

# Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo

## Hydrolyzable and condensed tannins: chemistry, advantages and disadvantages of their intake

ALMA A. VÁZQUEZ-FLORES<sup>1</sup>, EMILIO ALVAREZ-PARRILLA<sup>1</sup>, JOSÉ ALBERTO LÓPEZ-DÍAZ<sup>1,2</sup>,  
ABRAHAM WALL-MEDRANO<sup>2</sup> Y LAURA A. DE LA ROSA<sup>1,3</sup>

Recibido: Marzo 6, 2012

Aceptado: Junio 22, 2012

### Resumen

Los taninos hidrolizables y condensados han sido tema de debate en múltiples revisiones nutricionales. Mientras que algunos autores defienden su impacto benéfico en la salud, otros señalan sus acciones anti fisiológicas en el organismo que los consume. Los taninos son compuestos ampliamente distribuidos y consumidos en alimentos de origen vegetal, cuya cantidad, estructura química y actividad biológica están determinadas por múltiples factores, algunos de los cuales se discuten en esta revisión. Por todo esto, los taninos pueden ser percibidos como compuestos polifenólicos cuyo consumo puede traer numerosos impactos benéficos pero cuyos efectos negativos, observados en otros estudios, no deben ser pasados por alto al momento de hacer recomendaciones para su consumo como parte de una dieta habitual.

**Palabras clave:** polifenoles, alimentos, salud, proantocianidinas, galotaninos, elagitaninos.

### Abstract

Hydrolysable and condensed tannins have been subject of debate in multiple nutritional reviews. While some authors advocate their beneficial impact on health, others point out their anti-physiological impact in the organism that consumes them. Tannins are compounds widely distributed and consumed in plant foods; the amount, chemical structure and biological activity are determined by multiple factors, some of which will be discussed in this review. For all these, tannins can be perceived as polyphenolic compounds whose consumption can bring several beneficial impacts; but whose negative effects, observed in others studies, should not be overlooked when making recommendations for consumption as part of a regular diet.

**Keywords:** polyphenols, food, health, proanthocyanidins, gallotannins, ellagitannins.

### Introducción

Los alimentos son sistemas complejos que varían en composición y destino biológico. Son fuente de nutrimentos tradicionales como proteínas, carbohidratos y grasas. Además, contienen otra gama de compuestos que al ser ingeridos tienen la capacidad de alterar los procesos metabólicos del organismo (Beecher, 2003). Cuando estos compuestos provienen de fuentes vegetales se les conoce como fitoquímicos (Andrés *et al.*, 2010).

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Anillo envolvente del Pronaf y Estocolmo s/n. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 32300.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Salud. Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Anillo envolvente del Pronaf y Estocolmo s/n. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 32300.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: ldelaros@uacj.mx.

Los compuestos polifenólicos son un grupo diverso de fitoquímicos que no se identifican como nutrientes esenciales, pero se les atribuyen efectos positivos sobre la salud de quienes los consumen habitualmente en la dieta, especialmente por su actividad como antioxidantes. Sin embargo, el mecanismo de acción de estos compuestos ha sido tema de múltiples estudios y debates, ya que poseen numerosos efectos biológicos incluyendo regulación de la expresión de genes y actividad de diversas enzimas, entre otros. Sin embargo, sus potenciales efectos biológicos dependen de numerosos factores que aún no son bien comprendidos, como su absorción o metabolismo, que a su vez depende de la naturaleza química del compuesto (Beecher, 2003; Andrés *et al.*, 2010).

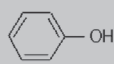
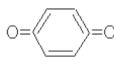
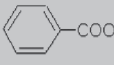
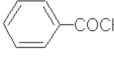
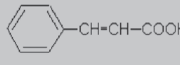
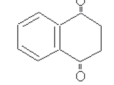
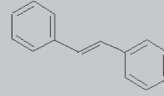
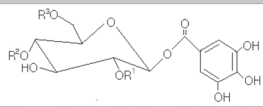
Dada su complejidad y diversidad en estructuras químicas y efectos biológicos, es también importante tener presente que diversos polifenoles, o incluso la mayoría de ellos, poseen también efectos adversos, como la interferencia que causan en la absorción de proteínas, así como su posible efecto pro-oxidante en elevadas cantidades. De esta manera, en el presente artículo presentamos una breve revisión sobre algunos de los efectos, tanto positivos como negativos, del consumo de un tipo particular de compuestos polifenólicos, los taninos.

### Estructura química de los polifenoles

Los compuestos polifenólicos varían ampliamente en estructura, desde los más simples (monómeros y oligómeros) hasta los polímeros complejos de peso molecular alto (taninos). Se han identificado más de 4000 compuestos polifenólicos individuales, los cuales se han dividido en dos grandes grupos: los flavonoides y los no flavonoides. Estos últimos incluyen a las moléculas más sencillas, como los ácidos fenólicos con esqueletos químicos de seis carbonos ( $C_6$ ), ligados o no con esqueletos de dos hasta cuatro carbonos ( $C_6-C_4$ ). Ejemplos más complejos de compuestos no flavonoides son aquellos cuyos

esqueletos poseen su porción  $C_6$  unida a porciones  $C_2$  y a otro anillo  $C_6$ , como en el caso de los estilbenos, galotaninos o elagitaninos. Estos últimos son conocidos como taninos hidrolizables, los más complejos de los fenoles no flavonoides. En la Figura 1 se muestran los subgrupos en que son divididos los compuestos no flavonoides. Además, los hidrógenos de carbono en los esqueletos básicos pueden ser sustituidos por grupos hidroxilo o carboxilo, dando lugar a compuestos específicos como el ácido gálico (ácido fenólico sustituido por tres grupos oxidrilo).

Figura 1. Estructura química de compuestos polifenólicos no flavonoides.

Clase	Esqueleto químico	Estructura básica
Fenoles simples	$C_6$	
Benzoquinonas	$C_6$	
Ácidos fenólicos	$C_6-C_1$	
Acetofenonas	$C_6-C_2$	
Ácido hidroxicinámico	$C_6-C_3$	
Naftoquinonas	$C_6-C_4$	
Estilbenos	$C_6-C_2-C_6$	
Taninos hidrolizables (unidades de ácido gálico o elágico unidos a carbohidratos)	Estructuras variadas	

Los polifenoles flavonoides tienen un esqueleto químico que consta de tres porciones: dos anillos aromáticos y un anillo heterocíclico oxigenado ( $C_6-C_3-C_6$ ). Los flavonoides conforman el grupo más variado estructuralmente, debido a que su esqueleto

base tiene numerosas posibilidades de sustitución por grupos hidroxilo (-OH), metoxilo (-O-CH<sub>3</sub>), acilo (-CO), y glucósidos. Algunos compuestos flavonoides y sus estructuras químicas básicas se muestran en la Figura 2. Al igual que en los no flavonoides, las variadas posibilidades de sustitución del esqueleto flavonoide originan polifenoles específicos. Las diferencias estructurales entre polifenoles específicos escapan de los objetivos de esta revisión, sin embargo, existen varias revisiones completas sobre el tema (Dai y Mumper, 2010; Quideau *et al.*, 2011).

**Figura 2.** Estructura química de compuestos polifenólicos flavonoides. Los esqueletos básicos constan de tres anillos: dos aromáticos y un heterociclo oxigenado.

Clase	Estructura básica
Antocianidina	
Chalconas	
Dihidroflavonoles	
Flavanol	
Flavones	
Flavanonas	
Taninos condensados	
Estructura común	

Ambos grupos, flavonoides y no flavonoides, se pueden encontrar formando compuestos de muy alto peso molecular (>500 UMA), llamados, en ambos casos, taninos. Sin embargo, cada grupo origina un tipo específico de taninos: los no flavonoides polimerizan para formar taninos hidrolizables, mientras que ciertos flavonoides, al polimerizar, forman taninos condensados (Cheynier, 2005). Los taninos son compuestos que no solo poseen un elevado peso molecular, sino además presentan suficientes grupos hidroxilo unidos a estructuras fenólicas que les confieren la característica de formar complejos con proteínas, minerales y otras macromoléculas (Reed, 2010). Los taninos hidrolizables, como los galotaninos o elagitaninos, provienen de la esterificación de compuestos polifenólicos no flavonoides, como el ácido gálico o elágico, respectivamente. Por su parte, los taninos condensados o proantocianidinas, provienen de la esterificación de compuestos polifenólicos flavonoides, como las catequinas o flavan-3-oles.

Por último, la clasificación actual de los taninos es posible que empiece a desvanecerse, ya que estudios recientes señalan, por ejemplo, que algunas proantocianidinas presentes en semillas de uvas pueden unirse también a porciones monoméricas de taninos hidrolizables, como el ácido gálico (Fine, 2000). Este y otros estudios subrayan la importancia de llevar a cabo constantes investigaciones para la identificación de las estructuras de los taninos en vegetales, ya que su estructura química condiciona su actividad biológica (Gonçalves *et al.*, 2011) y su afinidad por ciertas moléculas del organismo (Cala *et al.*, 2010).

### Presencia de taninos en alimentos

La estructura química de los taninos varía cualitativa y cuantitativamente en vegetales y frutas. Aunque algunos taninos son comunes en el reino vegetal, unos son característicos de alguna fruta y otros de algún vegetal en específico; por ejemplo, los taninos condensados abundan en las uvas, sin embargo, en ciertas variedades de *V. vinifera* predominan los taninos

condensados acilados (Cheynier, 2005). Otros factores que afectan la presencia de taninos en vegetales son las condiciones ambientales (Torchio *et al.*, 2010), genéticas o estado de maduración del fruto o la planta (Bindon y Kenedy, 2011). Por ejemplo, por cuestiones genéticas, la uva contiene tanto taninos hidrolizables como condensados, estos últimos predominan especialmente en semilla, posiblemente por la mayor expresión de genes de biosíntesis en semilla (Schofield *et al.*, 2001). La maduración también influye en el tipo y concentración de taninos. Por ejemplo, en la cáscara de uvas, los taninos condensados se presentan en mayor grado de polimerización conforme el estado de maduración avanza (Kennedy *et al.*, 2001); otro factor importante es la parte del fruto, así, la mayor proporción de taninos condensados en manzana se encuentra en la cáscara (Prior y Gu, 2005). Es por esto que al final del día los consumos de taninos en la dieta suelen ser muy variados, tanto en estructura como en cantidad.

Los vegetales y frutos tienen la capacidad de acumular taninos en la totalidad de la planta de la que provienen: semillas, frutos, madera, raíz, hojas. En condiciones normales, los taninos vegetales representan del 2 al 7% del peso fresco de la planta. Esta cantidad representa la suma de todos los tipos de taninos presentes en el vegetal. No obstante, las concentraciones pueden aumentar debido al estrés producido por el ataque de patógenos (Haslam, 2007).

La USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés) tuvo el interés de crear una base de datos que estableciera el tipo y las cantidades de taninos condensados presentes en distintos alimentos comunes de la dieta americana (USDA, 2004; Prior y Gu, 2005). Este documento reveló que la presencia de proantocianidinas (taninos condensados) variaba según la parte del fruto que se analizaba, siendo habitualmente más abundante en la piel de frutas como uvas y manzanas. Cabe mencionar que uno de los hallazgos más importantes de este estudio fue

que las frutas con mayor contenido de taninos condensados fueron las bayas salvajes del bosque, seguidas de los arándanos. En el grupo de cereales y leguminosas, el sorgo y el cacao fueron los alimentos con mayor concentración de taninos, mientras que el grupo de las nueces lo encabezan las avellanas y las nueces pecaneras. Por último, en las especias, la que mayor contenido de taninos condensados exhibió fue la canela (Prior y Gu, 2005). Los detalles y cantidades de taninos presentes en estos alimentos se muestran en el Cuadro 1. No obstante, como se mencionó anteriormente, los taninos condensados se encuentran también en otros productos alimenticios, solo que en menores concentraciones, como por ejemplo en manzanas, duraznos, mangos, frijoles pintos, pistachos y bebidas como el vino tinto.

**Cuadro 1.** Contenido de taninos condensados poliméricos en algunos alimentos (USDA, 2004).

Producto alimenticio	Taninos condensados (mg/100g de producto)
<b>Frutas</b>	
Bayas	255 ± 8.39
Arándanos	233 ± 49.08
<b>Cereales y leguminosas</b>	
Sorgo	2927 ± 335.38
Cacao	1568.49 ± 334
<b>Nueces</b>	
Avellana	322.44 ± 102.48
Nuez pecanera	223.01 ± 59.01
<b>Especias</b>	
Canela	2508.78

La naturaleza química de los taninos condensados ha permitido un mayor monitoreo de su presencia en alimentos, puesto que para su determinación todos pueden ser degradados a antocianidinas (flavonoides) de fácil identificación por HPLC. Además existen métodos muy sencillos y de fácil aplicación para la determinación de taninos condensados por

espectroscopia, como el método de la vainillina (Naczki y Shahidi, 2004). Sin embargo, para los taninos hidrolizables la detección y cuantificación es más compleja. La estructura química de estos taninos contiene distintas porciones de glucosa, poliol y esterificaciones cruzadas diversas; es debido a esta complejidad que los métodos de determinación suelen presentar inconvenientes. El método preferente para su determinación es el ensayo de yodato de potasio ( $KIO_3$ ), aun con ciertos inconvenientes, como la generación de cromóforos únicos con propiedades espectrales distintas durante la reacción, lo que origina una determinación errónea. Además, suele interferir la precipitación de sólidos durante la reacción debido a la presencia de mezclas de taninos (hidrolizables y condensados) en muestras vegetales (Hartzfeld *et al.*, 2002). Es por esto que actualmente no existe un método ampliamente aceptado para cuantificar taninos hidrolizables de manera simple, eficaz y sistemática en un gran número de muestras.

La importancia del monitoreo de las cantidades de taninos hidrolizables y condensados presentes en alimentos tiene que ver no solo con el estudio de su absorción y utilidad fisiológica (a revisar más adelante), sino que a nivel tecnológico, los taninos en alimentos representan parámetros de calidad (Drewnowski y Gómez, 2000). Por ejemplo, la sensación de astringencia es ligada muchas veces a características organolépticas negativas en algunos alimentos, pero deseadas en otros. Por ejemplo, la cantidad de proantocianidinas presentes en nueces pecaneras (~400 mg/100g) son suficientes para generar la sensación de astringencia característica de nueces, pero posiblemente esa misma cantidad no sea tan agradable si está presente en manzanas, ya que estamos acostumbrados a otro sabor y sensaciones cuando las consumimos.

Dicho lo anterior, los taninos forman parte de nuestra dieta común en variadas formas y cantidades. A cada acción existe una reacción,

y para cada ingesta, existe una consecuencia metabólica y fisiológica, para algunos autores positiva y para otros, negativa. Son múltiples las revisiones que colocan en debate este tema, por lo que en esta revisión se mencionarán a continuación algunas de las ventajas y desventajas del consumo de ambos tipos de taninos en la dieta.

## Efectos biológicos positivos de taninos condensados e hidrolizables

Ambos tipos de taninos, al ser compuestos polifenólicos, han sido tema de múltiples revisiones científicas, destacando su propiedad antioxidante *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo, los taninos hidrolizables, aunque se encuentran distribuidos ampliamente en plantas y son un parámetro muy importante de calidad de frutos, han recibido menos atención en lo que se refiere a su impacto a la salud. Esto posiblemente es debido a las dificultades en su identificación, aislamiento, purificación y cuantificación (Côté *et al.*, 2010; Monagas *et al.*, 2010; Hagl *et al.*, 2011). Debido a esto, es más fácil encontrar referencias que señalan mayor actividad biológica para los taninos condensados (Beecher, 2003).

### *Taninos hidrolizables*

El más estudiado es pentagalol glucosa (PGG), al que se le reconoce cierta actividad anti cancerígena, antidiabética y antioxidante en modelos experimentales *in vitro*. La actividad anti cancerígena *in vivo* de la PGG se ha probado para cáncer de próstata y pulmón. En ambos padecimientos, el suministro de PGG en dosis de 4 a 25 mg/kg de rata inhibe factores de crecimiento tumoral y vascular (Zhang *et al.*, 2009). No solo impide el crecimiento de tumores, sino también disminuye su tamaño, impidiendo procesos de angiogénesis (crecimiento vascular muy común en metástasis (Zhang *et al.*, 2009), y la supresión de la expresión de oncoproteínas (Jeong *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2011). Otros estudios exhiben a estos taninos con actividad antitumoral contra sarcomas (King *et al.*, 1998).



El efecto anti diabético fue probado con una variedad  $\alpha$ PGG en adipocitos, donde se observó que el tanino tenía un efecto muy similar al de la insulina, puesto que se unía a los receptores específicos de insulina de la membrana celular, favoreciendo el transporte de la glucosa al interior de la célula, aun en ausencia de esta hormona. Este resultado fue comprobado *in vivo* en ratones diabéticos y obesos, donde la administración de la misma PGG, provocó mayor resistencia a la glucosa y bajos niveles en sangre (Zhang *et al.*, 2009).

En cuanto a su actividad como antioxidante, en una concentración de 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , la PGG fue capaz de neutralizar *in vitro* especies altamente reactivas, como el superóxido y radical hidroxilo, así como disminuir la peroxidación de lípidos de membranas celulares (Zhang *et al.*, 2009). Cabe mencionar que a concentraciones mayores, de 200-400  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , no se observa el mismo efecto. En este contexto, se observa una importante acción biológica del tanino hidrolizable PGG que puede representar una actividad alta a muy bajas concentraciones. Es importante considerar, además, que los efectos fueron observados *in vitro*, por lo que, aunque estos estudios proporcionan una buena idea de su mecanismo de acción, muchas veces no reflejan del todo su actividad biológica. Aun así, es importante llevar a cabo este tipo de estudios básicos que sugieran el mecanismo de acción y permitan tener bases para plantear posteriores estudios que consideren intervenciones médicas controladas con estas sustancias purificadas, o bien, con alimentos ricos en ellas.

#### *Taninos condensados*

Los taninos condensados han sido más estudiados respecto a su actividad antioxidante, además de que se ha reportado que poseen beneficios a la salud por su actividad antibacteriana o bacteriostática (Okuda, 2005), anticarcinogénica (Chung *et al.*, 1998), inhibidora de la peroxidación lipídica (Okuda, 2005), y de la agregación plaquetaria relacionada a la formación de trombos en

sistema circulatorio (Fine, 2000). *In vivo* se ha observado el efecto bacteriostático del jugo de arándano, atribuido a los taninos condensados presentes. El jugo de arándano no solo mantiene saludable el tracto urinario por la acidificación del medio, sino además las proantocianidinas presentes en el jugo exhiben actividad antibacteriana, impidiendo la adhesión de *E. coli* a superficies celulares del tracto urinario (Prior y Gu, 2005).

El estudio de la actividad antioxidante de taninos condensados *in vitro* e *in vivo*, demuestra que son secuestradores efectivos de radicales libres, que inhiben la oxidación de tejidos mejor que la vitamina C, vitamina E y  $\beta$  caroteno (Fine, 2000). *In vitro*, se ha demostrado que los taninos condensados tienen una preferencia por neutralizar el radical libre hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ). Así mismo, se demostró que tienen la capacidad de actuar como inhibidores no competitivos de la enzima xantina oxidasa, una de las mayores generadoras de radicales libres en el metabolismo celular (Fine, 2000).

Por último, la actividad antioxidante de taninos condensados tiene la capacidad de evitar la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y por ello inhibe la formación de trombosis en personas con padecimientos cardíacos como la aterosclerosis. Otros estudios sugieren que la administración de extracto de semilla de uva tiene efecto hipocolesterolemiante en modelos animales, específicamente disminuye las concentraciones de LDL en plasma y aumenta las lipoproteínas de alta densidad (HDL) conocidas como «colesterol bueno» (Finne, 2000).

No cabe duda de la actividad antioxidante que taninos condensados exhiben *in vivo* e *in vitro*, de tal manera que se podría considerar recomendable incluir un buen aporte de estos taninos en la dieta para gozar de los beneficios a la salud que van relacionados con su capacidad antioxidante. Algunos de estos beneficios pueden ser la inhibición de la oxidación lipídica, así como su efecto anti carcinogénico, que va muy ligado a prevenir

daños al ADN causados por radicales libres, y el posterior desarrollo de células mutantes o cancerígenas (Chung *et al.*, 1998; Finne, 2000; Okuda, 2005). Sin embargo, se debe mencionar que las intervenciones que observaron estos resultados tan provechosos sobre la salud han sido en modelos animales y no en intervenciones clínicas con seres humanos. Por otra parte, las dosis suministradas son más altas que las que se pueden obtener directamente de fuentes vegetales presentes en la dieta de un individuo promedio.

### Efectos biológicos negativos de taninos condensados e hidrolizables

La atención prestada a los taninos no solo se basa en el impacto benéfico sobre la salud. Los autores de revisiones científicas también han dedicado tiempo a describir los efectos adversos y en muchos casos anti nutritivos de la ingesta de taninos en la dieta. Estos efectos incluyen la formación de complejos con proteínas, carbohidratos y minerales, así como su efecto pro-oxidante a altas concentraciones, como se describe a continuación.

Las características anti nutritivas que poseen los taninos se hacen patentes desde su definición, por su capacidad de unirse a proteínas. Es bien conocida la capacidad que tienen los taninos de precipitar proteínas presentes en la saliva (Soares *et al.*, 2011), conduciendo a la sensación de astringencia de ciertos alimentos y bebidas de origen vegetal (Cala *et al.*, 2011), como el vino, las manzanas (cáscara), uva, y algunas nueces. Los taninos se unen fuertemente a proteínas ricas en aminoácidos como prolina, glicina y ácido glutámico (Cheyner, 2005) y péptidos por dos interacciones importantes: puentes de hidrógeno (entre el grupo carbonilo de los péptidos y los hidrógenos del grupo hidroxilo de polifenoles) e interacción hidrofóbica (entre los aminoácidos neutros y los anillos aromáticos de los taninos). Cabe señalar a este respecto que todas estas interacciones dependen de la preferencia de cada molécula de tanino para arreglarse tridimensionalmente, y de su estado coloidal (Cala *et al.*, 2011).

Por otra parte, las proteínas dietarias son uno de los nutrientes básicos para una gran variedad de reacciones de crecimiento y correcto funcionamiento del metabolismo, además de ser un componente estructural de músculos y sostén del cuerpo. Sin embargo, al igual que con las proteínas salivales, las proteínas dietarias también pueden ser un blanco fácil para los taninos, haciéndolas indisponibles para su digestión y absorción (Bennik, 2002). Otra desventaja que presentan los taninos, es su capacidad de inhibir enzimas digestivas, lo cual compromete seriamente no solo la digestión de proteínas (Brás *et al.*, 2010), sino también de otros macronutrientes. Por ejemplo, se ha identificado la formación de complejos entre la  $\alpha$ -amilasa y taninos, lo cual complica la degradación, asimilación y absorción de carbohidratos. En modelos animales, una mala absorción de carbohidratos en forma de almidón conduce a retraso en el crecimiento (Thompson, 1998). En consecuencia, los taninos pueden ocasionar una disminución en la absorción de proteínas y carbohidratos, ambos efectos ocasionados por su habilidad de formar complejos con macromoléculas, el principal motivo por el cual la ingesta de taninos puede interferir negativamente en la salud (Reed, 2010). Estos efectos nocivos de los taninos pueden ser todavía más severos en organismos herbívoros.

Otra desventaja de la ingesta de taninos es su interacción con minerales divalentes como el hierro no hemático, inhibiendo la absorción de los metales, lo que puede llegar a ser un problema en poblaciones de riesgo como anémicos y población vegetariana. Esto se complica aún más cuando las fuentes de taninos son té o vino, los cuales contienen un escaso contenido de vitamina C, ya que ésta incrementa la absorción de hierro no hemático (Perron y Brumaghim, 2009).

El efecto antinutritivo de los taninos se ha probado en modelos animales. En ratas, dosis de 0.5 a 2 g/kg/día (5% de la dieta) no mostraron toxicidad aguda, pero afectaron el crecimiento.

Concentraciones más bajas no provocaron ningún efecto negativo (Mennen *et al.*, 2005). Se deduce que dichos efectos se debieron a la formación de complejos de proteína con taninos, los cuales precipitan, induciendo una mala absorción y escaso beneficio proteico para el organismo.

Algunas revisiones científicas dedicadas al análisis de los efectos adversos del consumo de taninos y compuestos polifenólicos describen la actividad pro-oxidante de estos compuestos. Ésta se refiere a que los polifenoles administrados pueden tener, algunas veces, un efecto contradictorio al esperado, es decir, pueden dañar tejidos cuando se ingieren concentraciones altas; así, ratas alimentadas con concentraciones por arriba de los 200 µg/mL de PGG presentaron un efecto pro-oxidante, posiblemente debido a la oxidación de los taninos (Galati y O'Brien, 2003).

Diversos autores señalan que el efecto benéfico o nocivo de los compuestos polifenólicos es dependiente de la cantidad en que son ingeridos por el consumidor. Existen estudios que estiman una ingesta aproximada de polifenoles en 800 mg al día en la dieta occidental, sin embargo, estas estimaciones son en base a la determinación de compuestos fenólicos totales. De este valor, sólo un porcentaje es considerado específicamente de taninos en la dieta, por lo que aún es difícil determinar la cantidad exacta de taninos que ingerimos en la dieta (Hervert *et al.*, 2011). Es importante resaltar que, en seres humanos con la cultura y dieta occidental actual, es difícil llegar a las dosis en que estos compuestos puedan llegar a ser perjudiciales para la salud, ya que nuestros hábitos alimenticios no permiten la ingesta de grandes cantidades de taninos. Por ejemplo, existe la costumbre de remojar los frijoles pintos antes de su cocción, lo que disminuye dramáticamente la cantidad de polímeros polifenólicos presentes (Prior y Gu, 2005). Aunado a esto, estamos acostumbrados a consumir frutas y vegetales mínimamente procesados, donde también ocurren eventos de degradación de taninos (Barberán y Espín, 2001). Esto

posiblemente nos coloque en una balanza positiva respecto a recibir más efectos positivos que negativos de la ingesta de taninos, sin llegar a un nivel de toxicidad (más del 5% de la dieta diaria para modelos animales).

La influencia de la matriz en que son suministrados los polifenoles (taninos) también es importante: los taninos que se obtienen de fuentes alimenticias son mucho más seguros que aquellos que se ingieren como suplementos, y que generalmente son extraídos de fuentes como resinas o cortezas de árbol (Mennen *et al.*, 2005).

## Conclusiones

El impacto positivo o negativo de la ingesta de taninos al consumir alimentos de origen vegetal, es el producto de diversas variables: el tipo de taninos presentes, la cantidad y fuente de los taninos y el tipo de población que lo ingiere, entre otras. Es probable que los niños con alguna deficiencia de minerales o en situación de riesgo de desnutrición en general, mujeres embarazadas y poblaciones con alguna deficiencia de proteínas (vegetarianos) puedan resentir con mayor fuerza los efectos adversos de los taninos. Sin embargo, no hay que pasar por alto el elevado potencial antioxidante de estos compuestos que, en circunstancias adecuadas, les puede conferir un efecto protector de la salud.

Es muy importante el desarrollo de investigaciones que generen una base de datos completa que describa las fuentes de taninos en la dieta, con descripciones cualitativas y cuantitativas que sean de fácil acceso e interpretación para los consumidores. De tal manera que, conociendo la información, se tome la decisión de recomendar ciertas dosis como parte de una dieta saludable. Así mismo, sería una herramienta útil para el diseño de estudios posteriores que eluciden el mejor aprovechamiento de estos compuestos fitoquímicos.

## Agradecimientos

Se agradece a CONACYT (proyecto CB-2011-167164) por el financiamiento brindado.



## Literatura citada

- ANDRÉS, C., Medina, A., Llorach, R., Urpi, M., Khan, N., Chiva, G., Zamora, R., Rotches, M., Lamuela, R. 2010. Phenolic compounds: chemistry and occurrence in fruits and vegetables. In: L.A. De la Rosa, E. Alvarez-Parrilla, G.A. González-Aguilar (eds). *Fruit and Vegetable Phytochemicals, Chemistry, nutritional value and stability*. USA: Wiley-Blackwell. 53-88.
- BARBERÁN, F., y Espín, J. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81:853-876.
- BEECHER, G. 2003. Overview of dietary flavonoids: Nomenclature, occurrence and intake. *Journal of Nutrition* 133:3248s-3254s.
- BENNIK, A. 2002. Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 13:184-196.
- BINDON, K., Kennedy, J. 2011. Ripening-induced changes in grape skin proanthocyanidins modify their interaction with cell walls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 6:2696-707.
- BRÁS, N., Gonçalves, R., Mateus, N., Fernandes, P., Ramos, M., De Freitas, V. 2010. Inhibition of pancreatic elastase by polyphenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 19:10668-10676.
- CALA, O., Fabre, S., Pinaud, N., Dufourc, E., Fouquet, E., Laguerre, M., Pianet, I. 2011. Towards a Molecular Interpretation of Astringency: Synthesis, 3D Structure, Colloidal State, and Human Saliva Protein Recognition of Procyanidins. *Planta Med* 11:1116-1122.
- CALA, O., Pinaud, N., Simon, C., Fouquet, E., Laguerre, M., Dufourc, E., Pianet, I. 2010. NMR and molecular modeling of wine tannins binding to saliva proteins: revisiting astringency from molecular and colloidal prospects. *FASEB Journal* 11:4281-4290.
- CHEYNIER, V. 2005. Polyphenols in foods are more complex than often thought. *American Journal of Clinical Nutrition* 81: 223s-229s.
- CHUNG, K., Wei, C., Johnson, M. 1998. Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Food Science & Technology* 9:168-175.
- CÔTÉ, J., Caillet, S., Doyon, G., Sylvain, J., Lacroix, M. 2010. Analyzing cranberry bioactive compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 9:872-888.
- DREWNOWSKI, A., Gómez, C. 2000. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *American Journal of Clinical Nutrition* 72:1424-1435.
- DAI, J., Mumper, R. 2010. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules* 10:7313-7352.
- FINE, A. 2000. Oligomeric proanthocyanidin complexes: History, structure, and phytopharmaceutical applications. *Alternative Medicine Reviews* 55:144-151.
- GALATI, G; y O'Brien, P. 2003. Potencial toxicity of flavonoids and other dietary phenolics: Significance for their chemopreventive and anti cancer properties. *Free Radical Biology and Medicine* 37:287-303.
- GONÇALVES, R., Mateus, N., Pianet, I., Laguerre, M., De Freitas, V. 2011. Mechanisms of tannin-induced trypsin inhibition: a molecular approach. *Langmuir* 21: 13122-13129.
- HAGL, S., Deusser, H., Soyalan, B., Janzowski, C., Will, F., Dietrich, H., Albert, F., Rohner, S., Richling, E. 2011. Colonic availability of polyphenols and D(-)quinic acid after apple smoothie consumption. *Molecular Nutrition Food Research* 3:368-377.
- HASLAM, E. 2007. Vegetable tannins-lessons of a phytochemical lifetime. *Phytochemistry* 68: 2713-2721.
- HARTZFIELD, P., Forkner, R., Hunter, M., Hagerman, A. 2002. Determination of hydrolysable tannins (Gallotaninns and Ellagitannins) after reaction with Potassium iodate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 1785-1790.
- HERVERT, D., García, O., Rosado, J., Goñi, I. 2011. The contributions of fruits and vegetables to dietary intake of polyphenols and antioxidant capacity in a mexican rural diet: importance of fruit and vegetables variety. *Food Research International* 44:1182-1189.
- JEONG, S., Koh, W., Lee, O., Lee, J., Lee, J., Bae, H., Lü, J., Kim, S. 2011. Antiangiogenic Phytochemicals and Medicinal Herbs. *Phytotherapy Research* 25:1-10.
- KENNEDY, J., Hayasaka, Y., Vidal, S., Waters, E., Jones, G. 2001. Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 11:5348-5355.
- KING, C., Chung, W., Johnson, M. 1998. Are tannins a double-edged sword in biology and health. *Trends in Food Science & Technology* 9:168-175.
- MENNEN, L., Walker, R., Bennetau-Pelissero, C., Scalbert, A. 2005. Risk and safety of polyphenol consumption. *American Journal of Clinical Nutrition* 81:326s-9s.
- MONAGAS, M., Urpi-Sarda, M., Sánchez-Patán, F., Llorach, R., Garrido, I., Gómez, C., Andres, C., Bartolomé, B. 2010. Insights into the metabolism and microbial biotransformation of dietary flavan-3-ols and the bioactivity of their metabolites. *Food Functio* 3:233-253.
- NACZK, M., Shahidi, F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in foods. *Journal of Chromatography A* 1054:95-111.
- OKUDA, T. 2005. Systematics and health effects of chemically distinct tannins in medicinal plants. *Phytochemistry* 66:2012-2031.
- PERRON, N., Brumaghim, J. 2009. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochemistry and Biophysics* 100:53-75.
- PRIOR, R., Gu, L. 2005. Occurrence and biological significance of proanthocyanidins in the American diet. *Phytochemistry* 66:2264-2280.
- QUIDEAU, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., Pouységu, L. 2011. Plant polyphenols: Chemistry, biological activities and synthesis. *Angewante Chemie International Edition* 3:586-621.
- REED, J. 2010. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science* 73:1516-1528.
- SCHOFIELD, P., Mbugua, D., Pell, A. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology* 91: 21-40.
- SOARES, S., Vitorino, R., Osório, H., Fernandes, A., Venâncio, A., Mateus, N., Amado, F., De Freitas, V. 2011. Reactivity of human salivary proteins families toward food polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 10:5535-5547.
- THOMPSON, L. 1998. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. *Food Research International* 26:131-149.
- TORCHIO, F., Cagnasso, E., Gerbi, V., Rolle, L. 2010. Mechanical properties, phenolic composition and extractability indices of Barbera grapes of different soluble solids contents from several growing areas. *Analitycal Chimica Acta* 1-2:183-189.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, (2004). USDA database for the Proanthocyanidins Content of Selected foods-2004.
- TSAO, R., y Zeyuang, D. 2004. Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *Journal of Chromatography B* 812:85-99.
- ZHANG, L., Nkhata, K., Shaik, A., Wang, L., Li, L., Zhang, Y., Higgins, L., Kim, H., Liao, D., Xing, C., Kim, H., Lü, J. 2011. Mouse Prostate Proteome Changes Induced by Oral Pentagalloylglucose Treatment Suggest Targets for Cancer Chemoprevention. *Current Cancer Drug Targets* 11:787-798.
- ZHANG, Jinhui, L., Sung-Hoong, K., Ann, H., Junxuan, L. 2009. Anti-cancer, anti-diabetic, and other pharmacologic and biological activities of penta-galloyl-glucose. *Pharmaceutical Research* 26:1-27.

Este artículo es citado así:

Vázquez-Flores, A. A., E. Alvarez-Parrilla, J. A. López-Díaz, A. Wall-Medrano y L. A. De la Rosa. 2012:  
*Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo.*  
*TECNOCENCIA Chihuahua* 6(2): 84-93.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**ALMA A. VÁZQUEZ-FLORES.** Terminó su licenciatura en 2007, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Química por el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Realizó su posgrado en esta misma institución, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias Químico-Biológicas en el año 2012. Su área de especialización es la fitoquímica, investigando concretamente el perfil polifenólico de alimentos de origen vegetal. Ha presentado trabajos de investigación en congresos internacionales incluyendo el Food Science & Food Biotechnology in Developing Countries y el International Society for Nutraceuticals & Functional Foods.

**EMILIO ALVAREZ-PARRILLA.** Terminó su licenciatura en 1992, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Oceanología por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Realizó su posgrado en España, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ciencia e Ingeniería de Alimentos en 1995 por la Universidad Politécnica de Valencia, y el grado de Doctor en Ciencias Químicas en el 2000 por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2001 labora en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ y posee la categoría de Profesor Investigador de Tiempo Completo categoría C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2001 (Nivel II a partir de 2011). Su área de especialización es fitoquímicos de alimentos y sus efectos benéficos sobre la salud. Ha dirigido 22 tesis de licenciatura y de maestría. Es autor de 28 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, y 18 capítulos de libros científicos; ha sido coeditor de 2 libros científicos; ha participado en 18 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y proyectos internos de la Universidad de Colima y Universidad Autónoma de Baja California. Es árbitro de once revistas científicas de circulación internacional.

**JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ.** Obtuvo el título de Químico Biólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca en 1995. Realizó estudios de posgrado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, obteniendo el grado de Maestro y Doctor en Ciencias en el área de Ciencia de los Alimentos en el año 2003. Desde 2005 es profesor investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el Instituto de Ciencias Biomédicas. Su área de especialización es la química y bioquímica de los alimentos. Ha dirigido tesis de licenciatura y de maestría. Es autor de diversos artículos de difusión y divulgación, y capítulos de libro, ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y ha dirigido proyectos de investigación con financiamiento externo.

**ABRAHAM WALL-MEDRANO.** Terminó su licenciatura en 1990, año en que le fue otorgado el título de Químico Farmacéutico Biólogo, por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG). Realizó su posgrado en Hermosillo Sonora, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias (especialidad en Nutrición Humana) 1999 y Doctor en Ciencias en el 2004, por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Desde 2006 labora en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ y posee la categoría de Profesor Investigador de Tiempo Completo categoría C. Su área de especialización es nutrición humana y experimental. Ha dirigido más de 40 tesis de licenciatura y maestría. Es autor de 20 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, y 10 capítulos de libros científicos; ha participado en diversos proyectos de investigación financiados por fuentes externas, incluyendo fondos sectoriales y mixtos CONACYT.

**LAURA A. DE LA ROSA.** Terminó su licenciatura en 1996, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Oceanología por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Realizó su posgrado en España, donde obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Biológicas en el área de Farmacología en 2001 por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2002 labora en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y posee la categoría de Profesor-Investigador titular C. Recientemente ha realizado una estancia sabática en el Departamento de Bioquímica de la Memorial University of Newfoundland, Canadá en el área de alimentos funcionales. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2002 (Nivel I). Actualmente trabaja en el área de caracterización química y actividad biológica de fitoquímicos obtenidos de productos alimenticios. Ha dirigido 13 tesis de licenciatura y 1 de maestría. Es autora de aproximadamente 30 artículos científicos y capítulos de libro y co-editora de 2 libros científicos. Es evaluadora de proyectos de investigación y artículos en revistas científicas.