

# COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES SALUDABLES DEL TAMARINDO (*Tamarindus indica* L)

## BIOACTIVE COMPOUNDS AND HEALTH PROPERTIES OF TAMARIND (*Tamarindus indica* L)

Maria E. Páez-Peñuñuri<sup>1</sup>, Gilberto Mercado-Mercado<sup>2</sup>, Francisco J. Blancas-Benitez<sup>2</sup>, Rahel B Villegas-González<sup>2</sup>, Sonia G. Sáyago-Ayerdi<sup>2</sup> \*

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México.

<sup>2</sup> Laboratorio Integral de investigación en Alimentos, División de Estudios de Posgrado, Instituto Tecnológico de Tepic, Av. Tecnológico 2595, CP 63175, Tepic, Nayarit, México.

### RESUMEN

El tamarindo (*Tamarindus Indica* L.) es un fruto procedente de África, cuya producción a nivel mundial se encuentra entre 400 y 500 mil ton, mientras que México produce alrededor de 39 mil ton anuales; este fruto es reconocido en la tradición popular por sus propiedades antioxidantes, posiblemente relacionadas con la presencia de compuestos bioactivos, principalmente compuestos polifenólicos. Al fruto de tamarindo se le han brindado distintas aplicaciones, desde medicinales hasta de ingrediente en la industria alimentaria. La presente revisión tiene la finalidad de recopilar y mostrar algunos de los estudios recientes de los efectos benéficos que se han reportado para la pulpa de este fruto. En los últimos tiempos se han acumulado evidencias de que algunos compuestos polifenólicos ingeridos con la dieta habitual pueden encontrarse asociados con la fibra dietética, por lo que en este trabajo se incluye la cuantificación de los compuestos polifenólicos y la actividad antioxidante en la pulpa del fruto, además de la cuantificación de los compuestos fenólicos que se encuentran potencialmente asociados a la fibra dietética del fruto. Esta evaluación fue realizada por medio de métodos *in vitro*. Esta sencilla pero novedosa revisión podrá brindar información adicional a la literatura que se encuentra disponible respecto a este fruto, el cual contiene fitoquímicos con bioactividad.

**Palabras clave:** Tamarindo, compuestos polifenólicos, fibra dietética.

### ABSTRACT

Tamarind (*Tamarindus indica* L.) is a fruit from Africa with a worldwide production between 400 and 500 thousand ton, with 39 000 ton produced in Mexico; traditionally it is recognized for its antioxidant properties, possibly related to the presence of bioactive compounds, mainly polyphenols. Tamarind fruit has been given different applications from medicinal as well as an ingredient in the food industry. The present review aims to collect and display some of the recent studies of the beneficial effects that have been reported for the pulp of this fruit. However, in recent times there has been enough evidence which show that some polyphenols

ingested with the daily diet may be associated with dietary fiber, so in this review the quantification of polyphenols and antioxidant activity in the fruit pulp was included in addition to the quantification of the phenolic compounds that are potentially associated with dietary fiber of the fruit. This evaluation was performed by *in vitro* methods. This simple but novel information may provide additional information to the literature that is available around the fruit, which contains phytochemicals with bioactivity.

**Keywords:** Tamarind, polyphenolic compounds, dietary fiber.

### INTRODUCCIÓN

Las frutas y vegetales contienen compuestos que se consideran de importancia nutricional debido a la fibra dietética (FD), vitaminas, minerales y otros compuestos fitoquímicos que individualmente o en combinación, pueden tener efectos beneficiosos para la salud (Balsano y Alisi, 2009; Liu, 2013). Estudios epidemiológicos han demostrado una relación inversa entre el consumo de frutas y vegetales y el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas, como son algunos tipos de cáncer, diabetes, problemas cardiovasculares, entre otros (Bazzano et al., 2002; Kris-Etherton et al., 2002). De ahí el creciente interés por conocer los beneficios que pueden aportar a la salud, así como el tipo, número y modo de acción de los diferentes compuestos presentes en estos alimentos. En este sentido y debido a que existen diversos frutos que han sido exhaustivamente estudiados surge la necesidad de realizar una revisión acerca del estado del arte del tamarindo (*Tamarindus indica* L), que se ha utilizado de manera tradicional en la cocina oriental probablemente porque presenta propiedades sensoriales características como son su sabor ácido y aromático, y que son aprovechados en la preparación de diversos platillos, salsas, aderezos o bebidas refrescantes (Aengwanich et al., 2009; De-Caluwé et al., 2010). Adicional a dichas propiedades sensoriales se le han atribuido propiedades medicinales a la cáscara, semillas y pulpa; así como a diversas partes del árbol como son hojas y corteza. Estas propiedades han llamado la atención de la comunidad científica y han centrado diversos estudios tanto *in vivo* como *in vitro*, que han permitido elucidar de manera

\*Autor para correspondencia: Sonia G. Sáyago-Ayerdi  
Correo electrónico: [sonia.sayago@gmail.com](mailto:sonia.sayago@gmail.com)

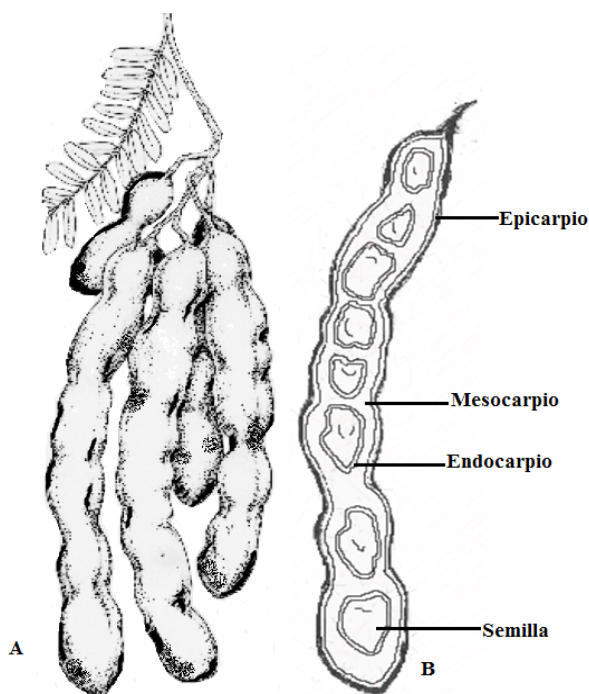
Recibido: 09 de noviembre de 2014

Aceptado: 13 de mayo de 2015

más precisa, cuáles son aquellos compuestos y mecanismos de acción mediante los cuales este fruto aporta beneficios saludables a los individuos que lo consumen. Por tanto, el objetivo de este trabajo es mostrar el estado del arte acerca de la composición química y contenido de compuestos bioactivos, así como los efectos saludables que se han reportado en literatura para el fruto de tamarindo.

### Generalidades de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

El árbol del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) se considera originario de la India, Medio Oriente o África. Sin embargo, la mayoría de las fuentes hacen mención que proviene de países como Etiopía (pueblos indígenas de las sabanas) Sudán, Kenia y Tanzania (El-Siddig *et al*, 2006; Morton, 1987). Perteneció a la familia *Fabaceae*, y a la subfamilia *Caesalpinioideae* (Ahmed *et al*, 2007; Bhatta *et al*, 2000); crece en climas secos y puede alcanzar una altura entre 20 a 30 m, con una vida media de 200 años (National Research Council, 2002). El fruto del árbol presenta una vaina conformada por 3 capas, las cuales son el epicarpio, mesocarpio y endocarpio (Figura 1). El epicarpio posee un color gris o marrón con una textura escamosa y frágil al momento de secarse; el mesocarpio es pulposo y consta de una combinación de fibras que recubren al fruto y el endocarpio es grueso con una coloración marrón negruzca (Orozco, 2001; López-Hernández, 2010). Las semillas son duras, de color rojo a marrón púrpura (De-Caluwé *et al*, 2010; Ahmed *et al*, 2007).



**Figura 1.** Parte botánica del fruto de tamarindo. a) Racimo de frutos maduros; b) Corte vertical de vaina de tamarindo mostrando sus partes (Epicarpio, Mesocarpio, Endocarpio y Semilla).

**Figure 2.** Botanical part of the tamarind fruit. a) bunch of mature fruits; b) tamarind sheath vertical cut showing their parts (epicarp, mesocarp, endocarp, and seed).

En la actualidad, el tamarindo es cultivado en 54 países, de los cuales destacan la India (300, 000 ton), seguido de Costa Rica (23, 000 ton) y México (39, 000 ton) (Colima, 2006). En México, se siembra en diversas zonas tropicales y subtropicales como son: Baja California Sur, Colima, Campeche, Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Morelos y Oaxaca (SAGARPA, 2011). El fruto de tamarindo a pesar de no ser ampliamente comercializado, ha sido objeto de mejoramiento desde el punto de vista agronómico. Por ello, en el 2013 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Colima) generó 3 nuevas variedades de tamarindo (Colima 204, COETAM 89, e INIFAP 189), con el fin de aumentar la producción agrícola de este fruto, estas variedades se caracterizan por presentar resistencia a plagas y cambios climáticos, lo cual contribuye a un mayor rendimiento y por ende mayor valor comercial a los productores de tamarindo.

Sin embargo, a pesar de los mejoramientos agronómicos y genéticos que se han realizado, son pocos los trabajos que puedan describir con mayor precisión las propiedades funcionales o nutricionales que estas variedades mejoradas poseen. La mayor parte de la literatura que existe respecto a este fruto se centra en trabajos realizados por grupos de investigación asiáticos donde se muestran los beneficios y propiedades funcionales que presenta este fruto, así como el uso potencial del mismo.

### Componentes y usos de la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

El tamarindo es de los pocos frutos tropicales que presenta un bajo contenido de agua y como consecuencia, tiene un elevado contenido de proteína, carbohidratos y minerales, mayor a ningún otro fruto. Además, la pulpa presenta distintos tipos de ácidos orgánicos libres entre los cuales se incluye el ácido tartárico, cítrico y málico (Prakash-Saingh *et al*, 2014). También se han identificado sales de tartrato ácido potásico y ácido nicotínico en menor proporción, así como azúcar invertido la cual puede estar presente desde un 30 a un 40 % (Prakash-Saingh *et al*, 2014; Escalona-Arranz *et al*, 2010). En la Tabla 1 se muestra la composición proximal de la pulpa de este fruto, en la que destaca el elevado contenido de carbohidratos y cenizas como los principales componentes. La pulpa de tamarindo se caracteriza por tener un sabor ácido el cual se atribuye a la presencia del ácido tartárico, además de ser buena fuente de vitaminas como A, C y complejo B (Tiamina, Riboflavina, Ácido Fólico). El fruto de tamarindo es ampliamente consumido debido a la presencia de los compuestos antes mencionados que le brindan un sabor característico (Aengwanich *et al*, 2009; De-Caluwé *et al*, 2010).

En México, la pulpa es utilizada ampliamente para la elaboración de confitería y dulces adicionados con chile, en la preparación de polvo para gelatinas, mermeladas, así como en la elaboración de jugos, bebidas, condimentos, entre otros (Leakey, 1999; Sudjaroen *et al*, 2005; Viveros-García *et al*, 2012). También, se utiliza para la elaboración

**Tabla 1.** Composición proximal de la pulpa de *Tamarindus indica* L.  
**Table 1.** Proximate composition of *Tamarindus indica* L. pulp.

Composición	Contenido en peso seco (%)	Contenido en peso húmedo (%)
Agua	8.22	65.85
Proteína	3.1	24.3
Carbohidratos totales	49.9	85.0
Lípidos totales	0.4	3.10
Cenizas	2.1	4.63
<b>Minerales</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>
Fósforo	34-78	78
Potasio	62.0	570
Calcio	81.0-94.0	
Magnesio	25.0	72
Energía Kcal/100g	216.6	

Ogungbele et al. (2014); Feungchan et al. (1996).

de diversos alimentos como: atoles, guisos adicionados con salsa agridulce de tamarindo y como ingrediente para distintos platillos, encurtidos, salsas para barbacoa, entre otros (Sarmiento-Fradera, 2014). En Asia, diversos platillos son preparados a base de la pulpa y es por ello que su consumo en países occidentales se ha extendido, frecuentemente; se combina con otros frutos como el mango (Shankaracharya, 1998) para preparar salsas y aderezos. En contraparte, la pulpa del tamarindo también se emplea en países como la India para contrarrestar las mordeduras de las serpientes y para la preparación de una especie de cerveza; así como ingrediente de algunos platos, como curry, chuteé y en la conservación del pescado (Havinga et al., 2010).

Si bien es cierto que el sabor ácido es el más característico del tamarindo, se han identificado diversos compuestos volátiles que aportan un aroma característico, entre los que se encuentran: el 2-acetilfurano, 2-furfural, 5-metil-2-furfural, algunas pirazinas y derivados de tiazoles y algunos monoterpenos como el limoneno, nerol,  $\alpha$ -terpineol, geraniol y geranial (Le et al., 1975). En la Tabla 2 se muestran otros compuestos volátiles encontrados en la pulpa de tamarindo, donde entre los más abundantes se mencionan al fenilacetaldehído (25.4 % del total de volátiles), 2-furfural (20.7 %) y el ácido hexadecanoico (18.1 %). El fenilacetaldehído se ha comprobado que le confiere el olor característico de la fruta y similar a la miel y el 2-furfural tiene un aroma dulce (Carasek y Pawliszyn, 2006; Pino et al., 2004). También, se han encontrado otro tipo de componentes en la pulpa, tales como alcaloides, antraquinonas, glucósidos, flavonoides, flobataninos, azúcares reductores, saponinas y algunos aminoácidos (Ugoh y Jaruma, 2013; Daniyan y Muhammad, 2008). Adeola (2013) cuantificó el contenido total de proteína de distintas variedades de tamarindo, teniendo un promedio de 23.19 g/100 g en base seca. Así mismo, identificó los distintos aminoácidos que contiene el fruto, donde destaca la identificación de lisina, la cual es un aminoácido esencial. La FAO reporta una cantidad de 5.8 g/100 g en base seca de este aminoácido en pulpa de tamarindo.

Además, en las últimas décadas la comunidad científica se ha centrado en el estudio e identificación de diversos compuestos fitoquímicos que han mostrado tener efectos positivos en la salud. Estos compuestos se caracterizan por no ser considerados como nutrientes (al menos hasta ahora), son capaces de ejercer un efecto saludable en el individuo o prevenir la aparición de algunos padecimientos (Nkong-  
a-

**Tabla 2.** Principales compuestos volátiles en la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.).**Table 2.** Main volatile compounds in the tamarind pulp (*Tamarindus indica* L.).

Compuesto volátil	Contenido (mg/Kg)	Compuesto volátil	Contenido (mg/Kg)	Compuesto volátil	Contenido (mg/Kg)
Acetaldehído	< 0.01	Limoneno	0.15	1H-prrol	0.02
Etanol	< 0.01	Fenilacetaldehído	0.76	Pirrolidina	< 0.01
Diacetilo	< 0.01	$\gamma$ -terpineno	0.01	Tolueno	0.01
Acetato de etilo	0.08	Acetofenona	< 0.01	3-metil-2-butenol	< 0.01
Isopentanal	0.09	Benzoato e metilo	0.02	Hexanal	0.02
2-metilbutanal	0.03	óxido de cis-linalol	0.01	1-etil-1H-pirrol	< 0.01
1-penten-3-ol	< 0.01	4-metil benzaldehído	0.02	2-furfural	0.62
2-etilfurano	0.01	Terpinoleno	< 0.01	(E)-2-hexanal	0.01
3-metilbutanol	0.01	óxido de trans-linalol	< 0.01	Etilbenceno	0.02
2-metilbutanol	< 0.01	$\alpha$ ,p-dimetilestireno	< 0.01	p-xileno	0.13
1-metil-1H-pirrol	0.03			Acetato de 2-butoxietanol	0.02

Gutiérrez et al., 2011.

Djuikwo *et al.*, 2011; Tangkanakul *et al.*, 2009). A continuación se mencionarán los compuestos bioactivos identificados y cuantificados en la pulpa de tamarindo.

### Compuestos bioactivos de la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

En la medicina tradicional, se ha atribuido al fruto de tamarindo diversas propiedades curativas entre las que se encuentran: laxante, antimicrobianas, antihelmínticas, prevención de cálculos renales, infecciones urinarias, entre otras; y que han hecho que este fruto sea objeto de estudio (De-Caluwé *et al.*, 2010; Havinga *et al.*, 2010). Existe una amplia gama de compuestos en diversos alimentos que presentan este tipo de clasificación. Sin embargo, algunos de los compuestos bioactivos que se destacan y se han identificado en el fruto de tamarindo son los carotenoides, fibra dietética (FD) y compuestos fenólicos (CF), que estos contribuyen en un efecto positivo en la salud humana. Vale la pena destacar, que los datos reportados varían notablemente entre las diversas regiones donde se han realizado estos estudios.

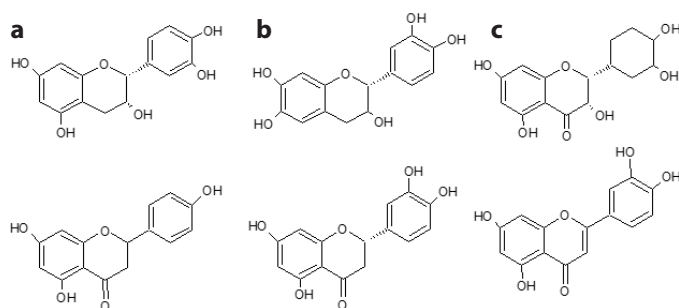
Los carotenoides son fitopigmentos liposolubles que están presentes en el organismo humano a partir de la dieta. La principal actividad de estos compuestos en las plantas es la fotoprotección del sistema fotosintético, y en el organismo humano la actividad provitamina A, donde esta actividad es reconocida en los carotenoides, siendo el  $\beta$ -caroteno el más importante porque su estructura tiene un mejor rendimiento en retinol (Eldahshan y Singab, 2013; Ruíz *et al.*, 2012). Además, estos compuestos pueden ejercer otras actividades de importancia en la salud humana como son la antioxidante, la potenciación del sistema inmune y la fotoprotección de tejidos (Eldahshan y Singab, 2013; Háda *et al.*, 2012). Sin embargo, en la pulpa de tamarindo no se han cuantificado estos compuestos, sino ha sido en las hojas del árbol de tamarindo donde se encontraron carotenoides, tales como el  $\beta$ -caroteno (7.46 mg/100 g base seca),  $\alpha$ -caroteno (0.23 mg/100 g base seca), luteína (30.8 mg/100 g base seca), zeaxantina (0.85 mg/100 g base seca),  $\beta$ -criptoxantina (0.13 mg/100 g base seca), entre otros. También, en el estudio de Nkongwa-Djuikwo *et al.* (2011) determinaron que las hojas de tamarindo tienen un contenido de carotenoides totales de 39.9 mg/100 g base seca (Nkongwa-Djuikwo *et al.*, 2011).

Por otra parte, se ha reportado que el contenido de CF y flavonoides en extracto de pulpa de tamarindo fue de 34.02 mg EAG/mL y 355.1 mg ECat/mL, respectivamente (Martínez *et al.*, 2006). Así mismo, Ribeiro-da Silva *et al.* (2014) tuvieron valores de 9.23 mg EAG/g de pulpa seca de tamarindo proveniente de Brasil. Otro estudio realizado por Yean-Soon and Barlow (2004) consistió en determinar el contenido de CF de la pulpa con y sin tratamiento térmico (60 °C/6 h), donde tuvieron valores de 3.9 mg EAG/g y 0.12 mg EAG/g, respectivamente, valores más bajos que los reportados por Ribeiro-da Silva *et al.* (2014). Se ha reportado que el contenido de CF en la cáscara de tamarindo es de 85.6 mg ECat/g de muestra fresca (ECat; equivalentes de catequina) (Phetdee *et al.*, 2012). Por su parte, Aguilar-Ávila *et al.* (2012) utilizaron

el proceso de extrusión para extraer los CF en la cáscara del tamarindo. El proceso de extrusión se llevó a cabo con un extrusor de tornillo simple con tres zonas de calentamiento. Las muestras se batieron a velocidad mínima y alimentadas al extrusor manteniendo constante la velocidad de tornillo del extrusor a 75 rpm. Los "pellets" fueron deshidratados a temperatura ambiente por 48 h alcanzando un contenido de humedad entre 8-12 %. Estos autores obtuvieron valores de hasta 56.81 mg EAG/g de cáscara de tamarindo.

Razali *et al.* (2012) reportaron un valor de 116 mg EAG/100 g a partir de una extracción metanólica en la misma matriz del alimento. Para este ensayo, la muestra fue homogenizada durante 2 min en un mezclador para la exclusión, con una rotación constante y calentándolos a 40 °C. Posteriormente los CF fueron extraídos con metanol para ser cuantificados. También, Tril *et al.* (2014) han reportado valores de 317 mg EAG/100 g en pulpa de tamarindo. Para el caso de los taninos presentes en esta matriz, Aguilar-Ávila *et al.* (2012) reportaron resultados de 78.30 mg ECat/g, teniendo un incremento del 21.5 % respecto al control, por lo que se concluyó que el proceso de extrusión rompe la interacción tanino-proteína, favoreciendo la liberación de los CF. Así mismo, dichos autores tuvieron valores de 105.78 mg E Rut/g en el contenido de flavonoides presentes en la cáscara sin procesar. Con lo cual concluyeron que el proceso de extrusión genera efectos sobre las propiedades antioxidantes de la cáscara de tamarindo. Por otro lado, nuestro grupo de trabajo ha reportado valores de fenoles solubles totales de 102.7 mg EAG/100 g base seca, los cuales difieren con los reportados anteriormente, dichas diferencias puede deberse a la zona de cultivo, clima, proceso y almacenamiento de la muestra (Andabati y Muyonga, 2014; Escalona-Arranz *et al.*, 2010). Así mismo, se han identificado doce tipos distintos de CF en extractos metanólicos en la pulpa y cáscara de tamarindo (Figura 2) los cuales son (+)-catequina (a), procianidina B2, (-)-epicatequina (b), procianidin trímero, tetrámero, pentámero y hexámero, taxifolin (c), apigenina (d), eriodictiol (e), luteolina (f) y naringenina (g) (Sudjaroen *et al.*, 2005). Lo que a su vez deriva en una actividad antioxidante que ha sido evaluada por diversos métodos (FRAP, DPPH, ABTS y ORAC). En la Tabla 3 se muestran los resultados del contenido de fenoles solubles totales, polifenoles hidrolizables (PH) y actividad antioxidante (FRAP y ABTS) de la pulpa de tamarindo obtenidos por nuestro grupo de investigación, en donde se observa que los valores de FRAP (20.23 mmol ET/100 g base seca) fueron mayores a los reportados por Lamien-Meda *et al.* (2008) (12.42 mmol ET/100 g base seca), mientras que ABTS los valores obtenidos fueron menores (175.38 mmol ET/100 g base seca) a los reportados por Lamien-Meda *et al.* (2008) (243.5 mmol ET/100 g base seca). Esta discrepancia en los resultados podría deberse a la naturaleza del fruto, la región donde se cultiva el fruto, el tipo y contenido de los diferentes compuestos (CF, carotenos, ácido ascórbico, entre otros). Así mismo, con dichos valores se podría concluir que los CF presentes en el tamarindo tienen un efecto sinérgico entre los compuestos lipofílicos (carotenoides, ácidos orgánicos)





**Figura 2.** Compuestos fenólicos de la cáscara de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): (+)-catequina (a), (-)-epicatequina (b), taxifolin (c), apigenina (d), eriodictiol (e) y luteolina (f) (Sudjaroen et al., 2005).

**Figure 2.** Phenolic compounds of the tamarind peel (*Tamarindus indica* L.): (+)-catechin (a), (-)-epicatechin (b), taxifolin (c), apigenin (d), eriodictiol (e) and luteolin (f) (Sudjaroen et al., 2005).

**Tabla 3.** Contenido de fenoles solubles totales, polifenoles hidrolizables y actividad antioxidante (FRAP y ABTS) de la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.).

**Table 3.** Total soluble phenols content, hydrolysable polyphenols and antioxidant activity (FRAP and ABTS) of the tamarind pulp (*Tamarindus indica* L.).

Análisis	Pulpa de Tamarindo
Fenoles solubles totales <sup>1</sup>	102.7 ± 0.02
FRAP <sup>2</sup>	20.23 ± 3.65
ABTS <sup>2</sup>	175.38 ± 1.01
Polifenoles hidrolizables <sup>1</sup>	0.995 ± 0.01
ABTS <sup>2</sup>	129.25 ± 8.90
FRAP <sup>2</sup>	2.47 ± 0.57

<sup>1</sup>gramos equivalentes de ácido gálico/100 g muestra peso seco; <sup>2</sup>milimol equivalentes de trolox/100 g base seca.

e hidrofílicos (CF, ácido ascórbico) que conforman el fruto (García, 2000). Por otra parte, la importancia de evaluar los PH radica en sus propiedades químicas de formar complejos con un gran número de biomoléculas y enzimas involucradas en la digestión (Kidd, 2009). De tal modo, que al evaluar los PH por el método de Hartzfeld et al. (2002) reportamos valores de 0.995 mg EAG/100 g base seca, con una actividad antioxidante evaluada por los métodos de ABTS y FRAP de 129.25 y 2.47 mmol ET/g base seca, respectivamente. Estos resultados podrían ser influenciados por la hidrólisis y/o la oxidación que sufren los taninos hidrolizables (Ross, 2014). Algunos estudios han demostrado que los PH son potentes antioxidantes presentando una mayor capacidad quelante que los fenoles simples (Bele et al., 2010; Ross, 2014).

Otro componente importante desde el punto de vista nutricional, que está presente en la pulpa de tamarindo es la fibra dietética (FD), la cual ha sido estudiada en los últimos años principalmente debido a la relación que existe entre su consumo y la disminución de riesgo de padecimiento de enfermedades crónicas degenerativas (Englyst y Cummings, 1990). La FD ha sido definida como la parte comestible de las plantas de hidratos de carbono análogos, resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, la cual puede

ser parcial o completamente fermentada en el colon (AACC, 2001), puede clasificarse por su solubilidad en fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI) (Gorinstein et al., 2001). En estudios previos se han reportado que el tamarindo tiene un contenido total de FD de entre 14.75 y 19.30 % (Tril et al., 2014; Pugalenthi et al., 2004), otros reportes indican que el tamarindo presenta hasta un 15.00 % de FDI y entre 2.9 y 4.29 % de FDS (Tril et al., 2014; El-Siddig et al., 2006). Del mismo modo, los resultados obtenidos de FDS por nuestro grupo de investigación (Tabla 4) son parecidas a las reportadas por Tril et al. 2014 (5.31 %). Sin embargo, el contenido de FDT y FDI (26.3 y 20.9 %) fueron mayores a los reportados (Tril et al. 2014), esto puede deberse a que los valores reportados por dichos autores son del análisis de la pulpa de tamarindo únicamente, mientras que los resultados de nuestro grupo de investigación fueron obtenidos del análisis de pulpa y cáscara de tamarindo, la cáscara puede ser rica en FDI, lo cual incrementaría el valor de FDT en nuestros análisis comparados con los reportados en la literatura.

**Tabla 4.** Contenido de fenoles solubles totales (FST), en polifenoles liberados de la matriz del alimento, polifenoles asociados a la fibra dietética soluble y actividad antioxidante (FRAP y ABTS), fibra dietética total, fibra dietética soluble, insoluble y Lignina Klason en la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.).

**Table 4.** Total soluble phenols content (TSP), in polyphenols released from the food matrix, polyphenols associated in the soluble dietary fiber and antioxidant activity (FRAP and ABTS), total dietary fiber, soluble dietary fiber, insoluble and Klason lignin in the tamarind pulp (*Tamarindus indica* L.).

	Pulpa de tamarindo
Polifenoles liberados de la matriz del alimento	
FST <sup>1</sup>	11.194 ± 3.21
Actividad antioxidante	
FRAP <sup>2</sup>	12.96 ± 1.49
ABTS <sup>2</sup>	94.31 ± 8.23
Polifenoles asociados a la fibra dietética soluble	
FST <sup>1</sup>	7.782 ± 1.05
Actividad antioxidante	
FRAP <sup>2</sup>	9.41 ± 1.42
ABTS <sup>2</sup>	77.48 ± 4.26
Fibra dietética total (%) <sup>3</sup>	26.3
Fibra dietética soluble (%)	5.31 ± 0.07
Fibra dietética insoluble (%)	1.08 ± 0.11
Lignina klason	19.91 ± 4.01

<sup>1</sup>gramos equivalentes de ácido gálico/100 g muestra peso seco; <sup>2</sup>milimol equivalentes de trolox/100 g muestra base seca; <sup>3</sup> como la suma de fibra dietética soluble + fibra dietética insoluble + lignina klason.

El contenido de FD presente en el tamarindo podría tener efectos positivos durante la digestión, ya que la FDI provoca sensación de saciedad, absorbiendo agua y aumenta el tamaño del bolo (Ku y Mun, 2008). El añadir FD a

un alimento permite compensar la deficiencia de ésta en la dieta del ser humano. En el estudio de Hernández-Estrada y González-Palomares (2010) elaboraron galletas a partir del bagazo residual de la pulpa de tamarindo. Estos residuos fueron secados a 60 °C por 24 h para posteriormente ser molidos. De acuerdo con el Comité de la FAO/OMS, la recomendación diaria de fibra dietética total para adultos es de 25 g/día; sin embargo, en México, las recomendaciones de su consumo difieren con respecto a la edad. La recomendación de consumo de la fibra está en los 35 y 30 g/día para hombres de 19-50 años ya adultos mayores de 50 años, respectivamente; y para mujeres de 19-50 años ya adultos mayores de 50 años son de 30 y 26 g/día, respectivamente (Instituto de Nutrición y Salud, 2009). Las galletas elaboradas con la FD de tamarindo fueron aceptables sensorialmente, esto debido a sus características de sabor y textura, con un contenido del 2.4 % de fibra. Esto indica que existe una alternativa de industrialización y aprovechamiento en los productos de desecho de la pulpa de tamarindo, además de que se puede considerar como un alimento funcional por los beneficios que la fibra proporciona.

Por otro lado, hoy en día existen estudios en frutos sobre la importancia biológica que tiene la asociación de los CF con la FD (Mudgil y Barak, 2013). Sin embargo, no existen estudios en el tamarindo de los CF que se encuentran asociados con la FD. Por tal motivo, nuestra investigación consistió en cuantificar los CF liberados durante la digestión enzimática, así como los CF asociados a la FDS. Para llevar a cabo dicho estudio se utilizó la metodología para la determinación de FD propuesto por Mañas *et al.* (1995) con algunas modificaciones para evaluar la liberación de los CF por acción enzimática, además de los CF asociados a la fracción soluble de la fibra. En la Tabla 4 se muestra el contenido de CF cuantificados que están asociados a la FD, mostrando aquellos CF liberados durante la hidrólisis enzimática y los CF cuantificados como asociados a la FDS, además del porcentaje de bioaccesibilidad de los CF liberados de la matriz alimentaria. En los resultados obtenidos en dicho análisis se muestra que durante el proceso de la digestión se libera un gran contenido de CF (11.194 g/100 g muestra), con lo cual se pueden cuantificar un mayor contenido de CF presentes en las muestras, aproximadamente 10 veces más que en las extracciones con solventes (1.027 g/100 g muestra). Por su parte, se obtuvieron valores de 7.782 g/100 g muestra de CF asociados a la FDS, los cuales podrían llegar al colon donde podrían convertirse en sustratos fermentables para la micro flora bacteriana, junto con los hidratos de carbono no digeribles y proteínas resistentes (Manach *et al.*, 2005) y podrían ejercer un efecto benéfico a la salud. Los resultados obtenidos muestran que el 30.48 % de los CF presentes en el tamarindo estarían bioaccesibles para su absorción en el intestino delgado, los cuales podrían contribuir a la disminución de riesgo de padecimientos de enfermedades no degenerativos como cánceres, problemas cardiovasculares, entre otros (Boakye *et al.*, 2014; Sharma *et al.*, 2013; D'Archivio *et al.*, 2010).

### Efectos antioxidantes

La pulpa de tamarindo ha mostrado tener efectos positivos en la salud por su potencial antioxidante. Una forma de actuar los antioxidantes del tamarindo es el inhibir la acción de la fluorosis. Ciertas plantas como las del género *Dichapetalum* son tóxicas para el ganado por el alto consumo del flúor. Sin embargo, la susceptibilidad a la fluorosis se debe a las diferentes respuestas metabólicas de cada animal, debido a que el flúor en el lumen gástrico no se ioniza y atraviesa fácilmente la membrana de las células epiteliales, penetrando al interior de las células donde se disocia en iones fluoruro e hidrogeniones, los cuales lesionan estructuras y alteran funciones celulares por ruptura de la barrera mucosa gástrica (Kadu *et al.*, 2012). La saturación de fluorosis produce dos alteraciones enzimáticas principalmente. La primera se debe al incremento a la fosfatasa alcalina e inhibiendo la glucosa 6-fosfato deshidrogenasa alterando el metabolismo de los carbohidratos. Por esto, el exceso de flúor causa el reemplazamiento del carbonato del hueso aumentando la concentración relativa de magnesio, haciendo los huesos quebradizos por el aumento de su periostio y disminución de endostio. Por lo tanto, el flúor pasa a los tejidos blandos alterando el metabolismo y causando la muerte por anorexia (Strunecka *et al.*, 2007; Chaso *et al.*, 1998). De este modo, la segunda alteración es el exceso de fluorosis provoca cambios estructurales en las fibras de colágeno y daña directamente la cantidad/calidad del colágeno de los tejidos conectivos. Por lo que, la pulpa del tamarindo podría tener una función indirecta en la biosíntesis de colágeno, a partir de la síntesis de la colagenasa (Gupta *et al.*, 2013).

Dey *et al.* (2011) determinaron la eficiencia de un extracto metanólico-acuoso (1:1) de la pulpa de tamarindo, con la finalidad de eliminar el exceso de fluoruro contenido en el cuerpo de ratas con la finalidad de no tener consecuencias en los neurotransmisores como la acetilcolina. En dicho estudio, las ratas analizadas por 14 semanas se les administró una dosis de 25, 50 y 100 mg de extracto/kg de peso, en donde la concentración de fluoruro en sangre y en orina redujeron significativamente, a una concentración de 0.145 y 0.783 µg/mL en los días 0 y 98 en sangre y 0.179, y 0.025 µg/mL en orina, respectivamente. Estos valores hacen hincapié que la pulpa puede ayudar a reducir la toxicidad de fluoruro en la sangre y agilizar la eliminación de éste por vías urinarias. Sin embargo, existen estudios en vacas donde se ha evaluado el efecto del mejoramiento de la fluorosis utilizando extractos de pulpa de tamarindo, en donde se observó el aumento de la concentración de calcio, fósforo y fosfatasa alcalina y la concentración de hidroxiprolina redujo la cantidad de fluoruro endémica, teniendo una mejor gestión de la fluorosis en el ganado (Gupta *et al.*, 2013). Del mismo modo, el propósito del estudio de Ekambaram *et al.* (2010) fue evaluar el efecto protector de la pulpa de tamarindo por fluorosis inducido en hígado de ratas hembras Wistar, las cuales fueron tratadas en 45 días con fluoruro de sodio (300 ppm). Posteriormente, la administración oral de la pulpa de tamarindo (20 mg/kg) ayudó a prevenir la inducción del estrés oxidativo, incremen-

tando la actividad de las enzimas antioxidantes como son la superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y los niveles de ácido ascórbico en hígado.

### Efectos saludables del consumo de pulpa de tamarindo

El tamarindo ha demostrado poseer características benéficas como tratamiento contra la hipercolesterolemia y las enfermedades derivadas de la misma; Khairunnuur *et al.* (2009) analizaron los efectos de extracto de pulpa de este fruto en ratas adultas Sprague-Dawley, las cuales fueron alimentadas con una dieta rica en grasas durante 10 semanas para la inducción de la hipercolesterolemia y posteriormente recibieron placebo o el extracto de tamarindo (50 y 100 mg/kg). El extracto ayudó a reducir los niveles de colesterol total en plasma, lipoproteínas de baja densidad y triglicéridos y aumento la HDL, 0.47, 0.14, 0.22 y 2.29 mmol/L, respectivamente. Así mismo, el extracto redujo la masa corporal de las ratas y mejoró el sistema antioxidante endógeno, aumentando las actividades de la superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa, dando lugar a la disminución de la peroxidación lipídica, así como en la reducción del peso corporal (191.57 g), con respecto al control (406.57 g).

Por su parte, Iflekhar *et al.* (2006) evaluaron los efectos de la pulpa de tamarindo sobre el perfil de lípidos, presión arterial sistólica y diastólica y el peso corporal en humanos, encontrando una reducción del nivel de colesterol total y de LDL, la disminución del peso corporal y la presión arterial sistólica y la presión diastólica. Esto se debe que el receptor LDL reconoce la apoB-100 ayudando a inhibir la oxidación de las lipoproteínas en la pared arterial y los ésteres de colesterol son hidrolizados a colesterol libre. Asimismo, se cree que algunos compuestos de la pulpa de tamarindo interactúan con el colesterol intracelular reduciendo sus niveles y haciendo que aumenten los receptores de LDL. De este modo, la regulación de la presión sistólica y la presión diastólica en humanos se ve a factor exógenos y endógenos como el sistema renin-angiotensina y sistema edotelina (Iflekhar *et al.*, 2006; Devaraj, 2002). Otro estudio llevado a cabo por Azman *et al.* (2012) mostró el efecto de extracto acuoso de la pulpa de tamarindo en ratas Sprague-Dawley obesas, observando que los niveles de colesterol total en plasma, la LDL y de los triglicéridos disminuyeran, sin embargo, la leptina y las HDL aumentaron hasta  $17.2 \pm 2.9$  mg/dL, con una reducción de tejido adiposo 58.2 %. Asimismo, se llegó a la conclusión que la pulpa puede reducir la leptina plasmática y reduce de la actividad del ácido graso sintasa (AGS), así como la eficiencia del sistema de defensa antioxidante.

Otro estudio que evidencia los efectos positivos del extracto de la pulpa del tamarindo es de Martinello *et al.* (2006), en donde los niveles de colesterol total en suero, las HDL y los triglicéridos disminuyeron en un 50, 73 y 60 %, respectivamente; así como también las lesiones ateroscleróticas tempranas en hámsteres hipercolesterolémicos. Estos resultados indican que el extracto de tamarindo ayuda en disminuir el riesgo de desarrollo de la aterosclerosis en los seres humanos, mejorando la eficiencia del sistema de de-

fensa antioxidante endógeno. Lim *et al.* (2013) demostraron el efecto hipolipemiante a partir de un extracto fenólico de la pulpa de tamarindo con hámsters. Los animales alimentados con dicho extracto redujeron los niveles de triglicéridos séricos, colesterol total y los niveles de LDL y hubo un aumento en la expresión de Apo A1, Abcg5 y los genes del receptor de LDL y una disminución en la expresión de la HMG-CoA reductasa y los genes post-translacional. Así mismo, los hámsters hipercolesterolémicos tuvieron un menor daño oxidativo al aumentar las enzimas antioxidantes hepáticos y disminución en la peroxidación lipídica de hígado.

### Efectos antidiabéticos y hepatoprotectores

El efecto del tamarindo sobre padecimientos como la diabetes, también ha sido investigado, Koyagura *et al.* (2013) llevaron a cabo un estudio en el cual observaron el efecto antidiabético, la actividad hipolipemiante y hepatoprotector de un extracto etanólico en ratas diabéticas, en dicho estudio se mostró que al aplicar distintas dosis de *Tamarindus indica* en forma inyectada, tuvieron una alta actividad antidiabética (378.74 mg/dl de control vs 188.6 mg/dl de glucosa y hepatoprotectora en las ratas diabéticas, es decir, provocó regeneración de hepatocitos y retardó de la necrosis de los mismos; disminuyendo la concentración de glucosa (165.98 a 188.6 vs 378.74 mg/dl) y el perfil lipídico; sin embargo aumentaron los niveles enzimáticos de suero. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Chong *et al.* (2012) donde estos autores observaron la reducción del colesterol y triacilglicerol en plasma a partir del extracto metanólico de la pulpa de *Tamarindus indica* y también se modificó la expresión de los transportadores de colesterol, *ABCG5* y *ApoA1* en células HepG2. De este modo, en dicho estudio se permitió estudiar el rol protector ante la citotoxicidad inducida por xenobióticos. También, el estudio de El-Badwi *et al.* (2013) consistió en observar el efecto hepatoprotector a partir de un extracto etanólico de la pulpa de *Tamarindus indica* (150 mg/kg/día), utilizando ratas Wistar. En este estudio mejoraron los daños causados por el tetracloruro de carbono, mediante la reducción de los niveles de bilirrubina y hubo un mejoramiento tisular del hígado.

Por otra parte, se han investigado los patrones de expresión génica de hepatoma humano en la línea celular HepG2, codificando los genes de las metalotioneínas y glutatión S-transferasas, que están implicados en la respuesta al estrés y se ha encontrado que el tamarindo disminuye e impide las reacciones de transaminación en los procesos de síntesis de aminoácidos para el crecimiento de estas células (Chong *et al.*, 2012; Razali *et al.*, 2010). Razali *et al.* (2010) mostraron que las actividades de los genes *APOA5*, *ABCG5* y *MTTP* disminuyeron con la pulpa de tamarindo en un 50 %.

### Propiedades antimicrobianas de la pulpa de tamarindo

Investigaciones previas demuestran que los extractos de tamarindo presentan una capacidad antibacteriana debido al contenido de compuestos bioactivos como los CF y los aceites. Lazcano *et al.* (2005) estudiaron la actividad

antimicrobiana a partir de extractos acuosos y alcohólicos de la pulpa, hueso y cáscara del tamarindo, en donde la pulpa inhibió el crecimiento de *E. coli* O157:H7 y *C. albicans*, a concentraciones de (0.05 y 0.1 g/mL), afectando la morfología de estos microorganismos. También, en el mismo estudio se reveló que el aceite de pulpa tuvo un efecto bactericida contra la cepa de *E. coli* de una muestra en humanos. Se podría recalcar que el aceite de la pulpa podría tener un efecto positivo a nivel de pared celular contra *E. coli* y contra otras bacterias Gram negativas, específicamente del grupo *Enterobacteriaceae* debido a los posibles mecanismos de daño a la membrana celular por el incremento de su permeabilidad generando una desestabilización de la capa bilipídica por la interacción de los ácidos grasos presentes en el aceite del tamarindo (López-Hernández, 2010; Andria-Manantena, 1987).

Nwodo et al. (2011) analizaron extractos etanólicos y acuosos (fríos y calientes) de la pulpa, la corteza del tallo y las hojas de tamarindo, evaluando la actividad antibacteriana *in vitro* contra 13 cepas de bacterias Gram positivas y negativas. Los extractos fríos de la pulpa fueron más eficientes que los extractos de hojas y la corteza del tallo, mostrando una reducción del 95.5 % de las cepas bacterianas; en cambio, los extractos acuosos calientes y los extractos etanólicos inhibieron el crecimiento de estas cepas en un 90.9 y 86.4 %, respectivamente. Abukakar et al. (2008) y Abubakar et al. (2010) observaron que por vía oral del extracto de pulpa de *Tamarindus indica* en 3000 y 5000 mg/kg de peso corporal no es tóxico y la actividad antifúngica del extracto etanólico contra *A. niger*, *A. flavus* y *F. oxysporum* aumenta la inhibición de estos microorganismos.

Por otra parte, la aflatoxina B<sub>1</sub> es un metabolito secundario cancerígenos sintetizado por ciertas especies de *Aspergillus* que contaminan productos agrícolas y procesados que hacen que no sean aptos para el consumo. El-Nagerabi et al. (2013) analizaron los efectos *in vitro* de extractos de tamarindo para inhibir el crecimiento de las cepas de *Aspergillus flavus* (SQU21) y *A. parasiticus* (CBS921.7) y la secreción de aflatoxina por ambas cepas. Los resultados obtenidos favorecieron en la reducción de la aflatoxina de un 85.5 y 83.5 %, respectivamente; sin embargo no inhibieron el micelio de las dos cepas de *Aspergillus*, llegando a la conclusión de que el tamarindo puede inhibir la biosíntesis de la aflatoxina y puede ser utilizado como un bioconservador para combatir la contaminación por aflatoxinas en los alimentos. También, se han realizado actividades antimicrobianas contra *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* y *Aspergillus niger*, mostrando efectos positivos en la inhibición de sus crecimientos (Jadhav et al., 2010).

Por otra parte, Ugoh y Jaruma (2013) y Daniyan y Muhammad (2008) publicaron que la presencia de ciertos componentes (alcaloides, antraquinonas, flavonoides, flobataninos y saponinas) en los extractos de la pulpa pudieran estar relacionados con la inhibición de ciertos microorganismo como el *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella paratyphi* A y *Klebsiella pneumoniae*. Por esta razón, las bases científicas de

la actividad antibacteriana de la pulpa de tamarindo están sustentadas para su utilización en remedios tradicionales medicinales para evitar las infecciones bacterianas.

### Efectos inmunológicos de la pulpa de tamarindo

Actualmente, investigaciones han reportado propiedades antifebriles del tamarindo hervido. Este análisis consistió en la identificación de un polisacárido que contiene enlaces tipo  $\beta$ -glucano, que son reconocidos por células inmunológicas que modulan la temperatura febril en infecciones por endotoxina en modelos experimentales. Además de los polisacáridos, los ácidos orgánicos mantienen un pH ácido que afecta las paredes de las bacterias que se encuentran en el tracto gastrointestinal, evitando la adherencia y la proliferación de las mismas (Boletines-UAM, 2012).

### Efectos antiinflamatorios de la pulpa de tamarindo

Paula et al. (2009) evaluaron el efecto modulador de un extracto hidro-alcohólico de la pulpa de tamarindo sobre algunas funciones de neutrófilos periféricos de humanos. La generación de especies reactivas de oxígeno de neutrófilos provocada por N-formil-metionil-leucil-fenilalanina fue inhibida por este extracto; así mismo se inhibió la actividad de la NADPH oxidasa de neutrófilos, la desgranulación y la actividad de la elastasa a concentraciones superiores a 200  $\mu\text{g}/10^6$  células en las condiciones evaluadas. Estos resultados indican que los extractos de la pulpa de tamarindo pueden modular enfermedades inflamatorias de neutrófilos. También, Rodríguez et al. (2013) evaluaron a nivel preclínico los posibles efectos tóxicos de las tabletas de *Tamarindus indica* con un ensayo de toxicidad aguda oral en un modelo animal (ratas hembras Sprague Dawley) y la irritabilidad de la mucosa oral en Hamster sirio. En este estudio no se observaron signos de toxicidad, ni muerte en las ratas; en cambio, el peso corporal en ambos grupos experimentales aumentó y en el estudio de irritabilidad fue "leve" de la mucosa oral.

### Efectos farmacológicos de la pulpa de tamarindo

Estudios clínicos han demostrado la influencia que tienen los extractos acuosos de la pulpa de tamarindo en la biodisponibilidad de los antiinflamatorios no esteroideos. Un estudio con personas voluntarios sanos evidenciaron que el ácido salicílico incrementa los niveles plasmáticos al consumirse conjuntamente con aguas preparadas de pulpa de tamarindo (Garba et al., 2003). Otro estudio clínico por Garba et al. (2003) se reportaron resultados similares al analizar las concentraciones plasmáticas de Ibuprofeno y sus principales metabolitos (el hidroxil- y el carboxi-ibuprofeno). Con estos resultados se puede mencionar que la pulpa de tamarindo ejerce un efecto potencial en la absorción de fármacos y de metales como el hierro para regular en el equilibrio mineral del organismo (Mishra y Khandare, 2011; Garba et al., 2003). También, Khalid et al. (2010) estudiaron los efectos analgésicos de extracto acuoso de la pulpa de *Tamarindus indica* L., observando que el extracto puede tener una actividad anti-conceptiva en la activación del mecanismo de opioidérgico,



es decir, ayuda a reforzar la inmunomodulación, estimulando el receptor  $\mu$  y  $\sigma$  para estimular el mecanismo de la proteína G y un aumento de la conductancia al potasio (Tariq et al., 2013).

### Usos medicinales del Tamarindo

Como se ha ido mencionando, el tamarindo se emplea en la medicina tradicional para usos antimicrobiano, digestivo, inmunomodulador, entre otros (Al-Fatimi et al., 2007; Ushanandini et al., 2006; Komutarin et al., 2004). Generalmente, se consume el endocarpio, aunque se ha demostrado en algunas investigaciones que todas las partes del fruto presentan compuestos bioactivos (Vadivel et al., 2011; Pumthong, 1999). En Asia, los principales usos son antiinflamatorio de garganta, insolación, envenenamiento por *Datura* o estramonio (plata con alto contenido de alcaloides con efecto atropínico) e intoxicación alcohólica. En Colombia, la pulpa de tamarindo es utilizado como pomada para eliminar parásitos en los animales domésticos; así como apósitos de articulaciones, quemaduras, hemorroides, entre otros padecimientos. Los tratamientos tradiciones que se han hecho con la pulpa para la prevención de enfermedades, como la fitoterapia, están evidenciadas con argumentos científicos que comprueban sus propiedades antioxidantes y antimicrobianos, tal como se describen a continuación (Nkongu-Djuikwo et al., 2011; Havinga et al., 2010). Se ha demostrado en humanos que al consumir extractos de pulpa de tamarindo tuvieron una disminución de los niveles de magnesio, cobre, zinc y fluoruros en orina; mientras que los niveles de calcio y fósforo fueron normales (Ekambaram et al., 2010).

La mayoría de los estudios reportan resultados *in vitro* e *in vivo* del efecto benéfico frente a problemas cardiovasculares, bacteriológico y problemas digestivos (Nkongu-Djuikwo et al., 2011; De-Caluwé et al., 2010).

### CONCLUSIONES

En esta revisión se observó y se analizó las evidencias que sustenta los efectos benéficos para la salud con el consumo de tamarindo. Así mismo, estos efectos se deben a su contenido de compuestos polifenólicos y otros compuestos que se les atribuye la reducción de enfermedades crónicas degenerativas. Sin embargo, hace falta la realización de mayores investigaciones para observar la biodisponibilidad de estos compuestos del tamarindo y tener con más exactitud evidencias científicas de la importancia desde el punto de vista nutricional y funcional.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores GMM y FJBB agradecen a CONACyT por su financiamiento al becario 329577 y 241180, respectivamente. MEPP agradece a la Academia Mexicana de Ciencia (AMECA) y RBVG al Programa Delfín por la beca proporcionada para el XVII Verano de Investigación Ciencia y Tecnología del Pacífico 2013.

### REFERENCIAS

- A.A.C.C. American Association of Cereal Chemist. 2001. Report of the definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*. 46(3): 112-124.
- Abubakar, M.G., Yerima, M.B., Zahriya, A.G., y Ukwuani, A.N. 2010. Acute toxicity and antifungal studies of ethanolic leaves, stem and pulp extract of *Tamarindus indica*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Science*. 1(4): 104-111.
- Abukakar, M.G., Ukwuani, A.N., y Shehu, R.A. 2008. Phytochemical screening and antibacterial activity of *Tamarindus indica* pulp extract. *Asian Journal of Biochemistry*. 3(2): 134-138.
- Adeola, A.A. 2013. Amino acid composition of tamarind fruit growing wild in Oyo town. *Fountain Journal of Natural and Applied Sciences*. 2(1): 1-5.
- Aengwanich, W., Suttajit, M., Srikhun, T. y Boonsorn, T. 2009. Antibiotic effect of polyphenolic compound extracted from tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat on productive performance of broilers. *International Journal of Poultry Science*. 8(8): 749-751.
- Aguilar-Ávila, D.S., Martínez-Flores, H.E., Reynoso-Camacho, R., Chávez-Moreno, C.K., Morales-Sanchez, E. y Ponce-Saavedra, J. 2012. Efecto del proceso de extrusión sobre los compuestos fenólicos, taninos y flavonoides presentes en la cáscara de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). II Simposium en Biotecnología Alimentaria y Ambiental. Morelia, Michoacan. 7-9.
- Ahmed, J., Ramaswamy H.S., Sashidhar K.C. 2007. Rheological characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. *LWT*. 40: 225-231.
- Al-Fatimi, M., Wurster, M., Schröder, G. and Lindequist, U. 2007. Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of selected medicinal plants from Yemen. *Journal of Ethnopharmacology*. 111: 657-666.
- Andabati, B. y Muyonga, J. 2014. Phenolic content and antioxidant activity of selected Ugandan traditional medicinal foods. *African journal of Food Science*. 8(8): 427-434.
- Andria-Manantena, J. 1987. Composición en ácidos grasos y esteroides del aceite del tamarindo. *Journal of Food Sciences*. 36(10): 427-434.
- Azman, K.F., Amom, Z., Azlan, A., Esa, N.M., Ali, R.M., Shah, Z.M., y Kadir, K.K. 2012. Antiobesity effect of *Tamarindus indica* L. pulp aqueous extract in high-fat diet-induced obese rats. *Journal of Natural Medicines*. 66(2): 333-342.
- Balsano, C. y Alisi, A. 2009. Antioxidant effects of natural bioactive compounds. *Current Pharmaceutical Design*. 15(26): 3063-3073.
- Bazzano, L.A., He, J., Ogden, L.G., Loria, C.M., Vupputuri, S., Myers, L. and Whelton, P. K. 2002. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease in US adults: the first National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 76(1): 93-99.
- Bhatta R., Krishnamoorthy U. y Mohammed F. 2000. Effect of feeding tamarind (*Tamarindus indica*) seed husk as a source of tannin on dry matter intake, digestibility of nutrients and production performance of crossbred dairy cows in mid-lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 83(1): 67-74.
- Bele, A.A., Jadhav, V.M. and Kadam, V.J. 2010. Potential of Tannins: a review. *Asian Journal of Plant Sciences*. 9(4): 209-214.

- Boakye, A.A., Wireko-Manu, F.D. Agbenorhevi, J.K. y Oduro, I. 2014. Dietary fiber, ascorbic acid and proximate composition of tropical underutilised fruits. *African Journal of Food Science*. 8(6): 305-310.
- Boletines-AUM. 2012. Investigadores de la UAM encuentran en la pulpa del tamarindo propiedades antifebriles. En: <http://www.uamero.uam.mx/UAMeros/insides/newsb.aspx?pid=1812>. Consultado el 30 de Abril del 2014.
- Carasek, E. y Pawliszyn, J. 2006. Screening of tropical fruit volatile compounds using solid-phase microextraction (SPME) fibers and internally colled SPME fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(23): 8688-8696.
- Chaso, M.A. Patón, D. y Pascual, R. 1998. La microscopía de fluorescencia para determinación semicuantitativa de fluorosis por ingestión de NaF en huesos de corderos. *Archivos de Zootecnia*. 47: 629-638.
- Chong, U.R.W., Abdul-Rahman, P. S., Abdul-Aziz, A. H., Onn, H. y Junit, S. M. 2012. *Tamarindus indica* extract alters release of alpha enolase, apolipoprotein AI, transthyretin and Rab GDP dissociation inhibitor beta from HepG2 cells. *Plos One*. 7(6): 39476-39485.
- Colima, Col. 2006. Plan rector del sistema producto tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el Estado de Colima. Consejo Estatal de Productores de Tamarindo del Estado de Colima, A. C. 1-37.
- Daniyan, S.Y. y Muhammad, H.B. 2008. Evaluation of the antimicrobial activities and phytochemical properties of extracts of *Tamarindus indica* against some diseases causing bacteria. *African Journal of Biotechnology*. 7(14): 2451-2453.
- D'Archivio, M., Filesi, C., Vari, R., Scaccocchio, B y Masella, R. 2010. Review Bioavailability of the polyphenols: status and controversies. *Molecules*. 11: 1321-1342.
- De-Caluwé, E., Halamová, K. y Van Damme, P. 2010. *Tamarindus indica* L. – A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Africa Focus*. 23(1): 53-83.
- Devaraj, S., Vega-Lopez, S., Kaul, N., Scholau, F., Rohdewald, P. and Jialal, I. 2002. Supplementation with a pine bark extract rich in polyphenols increases plasma antioxidant capacity and alters the plasma lipoprotein profile. *Lipids*. 37(10): 931-934.
- Dey, S., Swarup, D., Saxena, A. y Dan, A. 2011. Efficacy of tamarind *Tamarindus indica* fruit extract on experimental fluoride exposure in rats. *Research in Veterinary Science*. 91(3): 422-425.
- Escalona-Arranz, J. C., Péres-Roses, R., Urdanata-Laffita, I., Camacho-Pozo, M.I., Rodríguez-Amado, J., Licea-Jiménez, I. 2010. Antimicrobial activity of extract from *Tamarindus indica* L. leaves. *Pharmacognosy Magazine*. 6(23): 242-247.
- Ekambaram, P., Namitha, T., Bhuvanewari, S., Aruljothi, S., Vasanth, D. y Saravanakumar, M. 2010. Therapeutic efficacy of *Tamarindus indica* L. to protect against fluoride-induced oxidative stress in the liver of female rats. *Fluoride*. 43(2): 134-140.
- El-Badwi, S. M. A., El-Bagir, N. M. y Amin, A. E. 2013. Protective effect of ethanolic extract of *Tamarindus indica* against CCl4 induced liver damage in rats. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(2): 813-818.
- Eldahshan, O. y Singab, A.N.B. 2013. Carotenoids. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2(1): 225-235.
- El-Nagerabi, S.A.F., Abdulkadir E. E. y Elamin, M.R. 2013. In Vitro Activity of *Balanites aegyptiaca* and *Tamarindus indica* Fruit Extracts on Growth and Aflatoxicogenicity of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*. *Journal of Food Research*. 2(4): 68-80.
- El-Siddig, K., Gunasena, H.P. M., Prasad, B.A., Pushpakumara, D.K.N.G., Ramana, K.V.R., Vijayanand, P. & Williams, J.T. 2006. *Tamarind: Tamarindus Indica* L (Vol. 1). *Crops for the Future* (ed), pp 188.
- Englyst, H.N. y Cummings, J.H. 1990. Non-starch polysaccharides (dietary fiber) and resistant starch. En *New developments in dietary fiber*. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 270: 205-225.
- Feungchan, S., Yumsawat, T., Chindaprasert, S. y Kitpowsong, P. 1996. Evaluation of tamarind cultivars on the chemical composition of pulp. *Thai Journal of Agricultural Science*, special issue. 1: 28-33.
- Garba, M., Yakasai, I.A., Bakare, M.T., Munir, H.Y. 2003. Effect of *Tamarindus indica* L. on the bioavailability of ibuprofen in health human volunteers. *European Journal of Drug Metabolism and Pharmacokinetics*. 28(3): 179-184.
- García, M.A., Martino, M.N. y Zanitzky, N.E. 2000. Microstructural characterization of plasticized starch-based film. *Starch/Stärke*. 52: 118-124.
- Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Zemser, M., Martín-Belloso, O. 2001. Comparative contents of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(2): 952-957.
- Gupta, A. R, Dey, S., Swarup, D., Saini, M., Saxena, A. y Dan, A. 2013. Ameliorative effect of *Tamarindus indica* L. on biochemical parameters of serum and urine in cattle from fluoride endemic area. *Veterinarski Archive*. 83(5): 487-496.
- Gutiérrez, S., Pino, J.A., Muñoz, Y., Montelongo, I. y Roncal, E. 2011. Desarrollo de un saborizante de tamarindo. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 21(2):45-50.
- Háda, M., Nagy, V., Deli, J. y Agócs, A. 2012. Hydrophilic carotenoids: recent progress. *Molecules*. 17: 5003-5012.
- Hartzfeld, P., Forkner, R., Hunter, D and Hagerman, A. 2002. Determination of hydrolysable tannins (gallotannins and ellagitannins) after reaction with potassium iodate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(7): 1785-1790.
- Havinga, R.M., Hartl, A., Putscher, J., Prehler, S., Buchmann, C. y Vogl, C.R. 2010. *Tamarindus indica* L. (Fabaceae): Patterns of use in traditional African medicine. *Journal of Ethnopharmacology*. 127(3): 573-588.
- Hernández-Estrada, A y González-Palomares, S. 2010. Galleta a base de fibra de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). *Tecnociencia*. 4(1): 16-22.
- Iftekhhar, A.S., Rayhan, I., Quadir, M. A., Akhteruzzaman, S. y Hasnat, A. 2006. Effect of *Tamarindus indica* fruits on blood pressure and lipid-profile in human model: an in vivo approach. *Pakistan Journal of Pharmacological Science*. 19(2): 125-129.
- Instituto de Nutrición y Salud. 2009. Fibra. Kellogg's. ed Organismo Informativo del Instituto de Nutrición y Salud. Querétaro, México.
- Jadhav, D.Y, Sahoo, A.K., Ghosh, J.S, Ranveer, R.C. y Mali, A.M. 2010. Phytochemical detection and in vitro evaluation of tamarind fruit pulp for potential antimicrobial activity. *International Journal of Tropical Medicine*. 5(3): 68-72.
- Kadu, A.S., Nampalliwar, A.R. y Gothecha, V.K. 2012. Skeletal fluorosis due to chronic fluoride intoxication - An over review. *International Journal of Ayurvedc and Herbal*

- Medicine. 2(3): 561-568.
- Khairunnuur, F.A., Zulkhairi, A., Azrina, A., Moklas, M.A.M., Khairullizam, S., Zamree, M. S. y Shahidan, M.A. 2009. Nutritional Composition, in vitro antioxidant activity and *Artemia salina* L. lethality of pulp and seed of *Tamarindus indica* L. extracts. *Malaysian Journal of Nutrition*. 15(1): 65-75.
- Khalid, S., Shaik, M.W.M., Israf, D.A., Hashim, P., Rejab, S., Shaberi, A.M. y Sulaiman, M.R. 2010. In vivo analgesic effect of aqueous extract of *Tamarindus indica* L. fruits. *Medical Principles and Practice*. 19(4): 255-259.
- Kidd, P.M. 2009. Bioavailability and activity of phytosome complexes from botanical polyphenols: the silymarin, curcumin, green tea, and grape seed extracts. *Alternative Medicine Review*. 14(3): 226-246.
- Komutarin, T., Azadi S., Butterworth, L., Keil, D., Chitsomboon, B., Sutajit, M. and Meade, B. J. 2004. Extract of the seed coat of *Tamarindus indica* inhibits nitric oxide production by murine macrophages *in vitro* and *in vivo*. *Food Chemistry and Toxicology*. 42: 649-658.
- Koyagura, N., Hemanth-Kumar, V., Jamadar, M.G., Huilgol, S.H., Nayak, N., Yendigeri, S.M. y Shamsuddin, M. 2013. Antidiabetic and hepatoprotective activities of *Tamarindus indica* fruit pulp in alloxan induced diabetic rats. *International Journal of Pharmacology and Clinical Sciences*. 2(2): 33-40.
- Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A.E. and Etherton, T.D. 2002. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*. 113: 71-88.
- Ku, C.S. y Mun, S.P. 2008. Optimization of the extraction of anthocyanin from Bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) marc produced during traditional wine processing and characterization of the extracts. *Bioresource Technology*. 99(17): 8325-8330.
- Lamien-Meda, A., Lamien, C.E., Compaoré, M.M.Y., Meda, R.N.T., Kiendrebeogo, M., Zeba, B., Millogo, J.F. y Nacoulma, O.G. 2008. Polyphenol content and antioxidant activity of fourteen wild edible fruits from Burkina Faso. *Molecules*. 13: 581-594.
- Lazcano, H.M.A., Navarro-Cruz, A.R., Dávila, M.R., Ávila, S.S.R., González, S.F. 2005. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, Gto.
- Le, P.L., Swords, G. y Hunter, G.L. 1975. Volatile constituents of tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 23: 1195-1199.
- Leakey, R.R.B. 1999. Potential for novel food products from agroforestry trees: a review. *Food Chemistry*. 66(1): 1-14.
- Lim, C.Y., Junit, S.M., Abdulla, M.A. y Aziz, A.A. 2013. In vivo biochemical and gene expression analyses of the antioxidant activities and hypocholesterolaemic properties of *Tamarindus indica* fruit pulp extract. *Plos One*. 8(7): 70058.
- Liu, R.H. 2013. Dietary bioactive compounds and their health implications. *Journal of Food Science*. 78(Suppl 1): A18-A25.
- López-Hernández, L.H. 2010. Tesina Efecto de la incorporación de extracto de tamarindo (*Tamarindus indica*) con actividad antioxidante en la elaboración y funcionalidad de películas biodegradables proteína-almidón. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud.
- Manach, C.G., Williamson, C. Morand, A., Scalbert, A. and Remesy, C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in human. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 81(1): 230-242.
- Mañas, E. y Saura-Calixto, F. 1995. Dietary fiber analysis methodological error sources. *Journal of Clinical Nutrition*. 49: 158-162.
- Markon, M., Hasan, M., Daud, W.R.W., Singh, H. and Jahim, J.M. 2007. Extraction of hydrolysable tannins from *Phyllanthus niruri* Linn.: effects of solvents and extraction methods. *Separation and Purification Technology*. 52: 487-496.
- Martinello, F., Soares, S.M., Franco, J.J., Santos, A.C., Sugohara, A., Garcia, S.B., Uyemura, S.A. 2006. Hypolipemic and antioxidant activities from *Tamarindus indica* L. pulp fruit extract in hypercholesterolemic hamsters. *Food and Chemical Toxicology*. 44(6): 810-818.
- Mishra, M.U. y Khandare, J.N. 2011. Evaluation of tamarind seed polysaccharide as biodegradable carrier for colon specific drug delivery. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3(1): 139-142.
- Morton, J. 1987. Fruits of warm climates. Miami, FL, USA. pp. 115-121.
- Mudgil, D. y Barak, S. 2013. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrates polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 61: 1-6.
- National Research Council. 2002. Tropical Legumes: Resources for the Future. The Minerva Group, Inc.
- Nkongda-Djuikwo, V., Aba-Ejoh, R., Gouado, I., Mbofung, C. M. y Tanumihardjo, S. 2011. Determination of major carotenoids in processed tropical leafy vegetables indigenous to Africa. *Food and Nutrition Sciences*. 2: 793-802.
- Nwodo, U.U., Obiiyeke, G.E., Chigor, V.N. y Okoh, A.I. 2011. Assessment of *Tamarindus indica* extracts for antibacterial activity. *International Journal of Molecular Sciences*. 12(10): 6385-6396.
- Ogungbele, H.N. and Ebadan, P. 2014. Nutritional qualities and amino acid profile of velvet tamarind (*Dalium guineense*) pulp. *British Biomedical Bulletin*. 2(1): 6-16.
- Orozco, S.M. 2001. El cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.), en el trópico seco de México. INIFAPSAGARPA. Campo Experimental Tecoman. Colima. México.(7): 89.
- Paula, F. S. Kabeya, L.M., Kanashiro, A., de-Figueiredo, A.S.G., Azzolini, A.E., Uyemura, S.A. y Lucisano-Valim, Y.M. 2009. Modulation of human neutrophil oxidative metabolism and degranulation by extract of *Tamarindus indica* L. fruit pulp. *Food and Chemical Toxicology*. 47(1): 163-170.
- Phetdee, K., Rattanamanee, K., Teaktong, T. y Viyoch, J. 2012. Tamarind seed coat extract reduces melanin production via tyrosinase in melanocyte. *Journal of Biological Sciences* 12: 239-245.
- Pino, J. A., Marbol, Vazquez, C. 2004. Volatile components of tamarind (*Tamarindus indica* L.) grown in Cuba. *Journal of Essential Oil Research*. 16(4): 318-320.
- Prakash-Saingh, J., Kumar-Singh, S., Chandel, R., Pandey, G., Prakash, A. y Chidambaram, R. 2014. Optimization of common acidulant (Fruitaric acids) to enhance organoleptic quality and shelf life of fruit juices. *International Journal of Pharmacological and Science Review Research*. 25(1): 269-273.

- Pugalenthi, M., Vadivel, V., Gurumoorthi, P. y Janardhanan, K. 2004. Comparative nutritional evaluation of little known legumes, *Tamarindus indica*, *Erythrina indica* and *Sesbania bispinosa*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 4(3): 107-123.
- Pumthong, G. 1999. Antioxidative activity of polyphenolic compounds extracted from seed coat of *Tamarindus indica* Linn. Chiang Mai University, Thailand.
- Razali, N., Aziz, A.A. y Junit, S.M. 2010. Gene expression profiles in human HepG2 cells treated with extracts of the *Tamarindus indica* fruit pulp. *Genes and Nutrition*. 5(4): 331-341.
- Razali, N., Mat-Junit, S., Abdul-Muthalib, A.F., Subramaniam, S. y Abdul-Aziz, S. 2012. Effects of various solvents on the extraction of antioxidant phenolics from the leaves, seeds, veins and skins of *Tamarindus indica* L. *Food Chemistry*. 131: 441-448.
- Ribeiro-da Silva, L.M., Teixeira-de Figueiredo, E.A. Silva-Ricardo, N.M.P., Pinto-Viera, I. G., de Figueiredo, R.W., Montenegro-Brasil, I. and Gomes, C.L. 2014. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*. 143(15) 398-404.
- Rodríguez, J., Puente, E., Larramendi, D., Lafourcade, A., Escalona, J., Sierra, G. e Infante, J.F. 2013. Toxicidad aguda oral e irritabilidad de la mucosa oral con una formulación de tabletas de *Tamarindus indica* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 12(2): 154-161.
- Ross, K.A. 2014. Concepts important in understanding the health benefits of phenolics in fruits and vegetables: extractable and non-extractable phenolics and the influence of cell wall polysaccharides on bioaccessibility and bioavailability. *Research in Health and Nutrition*. 2: 29-43.
- Ruiz, F.X., Porté, S., Parés, X. y Farrés, J. 2012. Biological role of aldo-keto reductases in retinoic acid biosynthesis and signaling. *Frontiers in Pharmacology*. 3: 1-13.
- SAGARPA. 2011. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera. En : [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&viwe=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&viwe=wrapper&Itemid=350). Fecha de consulta: 2 de abril del 2014.
- Sarmiento-Fradera, M. 2014. El tamarindo: una delicia para el mundo. En: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/el-tamarindo-una-delicia-para-el-mundo.html>. Fecha de consulta: 28 de Marzo, 2014.
- Shankaracharya, N.B. 1998. Tamarind - chemistry, technology and uses- a critical appraisal. *Journal of Food Sciences and Technology*. 35(3): 193-208.
- Sharma, S., Roberts, L., Hudes, M., Lustig, R. and Fleming, S. 2013. Macronutrient intakes and cardio metabolic risk factors. In high BMI African American children. *Nutrition and Metabolism*. 7(10): 1-7.
- Strunecka, A., Patocka, J., Blaylock, R. L. y Chinoy, N. J. 2007. Fluoride interactions: from molecules to disease. *Current Signal Transduction Therapy*. 2: 190-213.
- Sudjaroen, Y, Haubner, R., Würtele, G., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B. y Owen, R. W. 2005. Isolation and structure elucidation of phenolic antioxidants from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) seeds and pericarp. *Food and Chemical Toxicology*. 43(11): 1673-1682.
- Tangkanakul, P., Auttaviboonkul, P., Niyomwit, B., Lowvitoon, N., Charoenthamawat, P. and Trakoontivakorn, G. 2009. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of Asian foods after thermal processing. *International Food Research Journal*. 16: 517-580.
- Tariq, M., Shah-Chaudhary, S., Rahman, K., Hamiduddin, Zaman, R. e Imtayaz, S. 2013. *Tamarindys indica*: an overview. *Journal of Biological and Scientific Opinion*. 1(2): 128-131.
- Tril, U., Fernández-López, J., Álvarez, J., Pérez, A. y Viuda-Martos, M. 2014. Chemical, physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of rich-fibre powder extract obtained from tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Industrial Crops and Products*. 55(0): 155-162.
- Ugoh, S.C. y Jaruma, I.M. 2013. Phytochemical screening and antibacterial activity of the fruit and leaf extract of *Tamarindus indica* (Linn). *Report and Opinion*. 5(8): 18-27.
- Ushanandini, S., Nagaraju, S., Kumar, K.H. 2006. The anti-snake venom properties of *Tamarindus indica* (Leguminiceae) seed extract. *Phytotherapy Rsearch*. 20(10): 851-858.
- Vadivel, V., Stuetz, W., Scherbaum, V., y Biesalski, H.K. 2011. Total free phenolic content and health relevant functionality of Indian wild legume grains: Effect of indigenous processing methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24(7): 935-943.
- Viveros-García, J.C., Figueroa-Rodríguez, K.A., Gallardo-López, F., García-Pérez, E., Ruiz-Rosado, O. y Hernández-Rosas, F. 2012. Sistemas de manejo y comercialización de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en tres municipios de Veracruz. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1217-1230.
- Yean-Soon, Y. and Barlow, P.J. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry*. 88(3): 411-417.