

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA QUÍMICA.

---

---

---



**“Encapsulación de polifenoles de semilla de mango en pectinas obtenidas de agroresiduos”**

## **RESIDENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTA:**

GIOVANNA VIANEY AGUILAR ALMARAZ

**CARRERA:**

Ingeniería Química

**LUGAR DE REALIZACIÓN:**

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco A.C, Unidad Sureste (CIATEJ).

**ASESOR INTERNO:**

*ING. WILLIAMS ENRIQUE SANTOS BALBOA*

**ASESOR EXTERNO:**

*DRA. TERESA DEL ROSARIO AYORA TALAVERA*

**REVISORES:**

*ING. MARCO ANTONIO MAZARIEGOS MORALES*

*DR. ENCISO SAMUEL SAENZ*

**PERIODO:**

Agosto-Diciembre 2018

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, fueron mi mayor motivación, sin ellos este logro no sería posible.

Gracias a Emmanuel, por recorrer este camino a mi lado, por inspirarme a ser mejor persona y dar lo mejor de mí cada día.

Gracias a la Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera por su apoyo, consejos y enseñanzas.

Gracias al M. en C. José Isabel Martínez Castillo, por su apoyo.

Gracias al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por haberme permitido formarme como profesional.

## RESUMEN

El objetivo del proyecto fue desarrollar un método para la extracción y encapsulación de polifenoles obtenidos a partir del endospermo de la semilla de dos variedades de mango. Al endospermo de la semilla del mango se le hicieron pruebas de polifenoles totales, taninos y actividad antioxidante por radical DPPH y FRAP.

Para la obtención de polifenoles se realizó un diseño factorial 2<sup>3</sup>, los factores evaluados fueron: temperatura (40 y 60 °C) y tiempo de extracción (60 y 120 minutos). Las variables de respuesta analizadas fueron: cuantificación de polifenoles totales, taninos y actividad antioxidante. El mejor método de extracción de polifenoles resultó ser el que utilizó 60°C por 120 minutos. La actividad antioxidante fue mejor a condiciones de 60 minutos, sin importar la temperatura. Se obtuvieron mayor cantidad de taninos a 60°C sin que el tiempo cause efecto significativo en su extracción.

Para la extracción de pectina, se utilizaron cáscaras de mango ataulfo, utilizando un diseño factorial 2x3. Los factores evaluados fueron: relación harina/soluto (1:20, 1:30), temperatura (70, 80 y 90°C) y el tiempo de extracción fue de 90 min. El mejor método de extracción de pectina fue a condiciones de relación harina/soluto 1:20 a 80°C.

En la encapsulación de polifenoles, se utilizó el sistema de encapsulación: goma arábica/pectina/polifenoles, a 10 %, 0.2 % y 500 ppm respectivamente.

Las pectinas que se utilizaron fueron de mango y cacao. De acuerdo a las diferentes pruebas que se le hicieron a los encapsulados, se comprobó que usando pectina de mango como agente encapsulante se conserva mayor actividad antioxidante.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO.....	2
3. PROBLEMÁTICA A RESOLVER.....	3
4. OBJETIVO DEL PROYECTO .....	4
4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
5. JUSTIFICACIÓN .....	5
6. MARCO TEÓRICO .....	5
6.1. Encapsulación.....	5
6.1.1. Secado por aspersión .....	6
6.2. Pectina.....	6
6.3. Mango.....	7
6.3.1. Mango ataulfo.....	8
6.3.2. Mango Tommy Atkins (petacón) .....	9
6.4. Polifenoles .....	9
6.4.1. Actividad antioxidante .....	10
7. Metodología .....	12
7.1. Extracción de pectinas de harina de cáscara de mango .....	12
7.2. Determinación de polifenoles totales por Folin-Ciocalteu.....	12
7.3. Actividad antioxidante .....	13
7.3.1. FRAP, método de Benzie y Strain (1996) con algunas modificaciones. 13	
7.3.2. DPPH, método de Brand – Williams (1995) con algunas modificaciones	
14	
7.4. Taninos .....	15
7.5. Microencapsulación en secado por aspersión .....	15
7.5.1. Lavado de cápsulas.....	16
7.5.2. Liberación de polifenoles.....	16
8. Resultados .....	16
8.1. Extracción de pectinas.....	16
8.2. Fenoles totales.....	18
8.3. Actividad antioxidante .....	22
8.3.1. DPPH.....	22

8.3.2. FRAP .....	25
8.4. Taninos .....	28
8.5. Encapsulados.....	31
8.5.1. Polifenoles totales.....	31
8.5.2. Actividad antioxidante (FRAP).....	33
9. Conclusión .....	36
BIBLIOGRAFÍA .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

El mango es una de las frutas tropicales más importantes del mundo. La fruta de mango ocupa la segunda posición como un cultivo tropical con una producción mundial que supera los 35 millones de toneladas (Jahurul, 2015).

Las frutas de mango se procesan en diversos productos como puré, rebanadas enlatadas, almíbar, néctar, cuero, encurtidos, chutney y mermelada, lo que produce una cantidad significativa de desechos. El grano de semilla de mango representa aproximadamente el 20% de la fruta de mango entero e incluye niveles ricos de compuestos que mejoran la salud y antioxidantes naturales (Sogi, 2013, Jahurul, 2015). Además, los endospermos tienen actividad anti-tirosinasa, anti-inflamatorio, anti-obesidad, y efectos hepato-protectores (Kobayashi et al., 2013).

Los polifenoles de la dieta, comúnmente conocidos como compuestos bioactivos, son metabolitos secundarios de las plantas y abundan en frutas como las uvas, manzanas, peras, cerezas y bayas, y también se encuentran en el café, el té, los frijoles negros, el cacao en polvo, las verduras y el vino (Naumovski, 2015). Los polifenoles pueden caracterizarse químicamente por la presencia de al menos un anillo aromático que lleva uno o más sustituyentes hidroxilo (fenoles). También se dividen en grupos según su peso molecular, estructura química y complejidad (es decir, la cantidad de anillos fenólicos y grupos sustitutos) (Cardona, 2013; Naumovski, 2015). Los polifenoles se clasifican generalmente en fenoles simples, ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, cumarinas, ligninas y taninos por mencionar algunos. Los flavonoides (los polifenoles más predominantes), incluyen a flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas, flavan-3-ols y dihidrocalconas, o no flavonoides (Huang, Davidge y Wu, 2013).

Hay cada vez más pruebas de que la ingesta moderada a largo plazo de polifenoles tiene efectos beneficiosos para la salud, incluido el riesgo reducido de diversas enfermedades crónicas como la enfermedad coronaria, la diabetes tipo 2, los cánceres específicos y los trastornos neurodegenerativos (Cardona, 2013 ; Del Rio, 2013; Forester & Waterhouse, 2009; Hervert-Hernández & Goñi, 2011; Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2013 ).

## 2. DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO

El lugar donde se realizó el trabajo experimental fue en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología y Conservación de Alimentos, perteneciente al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco A.C, Unidad Sureste (CIATEJ).

Dirección: Parque Científico Tecnológico de Yucatán, Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto. Mérida, Yucatán. Código postal: 97302.

Croquis:



Teléfono / Fax: 018002632428 / +52 999 920 26 71

CORREO: [direccion.sureste@ciatej.mx](mailto:direccion.sureste@ciatej.mx)

### Misión:

El CIATEJ un Centro Público de Investigación del CONACYT que impulsa el desarrollo sostenible del país mediante la generación de conocimiento de vanguardia y la aplicación innovadora de la ciencia y tecnología.

### **3. PROBLEMÁTICA A RESOLVER**

En los últimos años, el cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) ha experimentado un incremento en su producción. México ocupa el cuarto lugar en la producción mundial de esta fruta, y el primero en su exportación. El Estado de Chiapas, es una de las zonas más importantes en la exportación de mangos mexicanos. Cuenta con una producción de más de 264,000 toneladas al año (Atlas agroalimentario, 2018). En este contexto, la industria de procesamiento del mango genera volúmenes importantes de desechos o residuos. Se ha comentado que durante el procesamiento de esta fruta se descarta del 28 al 43% del total de mangos manipulados en forma de residuos, constituidos fundamentalmente por cáscara y semilla (Filho et al. 2006) a los cuales se les puede dar un valor agregado obteniendo de ellos biomoléculas con actividad biológica o para su utilización en alimentos.



#### **4. OBJETIVO DEL PROYECTO**

Evaluar el efecto de la encapsulación de polifenoles obtenidos de semillas de mango de dos variedades en pectinas obtenidas de cáscaras de cacao y mango.

##### **4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto de la temperatura, la relación sustrato-solvente y el tiempo de extracción, en los rendimientos de los polifenoles totales de dos variedades de mango, así como en su actividad antioxidante.
- Evaluar el efecto de la temperatura y la relación sustrato-solvente en los rendimientos de la extracción de pectina de cáscaras de mango.
- Evaluar el efecto de la encapsulación en la actividad antioxidante de los polifenoles obtenidos del endospermo de dos variedades de mango utilizando pectinas obtenidas de cáscara de mango y cáscara de cacao.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

Las cáscaras y el hueso del mango que pueden considerarse desechos pueden ser una fuente importante de compuestos bioactivos, tales como la pectina, polifenoles y mangiferina en las cáscaras, ácidos grasos poliinsaturados en el hueso y compuestos de naturaleza fenólica con actividad antioxidante y antiinflamatoria. Además se ha reportado una importante actividad antimicrobiana en extractos de huesos de mango, debido a la naturaleza de los compuestos polifenólicos que contienen (Engels et al, 2009). Se ha señalado que las cáscaras de diferentes variedades de mango contienen pectina de alta calidad, por su importante concentración en ácido galacturónico y su grado de esterificación (Sudhakar y Maini, 2000; Schieber et al., 2004)

El endospermo de la semilla del mango contiene un alto nivel de actividad antioxidante, por ello, se podría incluir en la formulación de diferentes alimentos funcionales, cosméticos funcionales y medicamentos.

Así mismo la cáscara de mango contiene una cantidad considerable de pectina, la cual tiene varios usos, aunque su característica principal es la de ser un gelificante natural. También la podemos utilizar como aditivo estabilizante, entre otros usos no gastronómicos.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Encapsulación**

La encapsulación es un proceso mediante el cual sustancias bioactivas de los alimentos se introducen en una matriz para impedir que se pierdan, para protegerlas de la reacción con otros compuestos o para frenar reacciones de oxidación a causa de la luz o del oxígeno. En líneas generales, la encapsulación constituye un medio de envasar, separar y almacenar materiales para su posterior liberación bajo condiciones controladas. Esta tecnología aporta, en el ámbito alimentario, productos con mejores características sensoriales y nutricionales (Yáñez et al., 2002).

Para la producción de microcápsulas se han propuesto diversos métodos que se dividen en procesos físicos (secado por aspersión, extrusión y recubrimiento por aspersión), procesos fisicoquímicos (coacervación simple o compleja y atrapamiento en liposomas) y procesos químicos. La selección del método dependerá del tamaño medio de la partícula requerida y las propiedades fisicoquímicas del agente encapsulante y la sustancia a encapsular, las aplicaciones para el material microencapsulado, el mecanismo de liberación deseado y el coste (Yáñez et al., 2002).

### **6.1.1. Secado por aspersión**

La encapsulación de sabores previene reacciones indeseables con otros componentes del alimento, incluso durante un largo proceso de almacenaje. Se han desarrollado varios métodos para encapsular sabores y aromas. El secado por aspersión es el más utilizado en la industria de los alimentos debido a que se trata de un método económico y efectivo en la protección de materiales. Los almidones modificados, las maltodextrinas y las gomas son empleados como materiales pared. El material a encapsular es homogenizado con el portador. Posteriormente, la mezcla se seca por aspersión y se atomiza por medio de una boquilla o disco. Tras este proceso, se recogen las cápsulas formadas listas para ser empleadas (Yáñez et al., 2002).

Actualmente se están estudiando nuevos materiales pared, incluyendo coloides y gomas naturales, para la obtención de mezclas que permitan incrementar la retención de compuestos volátiles y la vida comercial de las microcápsulas. Así, se ha conseguido la retención de aceites esenciales de naranja y disminuido su oxidación al usar goma arábica, lo que indudablemente permite la inclusión de sustancias activas sin que se vean afectadas por los procesos de digestión iniciados en la boca y estómago (Yáñez et al., 2002).

### **6.2. Pectina**

La pectina es una sustancia natural que se forma principalmente en la pared primaria y en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos de frutos y vegetales, y tiene la función de cemento intercelular (Nwanekesi, Alawuba y Mkpolulu, 1994; Srinrangarajan, y Shrikhande, 1979).

La pectina fue aislada por primera vez por el químico francés Henri Braconnot en 1825, quien la designó como "pectina", que deriva del griego pektikos, que significa congelar o solidificar (Willats, Knox, Dalgaard, 2006).

La pectina forma coloides por excelencia, ya que tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua. Pertenece a la familia de los oligosacáridos y polisacáridos de alto peso molecular y contiene largas cadenas formadas por unidades de 1,4- $\alpha$ -D-ácido galacturónico (GalpA). Tres polisacáridos pécticos (homogalacturona, rhamno galacturona-I y galacturonas sustituidas) han sido separados y caracterizados y todos contienen GalpA en mayor o menor cantidad. Hasta hace poco se ha aceptado que los polisacáridos homogalacturona y rhamnogalacturona-I son los constituyentes principales de los polímeros pécticos. Sin embargo, en una estructura alternativa, propuesta recientemente, el polisacárido homogalacturona es una larga cadena de rhamnogalacturona-I (Willats, Knox, Dalgaard, 2006).

La pectina es un grupo de sustancias que forman geles cuando se disuelven en agua en condiciones adecuadas. Se deriva de la protopectina que se encuentra en las laminillas medias de las células vegetales. La protopectina es insoluble, pero se convierte en pectina soluble a medida que la fruta madura o se calienta en un medio ácido. La pectina es un coloide cargado negativamente en un sustrato de fruta ácida. A medida que se agrega azúcar a este coloide, el equilibrio pectina- agua se rompe, y se establece una red fibrosa capaz de soportar líquidos. La red de fibra forma el gel necesario para mermeladas, jaleas y conservas (Flutto, 2003).

Siempre se debe asumir que los jugos serán deficientes en pectina y complementar la jalea con pectinas comerciales. La pectina puede producirse a partir de muchas frutas u otros tejidos vegetales como las remolachas, pero la mayoría de las pectinas comerciales se derivan de cáscaras de cítricos precipitando la pectina de la solución con alcohol. La pectina es un coloide reversible. Puede disolverse en agua, precipitarse, secarse, y luego volver a disolverse sin alterar sus propiedades físicas (Smith, 2003):

Varias pectinas se producen para el comercio de la preservación. Estas pectinas pueden clasificarse como de fraguado rápido, de fraguado lento o por el peso de la jalea terminada que producirá una unidad de peso de pectina. La pectina de fraguado rápido forma geles a temperaturas más altas que la pectina de fraguado lento. La fijación rápida se prefiere para las mermeladas y conservas porque reduce la probabilidad de que el componente de la fruta suba a la superficie antes de que se establezca el gel (Smith, 2003).

### **6.3. Mango**

El mango es un fruto de interés tanto en el aspecto nutricional y biofuncional, como en el aspecto tecnológico. Desde el punto de vista nutricional, el mango es una rica fuente de carbohidratos, vitaminas y antioxidantes. En promedio, 100 gr de pulpa de mango aportan un 47% del requerimiento diario para un adulto de vitamina C, un 25% del requerimiento diario de vitamina A y un 13% de vitamina E. En cuanto a las propiedades biofuncionales, el mango es rico en antioxidantes diversos, entre los que destacan la mangiferina y lupeol (Rodríguez et al, 2016).

Además de las propiedades nutricionales, los componentes y propiedades fisicoquímicas del mango, le confieren propiedades tecnológicas que le permiten desempeñarse como materia prima principal o como ingrediente. Su contenido en almidón, pectina y fibra, aportar textura a los productos preparados con mango, sus pigmentos confieren color, su contenido en ácidos y antioxidantes, por un lado dan estabilidad química y de algún modo constituyen una barrera relativa contra el crecimiento de microorganismos. La combinación de pigmentos, ácidos, azúcares, y compuestos volátiles, son responsables del color, sabor y aroma característicos

del mango, atributos que son determinantes en la preferencia y aceptación de los productos a base de mango por parte del consumidor. La fruta del mango es útil como materia prima o ingrediente en todas las etapas desde la madurez fisiológica (mango verde) hasta la madurez comercial, así como los desechos, como cáscara la cual es rica en pectinas y moléculas bioactivas para su uso como nutracéuticos o ingredientes en alimentos funcionales. Los frutos de mango verde se utilizan comúnmente para chutney dulce o salado (salsa de mango), encurtidos y bebidas de mango verde. Con el fruto de mango maduro se producen rebanadas en conserva, pulpa, mermelada, jugo, néctar, rebanadas o trocitos de pulpa deshidratados por métodos diversos, mango en polvo, barras de frutas de mango. La aplicación exitosa y la formulación y procesamiento del mango como materia prima o ingrediente para la elaboración de alimentos y bebidas, depende en gran medida de la adecuada selección de la variedad, así como su caracterización fisicoquímica y sensorial; ya que esto es determinante para lograr las características sensoriales y la vida de anaquel necesaria para la obtención de un producto competitivo y exitoso en el mercado (Rodríguez et al, 2016).

El mango (*Mangifera indica* L.), aunque es originario de la región indobirmana, actualmente se cultiva en casi todos los agroecosistemas tropicales y subtropicales del mundo. Alrededor de 95 países cuentan con plantaciones comerciales, produciendo 30 millones de toneladas, de las cuales la vasta mayoría es consumida internamente por los países productores y únicamente se exporta alrededor de 3%. Mientras que los países de Asia cosechan 77% de la producción mundial, Latinoamérica contribuye con 13% y los demás países con el 10 % restante (Faostat, 2008). Aun cuando en los últimos años México ha ocupado consistentemente el cuarto lugar mundial después de la India, China y Tailandia, su producción constituye escasamente 5.5% del total. No obstante, es el principal exportador con poco más de 20% de las exportaciones mundiales de mango, aunque en algunos años ha sido superado por la India (Infante et al., 2011). El género *Mangifera* comprende más o menos 50 especies nativas del sureste de Asia o las islas circundantes (Schaffers et al., 1994).

### **6.3.1. Mango ataulfo**

El mango Ataulfo es el cultivar de origen mexicano con más aceptación en los mercados internacionales. Si bien su genealogía es incierta, pues se desconocen sus progenitores, se ha mencionado que posiblemente provenga de una mutación, o bien, sea producto de una hibridación natural. La versión más escuchada sobre la manera como fue descubierto, hace referencia a cinco árboles que crecieron de manera natural en un predio urbano de Tapachula, Chiapas. Este predio fue comprado por Ataulfo Morales a Manuel Rodríguez en 1948 y los árboles ya estaban ahí plantados. Se estima que los árboles nacieron cinco años antes de esa

transacción, es decir, en 1943. No obstante que desde 1950 los frutos de esos árboles llamaron rápidamente la atención de la gente, es hasta 1958 cuando el ingeniero agrónomo Héctor Cano Flores, jefe de Sector del hoy extinto Instituto Mexicano del Café (IMC), conoce el cultivar e inmediatamente se percata de la excepcional calidad de sus frutos. Pide entonces permiso a su amigo el señor Morales para iniciar los primeros estudios sobre los árboles y seleccionar varetas para su propagación asexual. Estos hechos coinciden con un programa que entonces pone en marcha el IMC para mejorar la cafeticultura, que tenía como objetivo sustituir el café por árboles frutales en las áreas marginales de este cultivo (zonas bajas que no son aptas para producir café de calidad). Como parte del proyecto, el ingeniero Cano propaga masivamente un clon de mango denominado imc-m2 Ataulfo. Poco más tarde, todo el material vegetativo se transfiere del IMC a la Comisión Nacional de Fruticultura (Conafrut) para continuar con su propagación masiva. Años después, el cultivar sería conocido sólo como “Ataulfo”, nombre con el que el ingeniero Cano bautizó a este mango (Infante et al., 2011).

### **6.3.2. Mango Tommy Atkins (petacón)**

La variedad Tommy Atkins se caracteriza por producir una fruta de tamaño grande, con un peso que varía desde 150 g hasta 2 kg. Su forma también es variable, pero generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada, u obtusa a ambos extremos, de 4 a 25 cm. de largo y de 1.5 a 10 cm. de grosor. El color puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. La pulpa madura es de textura firme debido a la abundante cantidad de fibra fina. La semilla es pequeña y representa el 8% de la fruta (Schaffers et al., 1994).

Aparentemente es originario del noroeste de la India y del norte de Burma en las laderas del Himalaya y posiblemente también de Ceilán.

### **6.4. Polifenoles**

En la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos. Estos compuestos podemos denominarlos polifenoles. Se originan principalmente en las plantas, que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales. Otros participan en funciones de defensa ante situaciones de estrés y estímulos diversos (hídrico, luminoso, etc.). Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos. Los principales grupos de polifenoles son: ácidos fenólicos (derivados del ácido hidroxibenzoico o del ácido hidroxicinámico), estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides (Quiñones et al., 2012).

La biosíntesis de los polifenoles como producto del metabolismo secundario de las plantas tiene lugar a través de dos importantes rutas primarias: la ruta del ácido shiquímico y la ruta de los poliacetatos (Bravo, 1998). La ruta del ácido shiquímico proporciona la síntesis de los aminoácidos aromáticos (fenilalanina o tirosina), y la síntesis de los ácidos cinámicos y sus derivados (fenoles sencillos, ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos y derivados del fenilpropano). La ruta de los poliacetatos proporciona las quinonas y las xantonas. La ruta del ácido shiquímico es dependiente de la luz. Se inicia en los plastos por condensación de dos productos típicamente fotosintéticos, la eritrosa-4-fostato, procedente de la vía de las pentosas fosfato, y el fosfoenolpiruvato, originario de la glucólisis. Tras diversas modificaciones, se obtiene el ácido shiquímico, del que derivan directamente algunos fenoles. La vía del ácido shiquímico puede continuar con la adhesión de una segunda molécula de fosfoenolpiruvato, dando lugar a la fenilalanina, un aminoácido esencial propio del metabolismo primario de las plantas. La fenilalanina entra a formar parte del metabolismo secundario por acción de la enzima fenilalanina amonioliasa, que cataliza la eliminación de un grupo amonio, transformando la fenilalanina en el ácido trans-cinámico. Posteriormente, el ácido trans-cinámico se transforma en ácido r-cumárico por incorporación de un grupo hidroxilo a nivel del anillo aromático. La acción de una Coenzima A (CoA), la CoA-ligasa, transforma el ácido p-cumárico en p-cumaroilCoA, que es el precursor activo de la mayoría de los fenoles de origen vegetal. La ruta de los poliacetatos comienza a partir de una molécula inicial de acetilCoA, y a través de una serie de condensaciones se originan los poliacetatos. Por reducción de los poliacetatos se forman los ácidos grasos, y por ciclación posterior se forman una gran variedad de compuestos aromáticos, como las quinonas y otros metabolitos que se generan a través de rutas mixtas. Las rutas mixtas combinan precursores tanto de la vía del ácido shiquímico como de la ruta de los poliacetatos. Este es el caso de un importante grupo de moléculas biológicamente activas, denominadas genéricamente flavonoides (Quiñones et al., 2012).

#### **6.4.1. Actividad antioxidante**

Los antioxidantes son compuestos los cuales pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas impidiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres. Los antioxidantes se dividen en dos categorías principalmente que son: sintéticos y naturales. En general los antioxidantes sintéticos son compuestos de estructuras fenólicas con varios grados de sustitución alquímica, mientras que los antioxidantes naturales pueden ser: compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminas) o carotenoides así como el ácido ascórbico (Velioglu, 1998).

Los antioxidantes sintéticos como el BHA y BHT (Butil – hidroxianisol y Butil - hidroxitolueno) han sido utilizados como antioxidantes desde principios del siglo pasado. Sin embargo, se han impuesto medidas de precaución y se ha restringido su uso debido a su carcinogenicidad. Debido a esto, el interés por los antioxidantes naturales se ha incrementado considerablemente ya que la capacidad de actuar como antioxidante se ha demostrado en el laboratorio y mencionado en la literatura. Muchos antioxidantes naturales, en especial los flavonoides, muestran un amplio rango de efectos biológicos incluyendo funciones antibacteriales, antivirales, antiinflamatorias, antialérgicas, antitrombóticas y vasodilatadores. Una terapia antioxidante provee una alternativa barata para el tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, ya que se ha demostrado el efecto antioxidante de productos naturales provenientes de las plantas. La actividad antioxidante y su relación con la propiedad curativa de una gran cantidad de plantas medicinales han sido reportadas en diversas investigaciones (Pietta et al., 1998).

#### **6.4.1.1. DPPH (1,1- difenil- 2- picril- hidrazilo)**

Existe muchos métodos para medir la capacidad antioxidante de una especie o sustancia, un método muy usado se basa en la estabilidad del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) la cual se atribuye a la deslocalización del electrón desapareado, esta deslocalización también le otorga una coloración violeta caracterizada por una banda de absorción, en solución etanólica, centrada alrededor de 517 nm. Cuando una disolución de DPPH entra en contacto con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno o con otra especie radical (R) se produce la forma reducida DPPH-H o DPPH-R con la consecuente pérdida del color y por lo tanto la pérdida de la absorbancia (Molyneux, 2004).

#### **6.4.1.2. FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Power)**

Se basa en el poder que tiene una sustancia antioxidante para reducir el  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$  que es menos antioxidante. El complejo férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) incoloro es reducido al complejo ferroso coloreado. Se mide la absorbancia del  $Fe^{2+}$ . Así, cuanto más antioxidante es la sustancia objeto de estudio, mayor es la reducción y mayor la concentración de  $Fe^{2+}$  y más alta la señal de absorbancia. El complejo va a poder ser reducido por productos con potenciales redox menores a 0.7 V (potencial redox del  $Fe^{3+}$  -TPTZ). Debido a que el potencial redox del  $Fe^{3+}$ -TPTZ es comparable con el del ABTS se pueden analizar compuestos similares con ambos métodos, aunque las condiciones de la reacción sean distintas. El mecanismo del FRAP es de transferencia de electrones, a diferencia de otros métodos donde se produce captura de radicales libres, según esto, el FRAP puede ser útil, en combinación con otros métodos, en la determinación de la capacidad antioxidante de productos que contengan distintos tipos de antioxidantes (Agudo, 2002; Benzie & Strain, 1996).



## **7. Metodología**

### **7.1. Extracción de pectinas de harina de cáscara de mango**

Se hicieron pruebas experimentales para saber qué método de extracción de pectina de harina de cáscara de mango nos da una mejor eficiencia. El diseño utilizado fue factorial 2X3.

La extracción de pectina se realizó utilizando 100 mL de ácido cítrico 0.1N en dos relaciones líquido / sólido (20: 1 y 30: 1, v / p). La extracción acuosa se realizó a tres temperaturas (70, 80 y 90°C) y al tiempo de extracción fue de 90 min. Después de la extracción, la suspensión se centrifugó a 4500 rpm a 4°C durante 15 min. El sobrenadante se mezcló con el mismo volumen de etanol (96%) y se mantuvo a 4°C durante 12 h para favorecer la precipitación de las pectinas. Las pectinas fueron recuperadas utilizando un tamiz de 0.5 micras y se secaron en un horno a 50°C hasta peso constante. El rendimiento de pectina se calculó a partir de la siguiente ecuación (Ec. 1) (Prakash Maran, 2014):

$$YP (\%) = \frac{X}{X_0} \times 100 \quad (1)$$

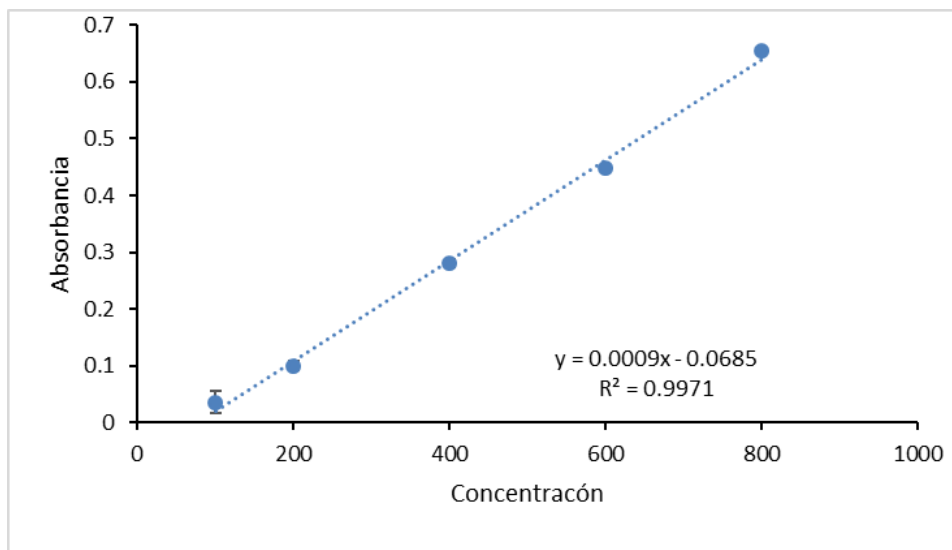
Donde X es la masa de pectina extraída y X<sub>0</sub> es la masa del polvo seco inicial.

### **7.2. Determinación de polifenoles totales por Folin-Ciocalteu**

Los polifenoles totales se determinaron por espectrofotometría, siguiendo la metodología propuesta por Vasco et al. (2008) con algunas modificaciones.

Se utilizó ácido gálico para realizar la curva de calibración. Se disolvieron 25 mg de ácido gálico en 25 mL de agua destilada, se hicieron concentraciones de 100, 200, 400, 600 y 800 mg (Figura 1). Se añadieron 20 µL de la solución estándar diluida y se mezcló con 250 µL de Folin- Ciocalteu. Se mezclaron las muestras por el vortex y se dejaron en reposo durante 8 minutos. A las muestras se les añadió 1250 µL de carbonato de sodio (7.5 %) y 480 µL de agua destilada y se mezclaron en vortex. Se dejaron reposar los viales en reacción durante 30 minutos. Se leyeron a 760 nm.

Las muestras fueron sometidas al mismo proceso para la cuantificación de los polifenoles totales.



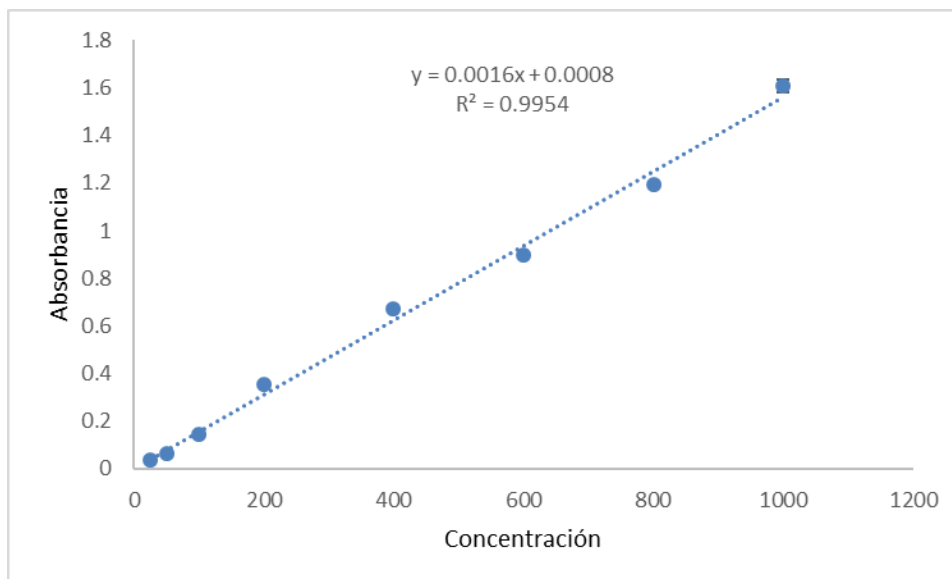
**Figura 1.** Curva de calibración para cuantificación de polifenoles

### 7.3. Actividad antioxidante

#### 7.3.1. FRAP, método de Benzie y Strain (1996) con algunas modificaciones.

Se preparó las siguientes soluciones: 1) buffer de acetato de sodio 300 mM con un pH de 3.6 (3.1 g de acetato de sodio  $\times$   $3H_2O$ , 16 mL de ácido acético concentrado y agua destilada); 2) solución de 2, 4, 6 – tripiridil – s – triazina (TPTZ) 10 mM en de HCl 40 mM; y 3) solución de  $FeCl_3 \times 6H_2O$  20 mM.

Para la solución de trabajo FRAP se mezcló 25 mL de la solución buffer de acetato, 2.5 mL de  $FeCl_3 \times 6H_2O$ , 2.5 mL de TPTZ, (la solución de trabajo FRAP, se prepara al momento de su utilización). Se deja reaccionar los extractos de la fruta (150  $\mu$ L) con 2850  $\mu$ L de solución FRAP durante 30 minutos en condiciones oscuras. Para la curva de calibración (Figura 2) se utiliza una solución acuosa de Trolox de concentración conocida, en un rango de 25 a 1000  $\mu$ M de Trolox. Para el blanco se utilizó 1.5 mL de reactivo FRAP.



**Figura 2.** Curva de calibración para actividad antioxidante FRAP

### 7.3.2. DPPH, método de Brand – Williams (1995) con algunas modificaciones

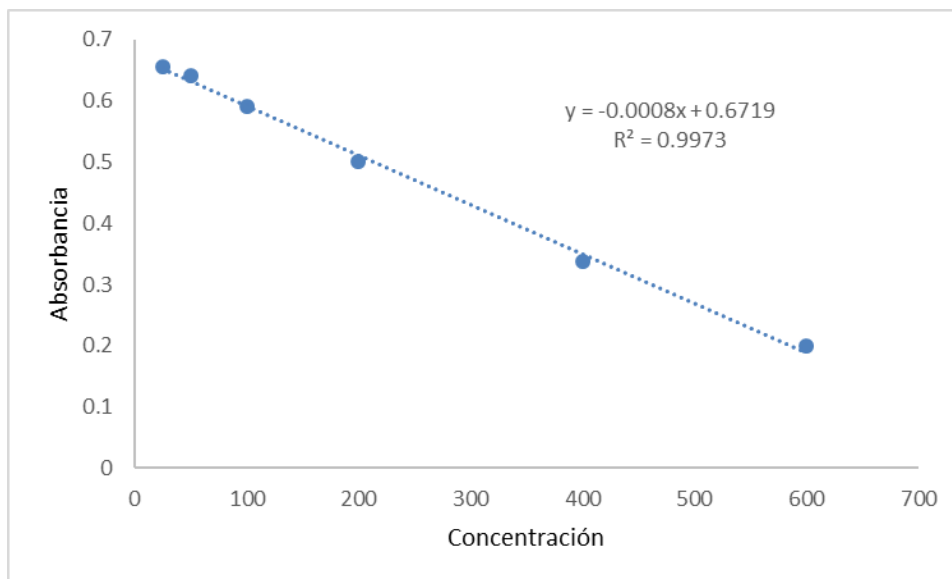
La solución madre se preparó disolviendo de 2 a 4 mg de DPPH con 100 mL de metanol, rompiendo el aforo hasta obtener una absorbancia de 0.7 a 0.8. Se dejó reaccionar los extractos de fruta (150  $\mu$ L) con 2850  $\mu$ L de solución DPPH por 30 minutos, en oscuridad. Se tomó la absorbancia a 515 nm. Para el blanco se utilizó metanol, para medir la absorbancia de DPPH y metanol con extracto de la fruta, para la absorbancia de los extractos. Se utilizó Trolox para la curva de calibración (Figura 3). El porcentaje de inhibición de la decoloración de DPPH. Se calculó utilizando la siguiente Ec. (2):

$$\% \text{ Inhibition} = \left[ \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$A_{\text{control}}$  es la absorbancia del control

$A_{\text{sample}}$  es la absorbancia del extracto



**Figura 3.** Curva de calibración para actividad antioxidante DPPH.

#### 7.4. Taninos

El contenido de taninos totales se determinó por espectrofotometría, siguiendo la metodología propuesta por Velasco et al. (2008) con algunas modificaciones. Se utilizó ácido tánico para realizar la curva de calibración.

Para la curva de calibración, se disolvieron 25 mg de ácido tánico en 25 mL de agua destilada, se obtuvo una dilución 1:10 (0.1 mg/mL) de la cual se diluyó a 2, 4, 6, 8 y 10 µg, siguiendo el método de polifenoles totales con Folin-Ciocalteu.

Para la cuantificación de taninos totales, se pesaron 100 mg de PVPP y se adicionaron a 1 ml de agua destilada, después se adicionó 1 ml de extracto de polifenoles. Se mezclaron en vortex y se mantuvo la muestra a 4°C durante 15 minutos, se volvió a agitar en vortex y se centrifugó a 4500 rpm durante 15 minutos. Se recoge el sobrenadante (este sobrenadante tiene compuestos fenólicos simples distintos de taninos, los taninos se habrían precipitado con el PVPP). Se cuantificó el contenido fenólico del sobrenadante como se ha mencionado anteriormente.

#### 7.5. Microencapsulación en secado por aspersión

Para el secado por aspersión se utilizó un sistema de encapsulación: goma arábica/pectina/polifenoles, a 10, 0.2% y 500 ppm respectivamente.

Para los sistemas de encapsulación se diluyó 20% de goma arábica en 100 mL de agua destilada, posteriormente se adicionaron 500 ppm de polifenoles, se homogenizó con un ultraturrax durante un minuto a 12,000 rpm, seguidamente se adicionó 100 mL de pectina al 0.4%, se homogeneizó en el ultraturrax durante cuatro

minutos a 12,000 rpm, para así obtener la suspensión final. Las condiciones de secado fueron 160°C a la entrada, 80°C a la salida y un flujo de 20 mL/min.

### 7.5.1. Lavado de cápsulas

Se agregó 1 g de cápsulas a 5 mL de etanol al 96%, se mantuvo en agitación constante durante 10 minutos. Se centrifugó durante 15 minutos a 4500 rpm y 4°C, se recuperó el sobrenadante y se pusieron a secar las capsulas a 50°C. Al sobrenadante se le cuantificó polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.

### 7.5.2. Liberación de polifenoles

Se agregó 1 g de cápsulas lavadas a 5 mL de agua destilada, se agitó en vortex hasta que las cápsulas quedaran completamente disueltas, se centrifugaron las muestras durante 20 minutos a 4500 rpm y 4°C, se recuperó el sobrenadante, al cual se le cuantificó polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y actividad antioxidante por el método de FRAP.

## 8. Resultados

### 8.1. Extracción de pectinas

Se hicieron pruebas para la extracción de pectinas de cáscaras de mango, utilizando diferentes condiciones de extracción. Se obtuvo una cantidad de pectina significativa (Tabla 1).

**Tabla 1. Condiciones de extracción de pectina de cáscara de mango**

Relación solvente-soluto	Temperatura (°C)	Pectina (g)
1:20	70	0.4608 ± 0.012
	80	0.5163 ± 0.016
	90	0.5971 ± 0.031
1:30	70	0.3352 ± 0.006
	80	0.3634 ± 0.017
	90	0.3619 ± 0.018

El análisis estadístico (ANOVA,  $p < 0.05$ ) arrojó como resultado que la relación harina-soluto y la temperatura influyen en el rendimiento de pectina extraída (Tabla 2).

**Tabla 2. Análisis de Varianza para Pectina – Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
<b>A: Relación harina-soluto</b>	0.131961	1	0.131961	131.18	<b>0.0000</b>
<b>B: Temperatura</b>	0.0199479	2	0.00997395	9.91	<b>0.0021</b>
RESIDUOS	0.0140834	14	0.00100596		

TOTAL (CORREGIDO)	0.165992	17			
-------------------	----------	----	--	--	--

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En cuanto al efecto de la temperatura, se puede observar que los mayores rendimientos se obtuvieron con 80 y 90°C, optando por la de 80°C como más factible ya que nos da la eficiencia deseada y con un ahorro de energía (Tabla 3 y Figura 4). En cuanto al efecto de la relación de harina-soluto, se obtuvo un mayor rendimiento de pectina con la relación 1:20 obtenemos que con la relación 1:30. (Tabla 4 y Figura 5).

**Tabla 3. Pruebas de Múltiple Rangos para Pectina por Temperatura**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
70	6	0.398	0.0129483	X
80	6	0.439867	0.0129483	XX
90	6	0.479533	0.0129483	X

Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
70 - 80	.	-0.0418667	0.0481107
70 - 90	*	<b>-0.0815333</b>	0.0481107
80 - 90		-0.0396667	0.0481107

\* indica una diferencia significativa.

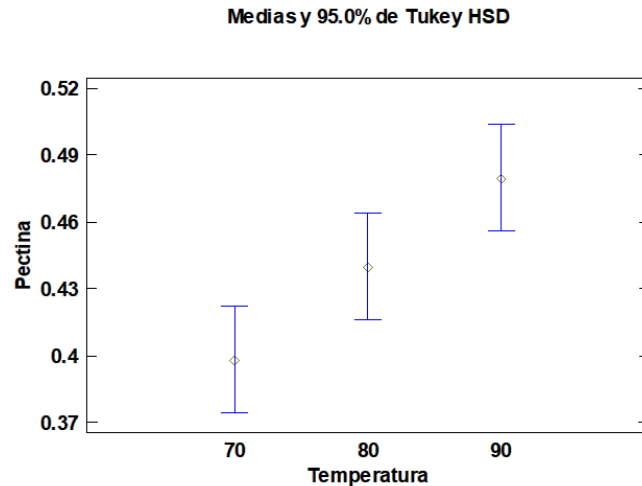
**Tabla 4. Pruebas de Múltiple Rangos para Pectina por Relación harina-soluto**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

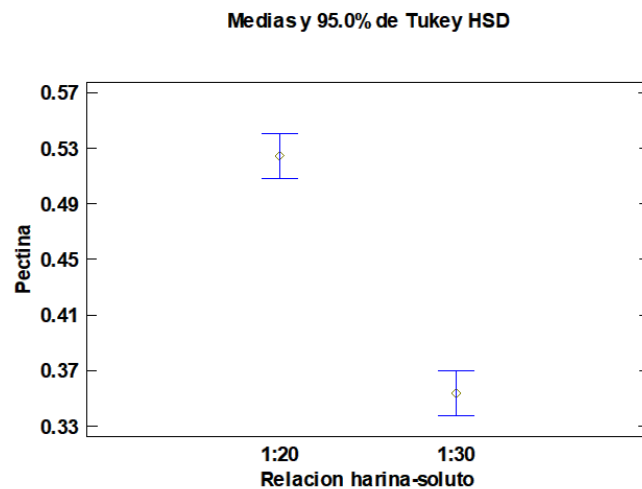
Relación harina-soluto	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1:30	9	0.353511	0.0105723	X
1:20	9	0.524756	0.0105723	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1:20 - 1:30	*	<b>0.171244</b>	0.0320677

\* indica una diferencia significativa.



**Figura 4.** Efecto de la temperatura en la extracción de pectinas a partir de harinas de cáscaras de mango.



**Figura 5.** Efecto de la relación solvente- soluto para la extracción de pectinas a partir de harinas de cáscara de mango.

## 8.2. Fenoles totales

El análisis estadístico arrojó ( $p < 0.05$ ) que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos utilizados (Tabla 5 y Tabla 6). De acuerdo con las pruebas de múltiples rangos, las condiciones de extracción de polifenoles durante 120 minutos a  $60^\circ$  se obtuvo la mayor cantidad de polifenoles (Tabla 7, Figura 6 y Figura 7).

**Tabla 5. Análisis de Varianza para polifenoles - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: temperatura	7.06214E7	1	7.06214E7	145.41	0.0000
B: tiempo	2.55148E6	1	2.55148E6	5.25	0.0272
C: tipo de mango	9.52103E6	1	9.52103E6	19.60	0.0001
INTERACCIONES					
AB	4979.54	1	4979.54	0.01	0.9199
AC	297325.	1	297325.	0.61	0.4386
BC	2.82133E7	1	2.82133E7	58.09	0.0000
ABC	2.57202E6	1	2.57202E6	5.30	0.0267
RESIDUOS	1.94262E7	40	485654.		
TOTAL (CORREGIDO)	1.33208E8	47			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

También se observa que el mango Ataulfo tiene mayor contenido de polifenoles que el mango petacón (Tabla 8).

**Tabla 6. Pruebas de Múltiple Rangos para polifenoles por temperatura**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
40	24	5918.52	142.252	X
60	24	8344.44	142.252	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
40 - 60	*	-2425.93	406.59

\* indica una diferencia significativa.



**Tabla 7. Pruebas de Múltiple Rangos para polifenoles por tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	24	6900.93	142.252	X
120	24	7362.04	142.252	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60 - 120	*	-461.111	406.59

\* indica una diferencia significativa.

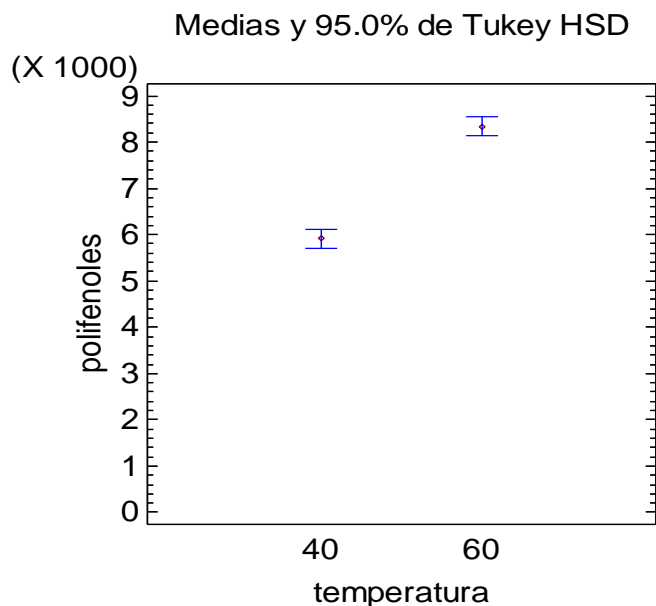
**Tabla 8. Pruebas de Múltiple Rangos para polifenoles por tipo de mango**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

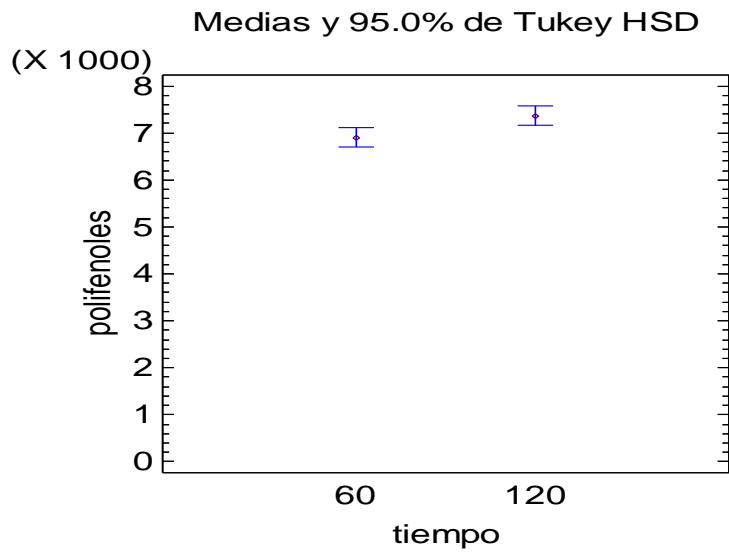
Tipo de mango	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
petacon	24	6686.11	142.252	X
ataulfo	24	7576.85	142.252	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
ataulfo - petacon	*	890.741	406.59

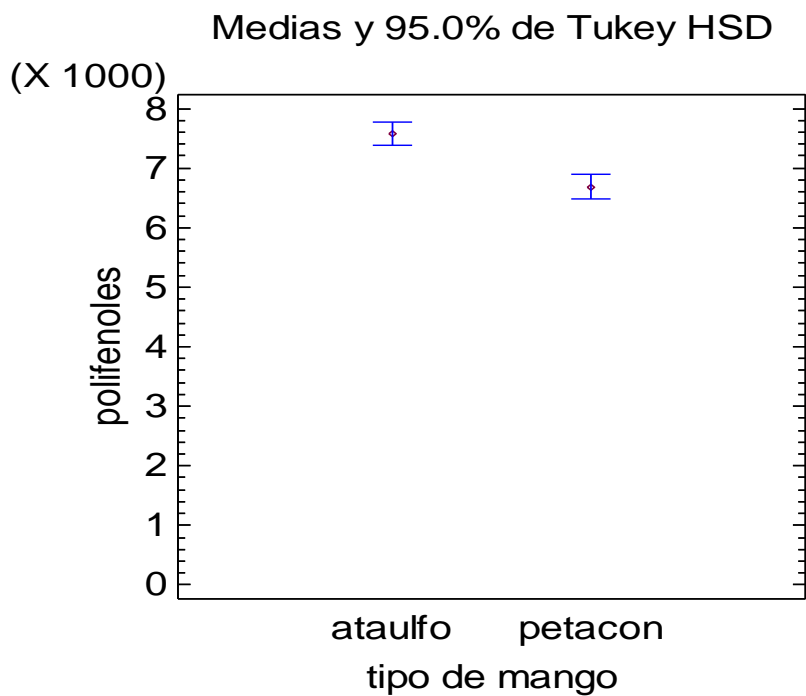
\* indica una diferencia significativa.



**Figura 6.** Efecto de la temperatura en la extracción de polifenoles de endospermos de mango.



**Figura 7.** Efecto del tiempo en la extracción de polifenoles de endospermos de semilla de mango.



**Figura 8.** Efecto del tipo de mango en la extracción de polifenoles a partir de endospermos.

### 8.3. Actividad antioxidante

#### 8.3.1. DPPH

El análisis estadístico arrojó ( $p < 0.05$ ) que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos utilizados (Tabla 9). De acuerdo con las pruebas de múltiples rangos, en la extracción de polifenoles durante 60 minutos, se obtuvo la mayor cantidad de actividad antioxidante DPPH (Tabla 11, Figura 10).

**Tabla 9. Análisis de Varianza para IC50 - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	0.0217941	1	0.0217941	0.30	0.5879
B: Tiempo	0.308141	1	0.308141	4.22	0.0465
C: Tipo de mango	0.618241	1	0.618241	8.47	0.0059
INTERACCIONES					
AB	0.0824902	1	0.0824902	1.13	0.2942
AC	0.560812	1	0.560812	7.68	0.0084
BC	0.0315269	1	0.0315269	0.43	0.5149
ABC	0.123459	1	0.123459	1.69	0.2009
RESIDUOS	2.92057	40	0.0730143		
TOTAL (CORREGIDO)	4.66704	47			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

También se observa que el mango ataulfo posee mayor actividad antioxidante DPPH que el mango petacón (tabla 12, figura 11).

**Tabla 10. Pruebas de Múltiple Rangos para IC50 por Temperatura**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
60	24	2.19295	0.055156 7	X
40	24	2.23557	0.055156 7	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
40 - 60		0.0426166	0.157651

\* indica una diferencia significativa.

**Tabla 11. Pruebas de Múltiple Rangos para IC50 por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
120	24	2.13414	0.0551567	X
60	24	2.29438	0.0551567	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60 - 120	*	0.160245	0.157651

\* indica una diferencia significativa.

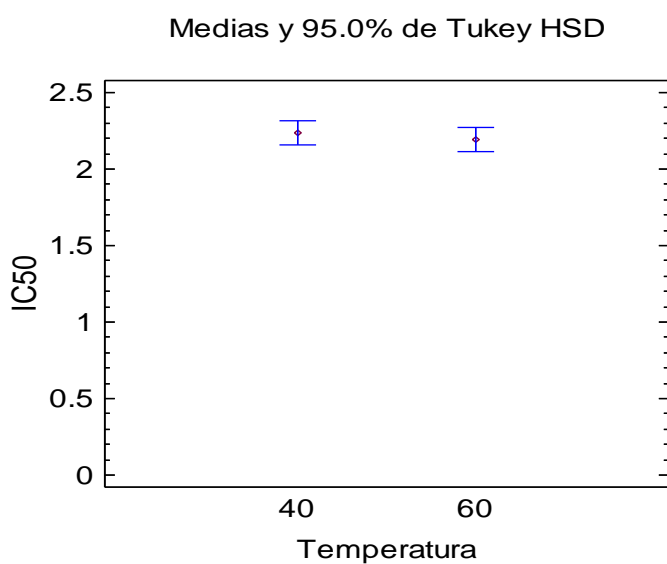
**Tabla 12. Pruebas de Múltiple Rangos para IC50 por Tipo de mango**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

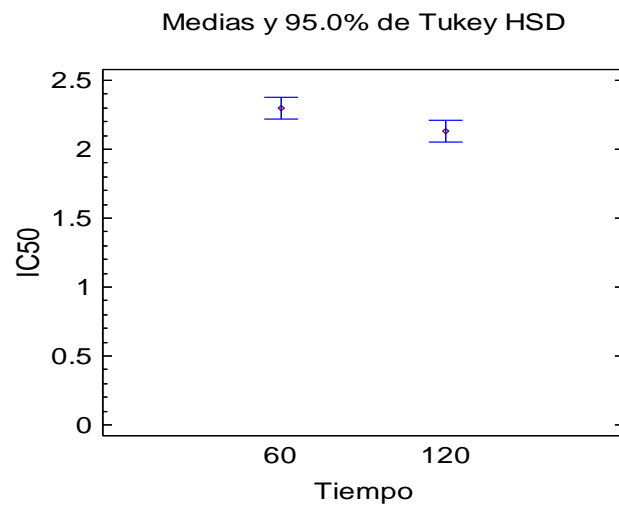
Tipo de mango	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Petacón	24	2.10077	0.0551567	X
Ataulfo	24	2.32775	0.0551567	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ataulfo - Petacón	*	0.22698	0.157651

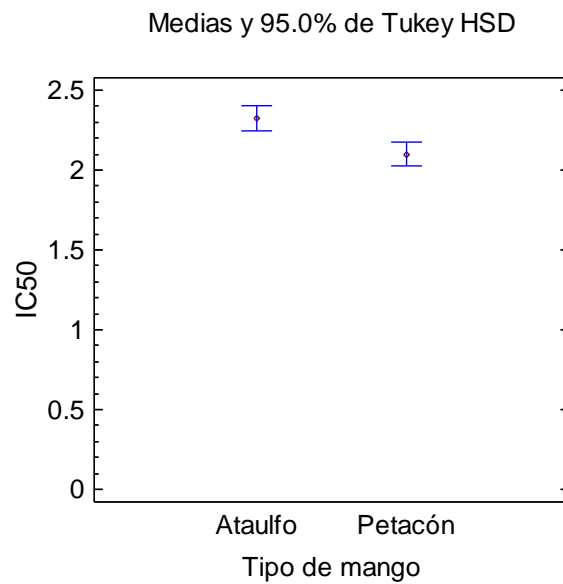
\* indica una diferencia significativa.



**Figura 9.** Efecto de la temperatura en la actividad antioxidante DPPH, de polifenoles de endospermos de semilla de mango.



**Figura 10.** Efecto del tiempo en la actividad antioxidante DPPD, en polifenoles de endospermos de semilla de mango.



**Figura 11.** Efecto del tipo de mango en la actividad antioxidante DPPH, en polifenoles de endospermos.

### 8.3.2. FRAP

El análisis estadístico arrojó ( $p < 0.05$ ) que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos utilizados (Tabla 13). De acuerdo con las pruebas de múltiples rangos, en la extracción de polifenoles durante 60 minutos a 60 °C, se obtuvo la mayor cantidad de actividad antioxidante FRAP (Tabla 14, tabla 15).

**Tabla 13. Análisis de Varianza para Actividad antioxidante - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	700833.	1	700833.	174.78	0.0000
B: Tiempo	73437.6	1	73437.6	18.31	0.0001
C: Tipo de mango	742.22	1	742.22	0.19	0.6693
INTERACCIONES					
AB	84483.1	1	84483.1	21.07	0.0000
AC	28154.3	1	28154.3	7.02	0.0115
BC	1031.38	1	1031.38	0.26	0.6148
ABC	5824.51	1	5824.51	1.45	0.2352
RESIDUOS	160391.	40	4009.77		
TOTAL (CORREGIDO)	1.0549E6	47			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 14. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad antioxidante por Temperatura**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
40	24	353.495	12.9257	X
60	24	595.161	12.9257	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
40 - 60	*	-241.667	36.9447

\* indica una diferencia significativa.

**Tabla 15. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad antioxidante por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	24	435.214	12.9257	X
120	24	513.443	12.9257	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60 - 120	*	-78.2292	36.9447

\* indica una diferencia significativa.

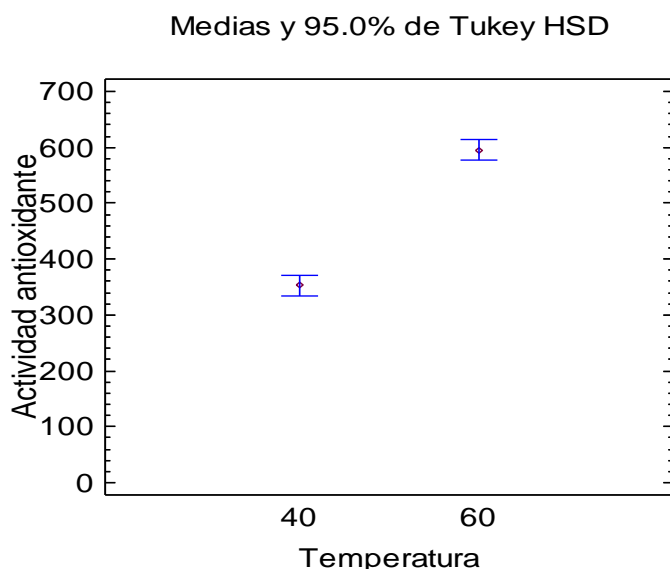
**Tabla 16. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad antioxidante por Tipo de mango**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

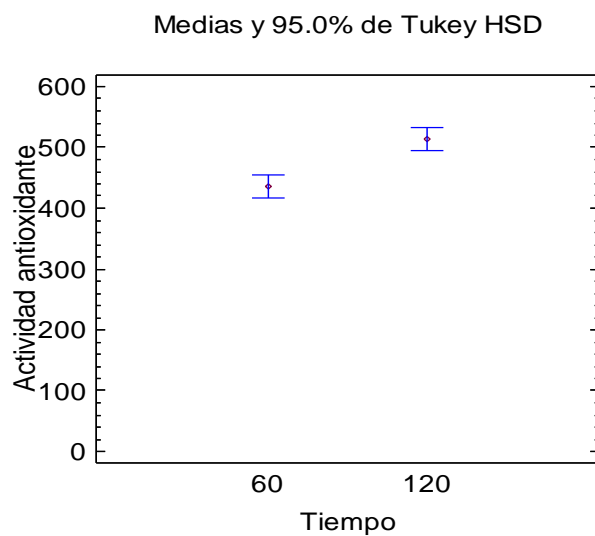
Tipo de mango	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Ataulfo	24	470.396	12.9257	X
Petacón	24	478.26	12.9257	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ataulfo - Petacón		-7.86458	36.9447

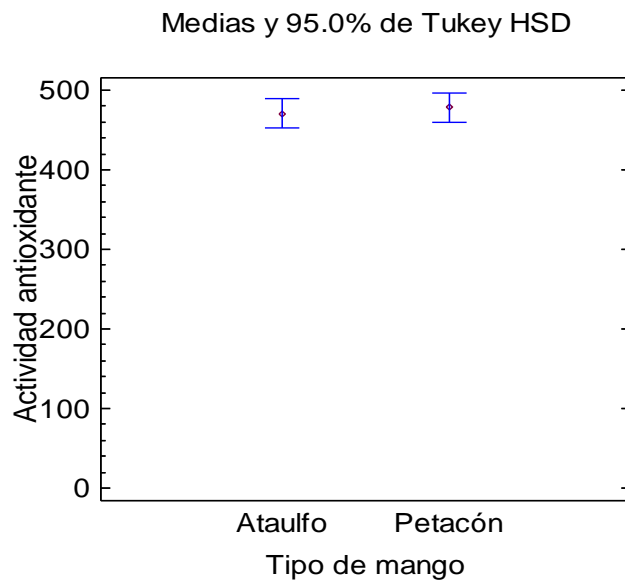
\* indica una diferencia significativa.



**Figura 12.** Efecto de la temperatura en la actividad antioxidante FRAP, en polifenoles de endospermos de semilla de mango.



**Figura 13.** Efecto del tiempo en la actividad antioxidante FRAP, en polifenoles de endospermos de semilla de mango.



**Figura 14.** Efecto del tipo de mango en la actividad antioxidante FRAP, en polifenoles de endospermos.



#### 8.4. Taninos

El análisis estadístico arrojó ( $p < 0.05$ ) que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos utilizados (Tabla 17). De acuerdo con las pruebas de múltiples rangos, en la extracción de polifenoles a una temperatura 60 °C, se obtuvo la mayor cantidad de taninos (Tabla 19, figura 15).

**Tabla 17. Análisis de Varianza para Taninos - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	2.45768E7	1	2.45768E7	29.61	0.0006
B: Tiempo	443132.	1	443132.	0.53	0.4858
C: Tipo de mango	8668.74	1	8668.74	0.01	0.9211
INTERACCIONES					
AB	1.7163E6	1	1.7163E6	2.07	0.1884
AC	826584.	1	826584.	1.00	0.3475
BC	929033.	1	929033.	1.12	0.3210
ABC	596990.	1	596990.	0.72	0.4210
RESIDUOS	6.64025E6	8	830032.		
TOTAL (CORREGIDO)	3.57378E7	15			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

También notamos que el tiempo de extracción de polifenoles no afecta en la cantidad de taninos obtenidos en los diferentes tratamientos (tabla 18).

**Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos para Taninos por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	8	6571.74	322.109	X
120	8	6904.58	322.109	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60 – 120		-332.841	1050.46

\* indica una diferencia significativa.

**Tabla 19. Pruebas de Múltiple Rangos para Taninos por Temperatura**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
40	8	5498.79	322.109	X
60	8	7977.54	322.109	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
40 – 60	*	-2478.75	1050.46

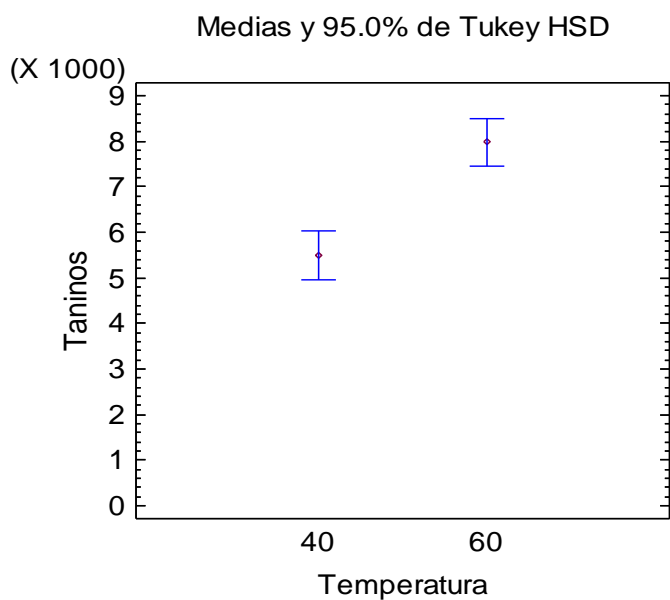
\* indica una diferencia significativa.

**Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para Taninos por Tipo de mango**  
 Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

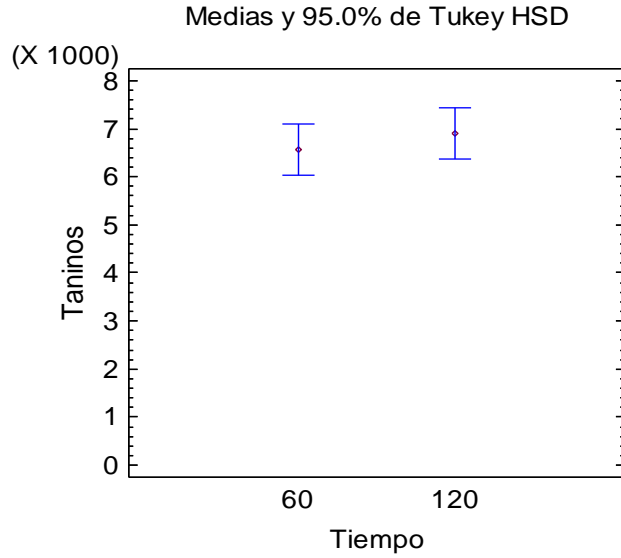
<i>Tipo de mango</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
petacón	8	6714.89	322.109	X
ataulfo	8	6761.44	322.109	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
ataulfo – petacón		46.553	1050.46

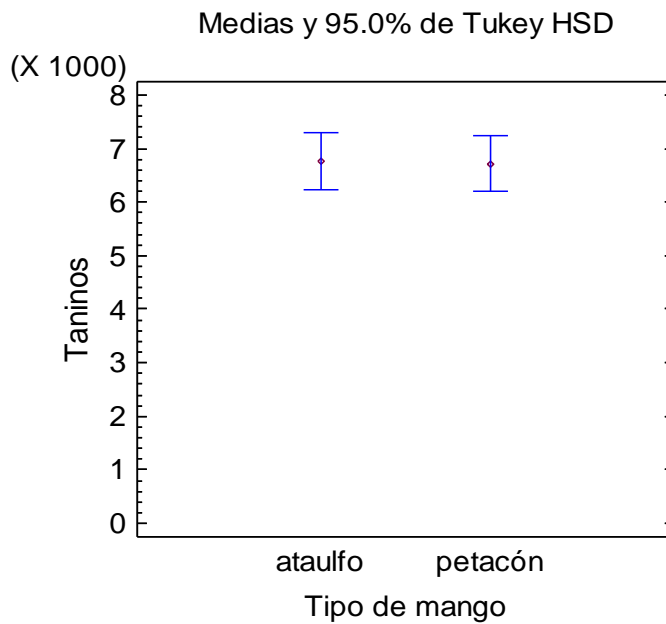
\* indica una diferencia significativa.



**Figura 15.** Efecto de la temperatura en la cantidad de taninos obtenidos en la extracción de polifenoles del endospermo de la semilla de mango.



**Figura 16.** Efecto del tiempo en la cantidad de taninos obtenidos en la extracción de polifenoles del endospermo de la semilla de mango.



**Figura 17.** Efecto del tipo de mango en la cantidad de taninos obtenidos en la extracción de polifenoles del endospermo de la semilla de mango.

## 8.5. Encapsulados

### 8.5.1. Polifenoles totales

El análisis estadístico arrojó ( $p < 0.05$ ) que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos utilizados (Tabla 21). De acuerdo con las pruebas de múltiples rangos, en la encapsulación de polifenoles extraídos en un tiempo de 60 minutos y utilizando pectina de mango como agente encapsulante, se obtuvo la mayor cantidad de polifenoles encapsulados (Tabla 22 y 23, figura 18 y 19).

**Tabla 21. Análisis de Varianza para Polifenoles - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo	196516.	1	196516.	6.53	0.0173
B: Tratamiento	4.53612E6	3	1.51204E6	50.27	0.0000
INTERACCIONES					
AB	136531.	3	45510.4	1.51	0.2365
RESIDUOS	721834.	24	30076.4		
TOTAL (CORREGIDO)	5.591E6	31			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 22. Pruebas de Múltiple Rangos para Polifenoles por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
120	16	1345.77	43.3564	X
60	16	1502.5	43.3564	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
60 - 120	*	156.731	126.549

\* indica una diferencia significativa.

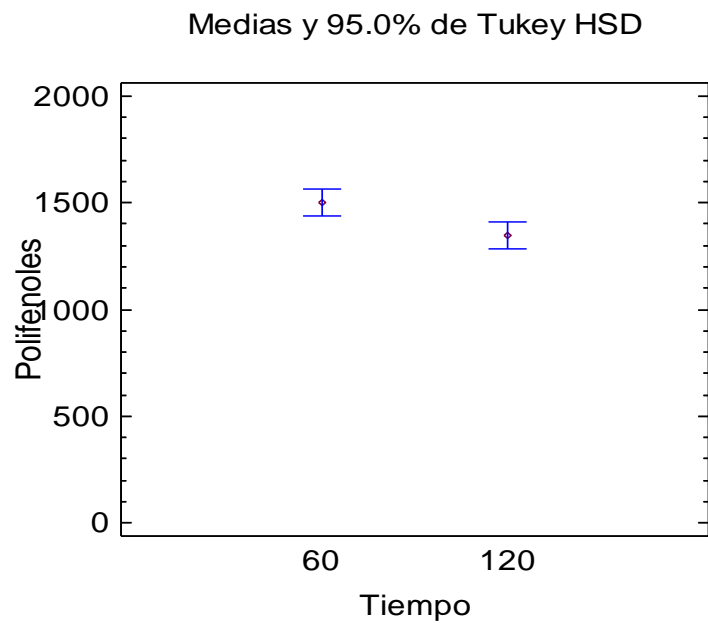
**Tabla 23. Pruebas de Múltiple Rangos para Polifenoles por Tratamiento**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

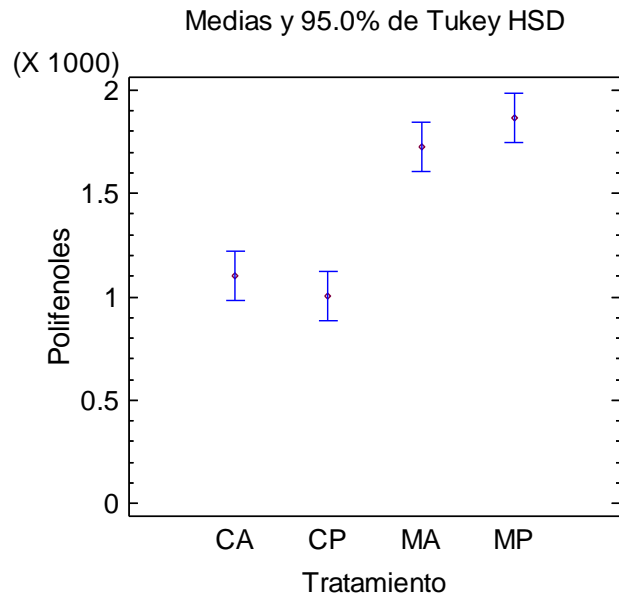
<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
CP	8	1005.38	61.3152	X
CA	8	1099.62	61.3152	X
MA	8	1724.62	61.3152	X
MP	8	1866.92	61.3152	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CA - CP		94.2308	239.268
CA - MA	*	-625.0	239.268
CA - MP	*	-767.308	239.268
CP - MA	*	-719.231	239.268
CP - MP	*	-861.538	239.268
MA - MP		-142.308	239.268

\* indica una diferencia significativa.



**Figura 18.** Efecto del tiempo de extracción de polifenoles en la encapsulación por secado por aspersión.



**Figura 19.** Efecto del tipo de tratamiento para la encapsulación de polifenoles.

### 8.5.2. Actividad antioxidante (FRAP)

El análisis estadístico arrojó ( $p < 0.05$ ) que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos utilizados (Tabla 24). De acuerdo con las pruebas de múltiples rangos, utilizando pectina de mango como agente encapsulante, se obtuvo mayor actividad antioxidante FRAP (Tabla 26, figura 21).

**Tabla 24. Análisis de Varianza para Actividad antioxidante - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo	217.883	1	217.883	1.48	0.2361
B: Tratamiento	5193.34	3	1731.11	11.73	0.0001
INTERACCIONES					
AB	1216.4	3	405.466	2.75	0.0649
RESIDUOS	3540.56	24	147.523		
TOTAL (CORREGIDO)	10168.2	31			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla 25. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad antioxidante por Tiempo**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	16	69.0375	3.03648	X
120	16	74.2562	3.03648	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
60 - 120		-5.21875	8.86288

\* indica una diferencia significativa.

**Tabla 26. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad antioxidante por Tratamiento**

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CP	8	57.475	4.29423	X
CA	8	60.975	4.29423	X
MP	8	80.475	4.29423	X
MA	8	87.6625	4.29423	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CA - CP		3.5	16.7572
CA - MA	*	-26.6875	16.7572
CA - MP	*	-19.5	16.7572
CP - MA	*	-30.1875	16.7572
CP - MP	*	-23.0	16.7572
MA - MP		7.1875	16.7572

\* indica una diferencia significativa.

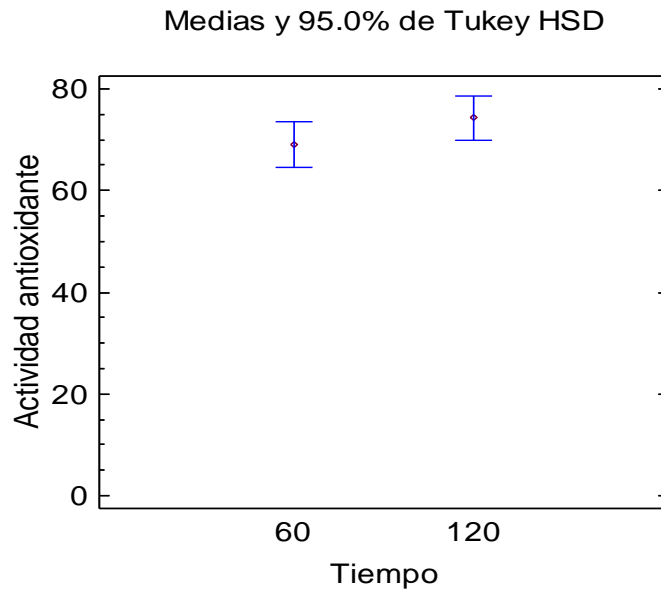
Dónde:

CA es pectina de cacao con polifenoles de mango Ataulfo

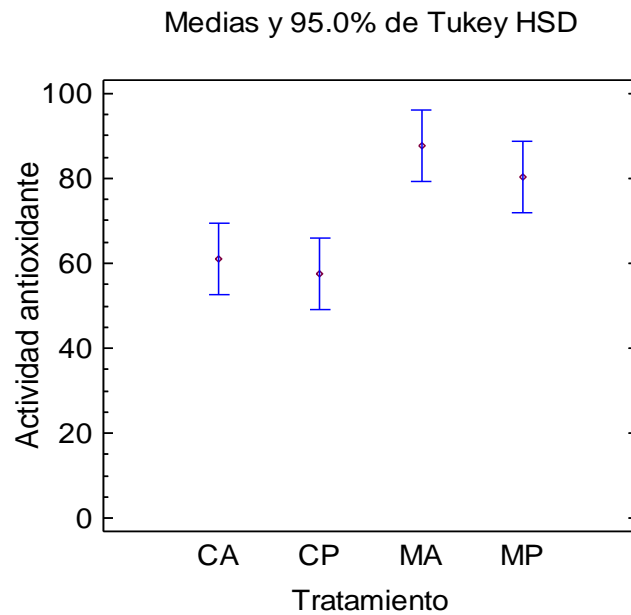
CP es pectina de cacao con polifenoles de mango Petacón

MA es pectina de mango con polifenoles de mango Ataulfo

MP es pectina de mango con polifenoles de mango Petacón



**Figura 20.** Efecto del tiempo de extracción de polifenoles, en la actividad antioxidante de los tratamientos encapsulados.



**Figura 21.** Efecto de la pectina de mango y cacao en los encapsulados de polifenoles.



## 9. Conclusiones

Para la extracción de pectinas, las condiciones favorables fueron a 80°C y una relación 1:20 harina/soluto, la cual fue de  $0.5163 \pm 0.016$  g de pectina.

El mejor tratamiento para la cuantificación de polifenoles se vio favorecido a 60°C por 120 minutos. Pero el método con el cual se cuantificó mayor actividad antioxidante DPPH fue a 60 minutos, sin que la temperatura tuviera un efecto significativo. El mango Ataulfo tuvo mayor actividad antioxidante a comparación del mango Petacón. En el método de FRAP, las mejores condiciones fueron a 60° C y 120 minutos, en la variedad de mango no hubo diferencia significativa de actividad antioxidante.

Los polifenoles extraídos del endospermo de la semilla del mango tuvieron mayor cantidad de taninos a una temperatura de 60°C, el tiempo de extracción no influyó en la cantidad de taninos cuantificados y no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de mango utilizados.

Los extractos de polifenoles encapsulados que tuvieron mayor cantidad de actividad antioxidante fueron los que se extrajeron en 120 minutos y con pectina de mango como agente encapsulante. La pectina de mango tuvo mayor rendimiento de encapsulación a comparación de la pectina de cacao, siendo la pectina de mango la más adecuada para encapsular los polifenoles.

## BIBLIOGRAFÍA

Agudo, L. (2002). Técnicas para la determinación de compuestos antioxidante en alimentos. Autodidacta, 27-34.

Atlas agroalimentario (2018), GIAP - SAGARPA

Benzie, I.F., & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «antioxidant power»: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-6. <http://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr Rev* 1998; 56: 317-333.

Cardona F., Andres-Lacueva C., Tulipani S., Tinahones F.J., Queipo-Ortuno M.I.: “Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health”, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24 (8) (2013), pp. 1415-1422.

Del Rio D., Rodriguez-Mateos A., Spencer J.P., Tognolini M., Borges G., Crozier A.: “Dietary (poly) phenolics in human health: Structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases”, *Antioxidants & Redox Signaling*, 18 (14) (2013), pp. 1818-1892.

Engels C.; Knodler M.; Zhao Y.; Carle R.; Ganzle M.; Schieber A. 2009. Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57(17): 7712–7718.

Filho, C., Filho, J., Junior, A., Freitas, R., Souza, R. & Nunes, J. 2006. Qualidade da silagem de residuo de manga com diferentes aditivos. *Ciencia e Agrotecnología (Lavras)* 3:1537

Flutto L. (2003): “PECTIN | Food Use”, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, 2003.

Forester S.C., Waterhouse A.L.: “Metabolites are key to understanding health effects of wine polyphenolics”, *Journal of Nutrition*, 139 (9) (2009), pp. 1824s-1831s.

Hervert-Hernández D., Goñi I.: “Dietary polyphenols and human gut microbiota: A review”, *Food Reviews International*, 27 (2) (2011), pp. 154-169.

Huang W.Y., Davidge S.T., Wu J.: “Bioactive natural constituents from food sources-potential use in hypertension prevention and treatment”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53 (6) (2013), pp. 615-630.

Infante F., Quilantán J., Rocha F., Esquinca H., Castillo A., Ibarra Núñez G., y Palacio V.: "Mango ataulfo: Orgullo Chiapaneco". CONABIO. Biodiveristas (2011), 96:1-5.

Jahurul M.H.A, Zaidul I.S.M, Kashif G., Fahad Y., Al-Juhaimi, Kar-Lin Nyam N.A.N, Sahena F., Mohd Omar A.K.: "Mango (*Mangifera indica* L.) By-products and their valuable components: a review", *Food Chem.*, 183 (2015), pp. 173-180.

Naumovski N., Bioactive composition of plants and plant foods, Scarlett C.J., V. Q.V. (Eds.): "Plant bioactive compounds for pancreatic cancer prevention and treatment, Nova Science Publishers", New York (2015), pp. 81-116.

Nwanekezi, E.; Alawuba, O y C. Mkpolulu: "Characterization of pectic substances from select tropical fruits". *J. Sci. Technol.* 31, 1994.

Molyneux P., "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity", *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, Vol. 26 No. 2, 2004, 211-219.

Prakash Maran J., Sivakumar V., Thirugnanasambandham K., Sridhar R.: "Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds", *Carbohydrate Polymers*, 101 (1) (2014), pp. 786-791.

Quiñones M., Miguel M., Aleixandre A.: "Polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular", *Nutr Hosp.* (2012); 27(1):76-89

Quiñones M., Miguel M., Aleixandre A.: "Beneficial effects of polyphenols on cardiovascular disease", *Pharmacological Research*, 68 (1) (2013), pp. 125-131.

Rodríguez Villanueva S.J., Campos M., Fernández O., Estarrón Espinoza M., Pérez Martínez F.J., Ramírez Romo E., Alvarado Ozuna C., Ramírez E.L., Villegas E., Ursua E., Suárez A., García J.A., Guatemala G.M., Arriola E., Virgen L., Medina E.A., Larios I., Padilla M.C., Martín S.T., (2016), "Introducción a la tecnología del mango", Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Consultado en: <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/388>

Pietta P., Simonetti P., Mauri P., "Antioxidant Activity of selected medicinal Plants" (1998).

Schaffer, B; Whiley, A.W. and Crane, J.H. (1994) Mango. In: Schaffer, B. and Andersen, P.C. (eds) *Handbook of environmental Physiology of fruit crops*, vol.2, Subtropical and tropical crops. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 165-197.

Sogi D.S., Siddiq M., Greibyl., Dolan K.D.: "Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods", *Food Chem.*, 141 (2013), pp. 2649-2655.

Smith D.A. (2003): "JAMS AND PRESERVES | Methods of Manufacture", *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*.

Sudhakar, D.V.; Maini, S.B. 2000. Isolation and characterization of mango peel pectins. *Journal of Food Process Preservation* 24: 209-227.

Vasco, C., Ruales, J., & Karmal, A. (2008): "Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador", *Food Chem.* 111, 816-823.

Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L. y Oomah B.D.: "Actividad Antioxidante y Fenoles totales y frutas selectas, vegetales y productos de grano" *Journal Agric Food Chem.* 1998.

Willats, W. G. T.; Knox, I. P. y M. J. Dalgaard: "Pectin: new insights into and old polymer are starting to gel". *J.Sci. Technol.* 17, 2006.

Yáñez Fernández J., Salazar-Montoya JA, Chaires Martínez L, Jiménez Hernández J, Márquez Robles M y Ramos Ramírez EG. (2002): "Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación", *Avance y Perspectiva* 21:313-19.