglesias, S., Castro, A., & F.Casanueva, F. (2014). Uso terapéutico de la leptina recombinante humana. *Rev Esp Endocrinol Pediatr*, 27-42.
- Ana Bertha Pérez Lizaur, Berenice Palacios Gonzales, Ana Laura Castro Becerra, Isabel Flores Galicia. (2014) «Sistema mexicano de alimentos equivalentes» fomento de nutrición y salud. Cuarta edición.
- De Oliveira, Cerda, Vecchia Genvigir, Ferraz Sampaio, Armaganijan, Silveira Bernik, y otros. "Leptin receptor gene polymorphisms are associated with adiposity and metabolic alterations in Brazilian individuals." *Arq Bras Endocrinol Metab*, 2013: 9-57.
- E. L. Rosado, J. B. Monteiro, V. Chaia, & M. F. do Lago. (2006). Efecto de la leptina en el tratamiento de la obesidad e influencia de la dieta en la secreción y acción de la hormona. *Nutrición Hospitalaria*, 686-693.
- Eugenia Ulloa, D., Armeno, M., & Mazza, C. (2017). OBESIDAD MONOGENICA. *Medicina Infantil*, 294-302.
- Garvey, W. T., Mechanick, J. I., & Einhorn, D. (2016). La Asociación Americana de Endocrinólogos Clínicos y el Colegio Estadounidense de Endocrinología 2014 marco avanzado para un nuevo diagnóstico de la obesidad como enfermedad crónica. HHS Public Access, 977-989.
- Goldenberg, D., Santos, J. L., Hodgson, M. I., & Cortés, V. (2014). Nuevas proyecciones fisiológicas, patológicas y terapéuticas de la leptina. *Med Chile*, 738-747.
- Hernández-Salaza, E., Gómez-García, A., Martínez-Abu, E., & González-Ortiz, M. (2006). Efecto de la administración oral de zinc sobre sensibilidad a la insulina y niveles séricos de leptina y andrógenos en hombres con obesidad. *Méd. Chile*, 279-284.
- Lewandowski P, Morton G, Sanigorski A, de Silva A, Zimmet P, Collier GR. Leptin resistance in a polygenic, hyperleptinemic animal model of obesity and NIDDM: *Psammomys obesus*. *Int J Obes* 1999; 23 (1): 83-9.
- Londoño-Lemos, M. E. (2017). Aproximaciones farmacológicas para el tratamiento de la obesidad. *Colomb. Cienc. Quím. Farm*, 71-127.
- Madeira, I., Bordallo, M. A., Rodrigues, N. C., Carvalho, C., Gazolla, F., Collett-Solberg, P., y otros. (2017). Leptin as a predictor of metabolic syndrome in prepubertal children. *Nutrición Hospitalaria*, 7-13.
- Mercedes Elvira Gonzales Hita, K. G. (diciembre de 2006). Regulación neuroendócrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energético. *Medigraphic*, 8(3), 191-199.
- Solano, Baron, Portillo y Fajardo de B. «leptina e insulina sérica en adultos con sobrepeso y obesos en régimen hipocalórico con alto contenido de carbohidratos complejos.» *Revista Chilena Nutrición*, 2009: 129-135.
- Valladares, M., Obregón, A. M., Weisstau, G., Burrows, R., Patiño, A., Hourriola, J., & Santos, J. L. (2015). Asociación entre la conducta alimentaria y polimorfismos genéticos de la leptina y su receptor en niños obesos chilenos. *Nutrición Hospitalaria*, 1044-1051.
- Xiomara Clavijo, B., Xiomara Rivera, K., Villarreal, S. A., & Moscoso, J. (2017). Leptina como indicador hormonal de obesidad en niños y adolescentes. *BIOCIENCIAS*, 9-21.

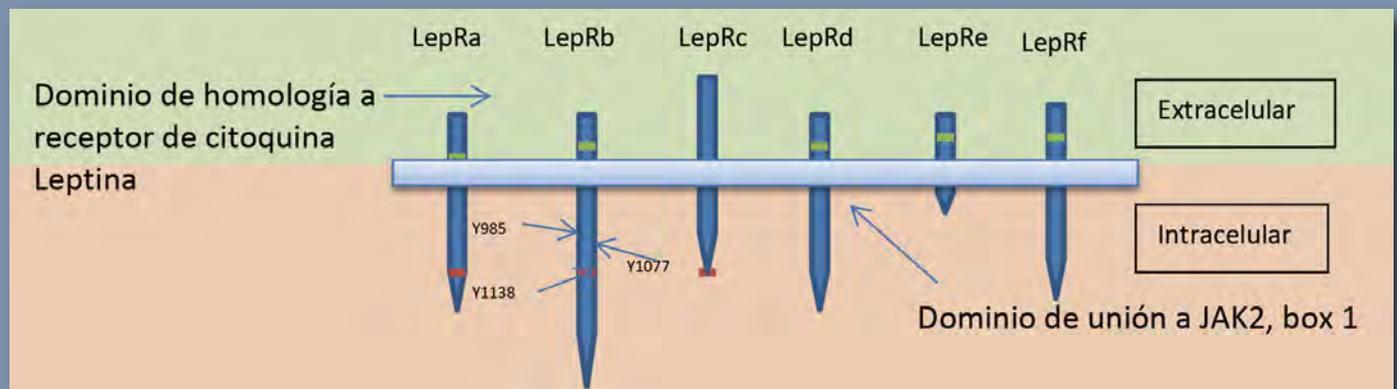


Figura 2: Las isoformas del receptor de leptina, comparten los dominios extracelular y transmembrana, la isoforma lepre, carece del dominio transmembrana y se encuentra soluble en la circulación. leprb es la isoforma más larga y es la única que tiene los elementos estructurales necesarios para la activación de cascadas de señalización intracelular, en particular los residuos tirosina (Y) 985, 1077 y 1138, esenciales para la interacción con otras proteínas intracelulares Gen codificador de leptina (LEPR). (Goldenberg, et al., 2014).

• Enviado: abril 14, 2021 • Aceptado: septiembre 09, 2021

# ¡Lo que debes saber del ácido elálgico!

Kristal Ruiz-Pompa y Juan Carlos González-Hernández

Instituto Tecnológico de Morelia / Tecnológico Nacional de México. Morelia, Mich., México.  
Contacto: [juan.gh@morelia.tecnm.mx](mailto:juan.gh@morelia.tecnm.mx)

**Resumen.** En el presente artículo se mencionan las características del ácido elálgico, algunas propiedades y donde podemos encontrarlos tanto en la naturaleza como en la síntesis a nivel biorreactor. El ácido elálgico tiene efectos sobre el tratamiento en personas que padecen diabetes puesto que la molécula es similar a la insulina y actúa sobre los receptores pancreáticos de la misma manera, así como para la inhibición de algunos tipos de cáncer debido a su acción sobre los radicales libres del mismo. El ácido elálgico es el producto de degradación de los elagitaninos los cuales se encuentran presentes en diversos frutos, entre ellos destacan las frutillas. El método de obtención del ácido es mediante la degradación enzimática en bioprocesos. Actualmente se estudia el efecto de las enzimas tanasa y  $\beta$ -glucosidasa sobre la degradación de los elagitaninos presentes en la fresa para la producción de ácido elálgico.

**Palabras clave:** hongos, levaduras no-convencionales, fenoles, enzimas, hidrólisis.

**¿Qué son los Taninos? Están más cerca de lo que te imaginas.**

Los taninos son polifenoles que podemos encontrar en la naturaleza y son uno de los cuatro constituyentes más abundantes en las plantas después de la celulosa, hemicelulosa y lignina. Están presentes en los tallos, hojas, cortezas, troncos y raíces (Lekha et al., 1997). Los taninos son un compuesto derivado como metabolito secundario de las plantas los cuales les confieren protección contra ataque de microorganismos. Provocan un

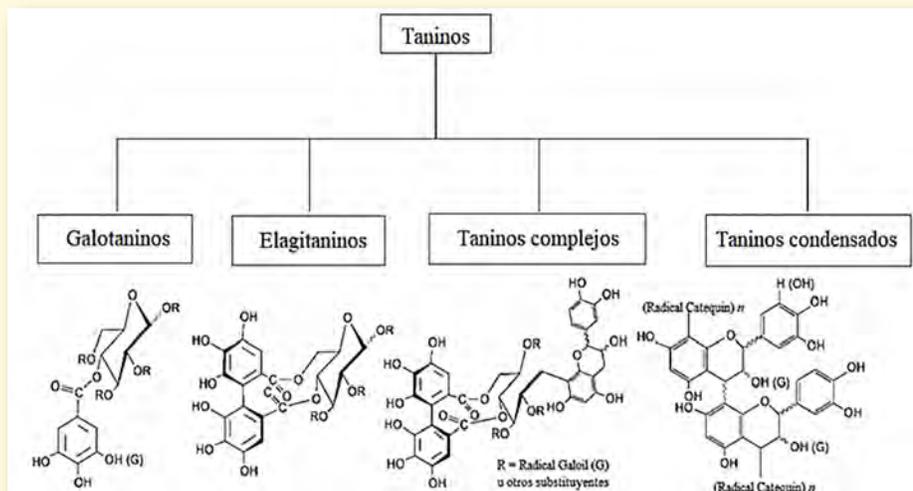


Figura 1. Clasificación de taninos (Tomado y modificado de Khanbabaee et al., 2001).

sabor astringente y desagradable al ser consumidos por animales, esto es a causa de la unión del tanino a los polisacáridos o proteínas de la lengua (Isaza et al., 2007) también causan problemas de digestión por su difícil degradación (Ramírez et al., 2019).

Los taninos han sido utilizados a lo largo de la historia en el campo farmacéutico, nutricional, saborizantes y fragancias. En la industria química tienen aplicaciones como la fabricación de tintes café, amarillos y rojos por sus propiedades intrínsecas, también, para elaboración de pegamentos, como control de lodos en la extracción de petróleo (Cruz Antonio., 2014) y para el curtido de pieles industriales (Isaza et al., 2007).

Los taninos se pueden clasificar en dos grupos principales de acuerdo con la posibilidad o no de hidrolizarse, estos son los taninos hidrolizables y los taninos condensados (Ramírez et al., 2019). De otra forma, en 2001 Khanbabaee clasifica a los taninos en

cuatro grupos principales: galotaninos, elagitaninos, taninos condensados y taninos complejos, en la **Figura 1** se muestran algunos ejemplos de la clasificación de estos. Para saber sobre el ácido elágico, que es el compuesto de interés hablemos de los elagitaninos.

### Elagitaninos

Los elagitaninos se subdividen de los taninos hidrolizables de la primera clasificación, y su característica principal es contener un grupo hexahidroxidifénico (HHDP), que al ser liberado, sufre una lactonización espontánea formando unidades cíclicas, esto consiste en un reacomodo de la estructura resultando una molécula de ácido elágico que es una conformación más estable, en la **Figura 2** se muestra un ejemplo de la liberación del grupo HHDP de un elagitanino (Cruz Antonio, 2014).

A diferencia de los galotaninos, los elagitaninos contienen un enlace C-C que le confiere mayor dificultad para su degradación. Anteriormente se usaban

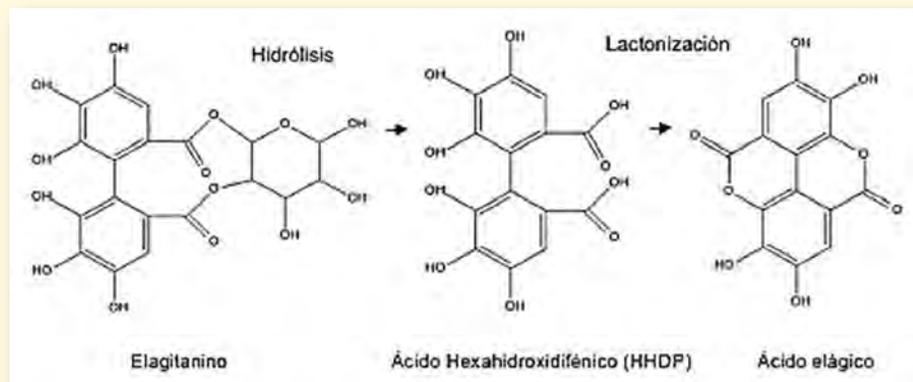


Figura 2. Hidrólisis y lactonización del grupo HHDP. (Tomada y modificada de De la Cruz et al., 2011).

hongos filamentosos como degradadores de elagitaninos para producción de ácido elágico, pero posteriores investigaciones sugieren que la degradación enzimática de elagitaninos se debe a enzimas llamadas elagitanasas con características similares a las tanasas, también, se ha reportado el uso de la enzima  $\alpha$ -glucosidasa así como su contribución en la degradación enzimática de taninos (Márquez et al., 2020).

La mayor contribución de elagitaninos en la dieta occidental corresponde a los frutos rojos como la fresa, zarzamora y la frambuesa. En la fresa como se ilustra en la **Figura 3** se encuentran principalmente en la pulpa y acenos en forma de ácido elágico o de ésteres y en la zarzamora y frambuesa se encuentran distribuidos en las semillas (Ramírez et al., 2019).

### ¡Ácido elágico!

Como ya se mencionó, el ácido elágico es un compuesto nutracéutico proveniente de la degradación de los elagitaninos (Olivas-Aguirre et al., 2015), es una molécula de naturaleza fenólica que se encuentra en su forma libre en algunas especies de vegetales, tallos y cortezas debido al metabolismo de las mismas (Cruz Antonio., 2014). Dentro de las propiedades más destacables que tiene el ácido elágico es su capacidad para formar complejos con otras moléculas orgánicas e inorgánicas, siendo una de las aplicaciones más importantes para una gran diversidad de industrias (Madrugal et al., 2020).

Formar quelatos con metales se suma a las propiedades de la molécula en la industria de la agricultura y química. Aún más, encontramos ácido elágico en cremas para la piel, fragancias o perfumería, maquillaje, productos de tocador y aclarantes de piel, lo que la hace sobresalir en la industria cosmética (Przewloka & Shearer, 2002).

### Actividad biológica

Estos compuestos fenólicos se asocian con funciones biológicas diversas en las plantas, como la defensa contra bacterias, hongos, virus y animales herbívoros, así como protección contra la radiación solar, que puede beneficiar el rendimiento y el manejo integrado de plagas al aumentar



Figura 3. Morfología de la fresa (Madrigal-Chávez, 2021).

la resistencia de las plantas a algunas enfermedades (Aguilera-Carbo et al., 2008).

La molécula de ácido elágico tiene bastantes propiedades biológicas como agente antioxidante en humanos; estos son compuestos que retrasan, inhiben o previenen la oxidación de compuestos susceptibles a oxidación ya que atrapan los radicales libres y disminuyen el estrés oxidativo, tienen actividades anti-mutagénica y anti-cancerígena; porque actúa sobre los compuestos aromáticos policíclicos como agente quimio-protector inhibiendo la mutación en células sanas, actividad antimicrobiana, cualidades antivirales; la cual dio resultados positivos sobre la replicación del virus de VIH disminuyendo desde un 5 hasta un 30% en sangre de voluntarios, actividad gastroprotectiva logrando inhibir la activación de células pancreáticas para el desarrollo de la fibrosis pancreática, reducción de los niveles altos en glucosa en la sangre con ayuda de precursores como lagerstroemina, flosina B y reginina A extraídos de una planta del sur de Asia (Márquez et al., 2020).

#### Microorganismos utilizados para sintetizar ácido elágico

Algunos organismos han sido evaluados en la biodegradación de los taninos, destacando los hongos

filamentosos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* como productores de enzimas degradadoras de elagitaninos (Márquez et al., 2019). También se encuentran las levaduras no-con convencionales, son aquellas levaduras que no pertenecen al género *Saccharomyces* (González-Hernández et al., 2015). Estas son levaduras de gran interés por su comportamiento en procesos de fermentación, ya que contribuyen a la fabricación y síntesis de etanol, también a la producción de algunos metabolitos secundarios con aplicación médica y como fuentes productoras de nuevas enzimas degradativas (Burini et al., 2021), en particular, estas levaduras pueden sintetizar enzimas degradadoras de elagitaninos y precursores del ácido elágico en una fermentación (Madrigal et al., 2020).

#### Enzimas promotoras del ácido elágico

Se tienen identificadas tres enzimas involucradas en la degradación de elagitaninos. Las enzimas reportadas son la  $\beta$ -glucosidasa, tanasa y elagitanino acil hidrolasa (Cruz Antonio., 2014). La  $\beta$ -glucosidasa perteneciente a la familia de las  $\beta$ -glucanasas, tiene la capacidad de hidrolizar enlaces entre los carbohidratos, las levaduras no-con convencionales del género *Brettanomyces*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Hanseniaspora* y *Pichia*, son productoras de  $\beta$ -glucosidasa, las cuales han sido evaluadas con actividad intracelular y extracelular (Madrigal et al., 2020). La enzima tanasa cataliza la hidrólisis de los enlaces éster que se encuentran en

los galotananos, elagitaninos, taninos complejos y ésteres del ácido gálico, sólo rompe enlaces éster sin afectar las uniones carbono-carbono, por consecuencia no actúa sobre taninos condensados. De acuerdo con la bibliografía, la elagitanino acil hidrolasa (elagitanasa) es una proteína hidrolítica que tiene la capacidad de degradar elagitaninos en unidades de HHDP y subunidades de glucosa (Márquez et al., 2020).

#### Conclusión

Recientes investigaciones identificaron siete levaduras no convencionales capaces de sintetizar las enzimas con mayor actividad para degradar los elagitaninos presentes en frutillas, una vez seleccionadas las cepas se formaron consorcios para evaluar la degradación de los elagitaninos en cinéticas de matraz, siendo zarzamora y fresa la fuente de elagitaninos. Actualmente, nuestro grupo de trabajo realiza estudios para encontrar la optimización y síntesis de ácido elágico utilizando levaduras no-con convencionales a partir de experimentos en Biorreactor empleando diseños experimentales Simplex Lattice desarrollados en el programa StatGraphics® utilizando levaduras no-con convencionales *D. hansenii* ISA 1510, *C. utilis* y *C. parapsilosis* como promotoras de las enzimas encargadas de degradar a los elagitaninos presentes en fresa proveniente en la región de Michoacán. Estudios realizados van enfocados con la optimización de los bioprocesos para la obtención del ácido elágico a bajo costo con el uso de microorganismos sin tener que aplicar métodos químicos que



Figura 4. Obtención de ácido elágico a partir de frutillas (Ruiz-Pompa, 2021).

generen residuos y bajos rendimientos. El objeto final de su aplicación es orientarlos para su validación y participación con algunos eventos mitocondriales y comprobar su efecto protector, usando modelos biológicos simples.

## Bibliografía

- Aguilera-Carbo, A., Augur, C., Prado-Barragan, L. A., Favela-Torres, E., & Aguilar, C. N. (2008). Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 78(2), 189-199.
- Ascacio-Valdés, J. A., Aguilera-Carbó, A., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar-González, C. (2013). Análisis de ácido elágico en algunas plantas del semidesierto Mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 44(2), 36-38.
- Burini, J. A., Eizaguirre, J. I., Loviso, C., & Libkind, D. (2021). Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. *Revista Argentina de Microbiología*.
- Cruz Antonio, F. V. (2014). Efecto de los factores pH y temperatura sobre la producción de ácido elágico en cultivo en medio líquido por (*Aspergillus niger* GH1) usando extracto de cáscara de granada (*Punica granatum*). Francisco Virgilio, Cruz Antonio (No. SB 379. P28. C78 2009).
- González-Hernández, J. C., Alcántar-Covarrubias, M. A., & Cortés-Rojo, C. (2015). Producción de trehalosa a partir de levaduras no-convencionales. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(1), 11-23.
- De la Cruz, R., Aguilera-Carbó, A., Prado-Barragán, A., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J., & Aguilar, C. (2011). Biodegradación Microbiana de Elagitaninos. *Bio Tecnología*, 15(3), 11-18.
- Isaza, J. H. (2007). Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia et Technica*, 1(33), 13-17
- Khanbabaee, K., & Van Ree, T. (2001). Tannins: classification and definition. *Natural product reports*, 18(6), 641-649.
- Lekha, PK y Lonsane, BK (1997). Producción y aplicación de tanino acil hidrolasa: estado del arte. *Avances en Microbiología Aplicada*, 44, 216-260.
- Madriral-Chávez, R. (2021). Implementación del diseño experimental Simplex Lattice para la producción de ácido elágico utilizando levaduras no-convencionales. (Licenciatura). Instituto Tecnológico de Morelia. México.
- Márquez-López, A., Chavéz-Parga, M.C. & González-Hernández, J. C. (2019). Aspectos generales sobre los elagitaninos y su conversión a ácido elágico. *Ciencia Nicolaita*, 77: 36-58. <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/issue/view/25>
- Márquez-López, A. (2020). Análisis comparativo de la actividad enzimática de levaduras no-convencionales para la producción de ácido elágico a partir de frutillas. (Doctorado). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Olivas-Aguirre, F. J., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G. A., López-Díaz, J. A., Álvarez-Parrilla, E., Rosa, L. A., & Ramos-Jiménez, A. (2015). Taninos hidrolizables: bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 56-63.
- Przewloka, S.R., Shearer, B.J. (2002). The further chemistry of ellagic acid and water-soluble ellagitannins as metal precipitants. *Holzforschung*, 56:13-19.
- Ramírez-Conejo, J. D. (2019). Análisis comparativo de la actividad enzimática de levaduras no-convencionales para la producción de ácido elágico a partir de frutillas. (Licenciatura). Instituto Tecnológico de Morelia. México.
- Ruiz-Pompa, K. (2021). Optimización del proceso de síntesis de ácido elágico utilizando levaduras no-convencionales. (Licenciatura). Instituto Tecnológico de Morelia. México.

# ZAPOTE AMARILLO, UN FRUTO EXQUISITO DE SABOR INIGUALABLE NUTRIMENTALMENTE RICO

Erika Judith Avila Mendoza y Rosa María García Martínez

Facultad de Químico Farmacobiología.  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México  
Contacto: rosa.garcia@umich.mx

## Resumen

En México y América central, el zapote es una fruta tropical muy consumida, teniéndose variedades en las que la pulpa puede ser amarilla, blanca, negra o hasta roja. El zapote es dulce, de textura cremosa o harinosa y de olor agradable; estos frutos pertenecen al género *Pouteria* los cuales, a su vez a la familia de las sapotáceas, en donde derivan las especies de gran valor comercial y nutricional, entre ellos se pueden enlistar al *Pouteria sapota* mejor conocido como zapote mamey, al *Pouteria viridis* al que se le conoce como zapote verde y al *Pouteria campechiana* mejor conocido como zapote amarillo o canistel. El zapote amarillo, es un fruto típico de México, su producción se destaca en los estados de Yucatán, Campeche y Oaxaca principalmente. El consumo de este fruto, lo han asociado con la prevención de ciertas enfermedades como las cardiovasculares y oculares dado que presentan un efecto antioxidante. El zapote amarillo puede consumirse en estado fresco, o bien en forma procesada. Sin embargo, es altamente perecedero ya que se deteriora rápidamente y que por tanto, se debe tener mayor información sobre el manejo y cuidado postcosecha para un máximo aprovechamiento del fruto o bien, proponer algunas alternativas tecnológicas asegurando sus propiedades sensoriales y nutrimentales. La alimentación balanceada es de vital importancia para el desarrollo del organismo; involucrar este fruto en la dieta diaria aportará grandes beneficios nutricionales que pueden llegar a prevenir ciertas enfermedades ya que es una excelente fuente de carotenos, polifenoles, ácido gálico, catequinas y myricitrina, que contribuyen a potenciar su capacidad antioxidante.

**Palabras Clave:** antioxidantes, polifenoles, *Pouteria campechiana*.



Figura 1. Características del árbol, flores y fruto del Zapote amarillo (*Pouteria campechiana*). (Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), 2013).

## Descripción del árbol y fruto.

El árbol del zapote amarillo (*Pouteria campechiana*) suele ser de altura pequeña-mediana, de madera durable fuerte y pesada, con hojas perennes, alternas y en su mayoría son agrupadas en las puntas, son finas, brillantes de tallo corto o largo, lanceoladas u obovadas que habitualmente crecen en forma extendida y amplia, alcanzan una

altura de 4.5-7.4 m de diámetro. Su corteza es de color marrón en forma áspera y es poseedor de una savia lechosa blanca y gomosa. Las ramas tiernas son aterciopeladas, con longitud de 10 a 30 cm (Azurdia, 2006; W. Sauls *et al.*, 2019, Pérez-Barcena y cols., 2019).

Las flores son de color blanco verdoso pequeñas y formadas en pequeños grupos de 2 a 5 flores en cada ramita. Comúnmente