

Ciudad Obregón, Sonora, a 27 de Febrero de 2012.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe: PEDRO LUIS CHÁVEZ ÁLVAREZ, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada:

**“Evaluación antioxidante y antimicrobiana en extractos de residuos de aguacate.”**

En lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrollé para obtener el grado de: Maestro en Ciencias en Recursos Naturales, en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

Pedro Luis Chávez Álvarez  
(Nombre y firma del autor)

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**



**ITSON**

Educar para  
Trascender

**EVALUACIÓN ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA EN  
EXTRACTOS DE RESIDUOS DE AGUACATE.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:  
PEDRO LUIS CHÁVEZ ÁLVAREZ**

**CD. OBREGÓN, SONORA; NOVIEMBRE DEL 2011.**

## CRÉDITOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Centro de Investigación e Innovación en Biotecnología, Agropecuaria y Ambiental (CIIBAA) y el Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias del Instituto Tecnológico de Sonora bajo la dirección del Dr. Saul Ruiz Cruz, miembro del Cuerpo Académico de Biotecnología y Ciencias Agroalimentarias.

El trabajo se desarrolló como parte del proyecto **ITSON-PTC-056 “*Impacto del uso de aceite esencial de orégano, sanitizantes y recubrimientos comestibles en la calidad sensorial, microbiológica y nutrimental de vegetales frescos cortados*”** de **PROMEP**, a quien se le agradece el apoyo económico brindado para la realización de dicho proyecto.

## APROBACIÓN

El presente informe de investigación de la TESIS: “**Evaluación antioxidante y antimicrobiana en extractos de residuos de aguacate**” fue revisado y aprobado por los miembros del Comité de tesis, encontrando el trabajo satisfactorio como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales de Pedro Luis Chávez Álvarez.

### REGISTRO Y SEGUIMIENTO DE TESIS

Alumno: PEDRO LUIS CHÁVEZ ÁLVAREZ  
Matrícula: 00000007981  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES

#### 1.- TEMA DE TESIS: “Evaluación antioxidante y antimicrobiana de extractos de residuos de aguacate”.

Asesor: DR. SAUL RUIZ CRUZ

Fecha aprobación: 09-11-11

DR. JOSÉ DE JESÚS BALDERAS CORTÉS  
Jefe del Departamento de Biotecnología y  
Ciencias Alimentarias

DR. LUCIANO CASTRO ESPINOZA  
Director del Área de Recursos Naturales

#### 2.- BORRADOR DE TESIS

a) Visto bueno del asesor de tesis:

DR. SAUL RUIZ CRUZ  
Nombre (ASESOR)

Firma

28-10-11

Fecha

b) Recibí tres ejemplares del borrador de tesis:

DR. JOSÉ DE JESÚS BALDERAS CORTÉS  
Jefe del Departamento de Biotecnología y  
Ciencias Alimentarias

Fecha

15/ noviembre/ 2011

#### 3.- JUNTA DE REVISIÓN

Lugar \_\_\_\_\_ Fecha 10-11-11  
Dictámen Aprobado para defensa  
Comité revisor de Tesis:

DR. SAUL RUIZ CRUZ  
Nombre (ASESOR)

Firma

DR. JOSÉ DE JESÚS ORNELAS PAZ  
Nombre (CO-ASESOR)

Firma

DRA. MARÍA ISABEL ESTRADA ALVARADO  
Nombre (REVISOR)

Firma

Observaciones: \_\_\_\_\_

#### 4.- NOTIFICACIÓN AL JEFE DEL DÉPTO. DE REGISTRO ESCOLAR: Fecha: \_\_\_\_\_ Informamos a usted que el alumno ha cumplido con los requisitos de elaboración de Tesis previos a la presentación del Examen de Grado:

Atentamente.

DR. JOSÉ DE JESÚS BALDERAS CORTÉS  
Jefe del Departamento de Biotecnología y  
Ciencias Alimentarias

DR. LUCIANO CASTRO ESPINOZA  
Director del Área de Recursos Naturales

## **DEDICATORIA**

*Haciendo uso de este espacio me permito dedicar esta tesis, que presento para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales egresado de ITSON, a mis padres; dos personas que a lo largo de mi vida han sido siempre mi apoyo incondicional y a las cuales debo todo lo que en esta vida me permito ser, a quienes siempre estaré agradecido por la atención que hacia mi persona han tenido.*

*Por esos momentos inolvidables que desde la infancia he vivido a su lado y de los cuales guardo el más bello recuerdo, incrementándolos aun en el presente. Juntos siempre en todo momento, sea bueno o sea malo, sobresaliendo al final nuestra fuerza para seguir adelante en el camino de nuestra vida.*

*Mis más sincera dedicatoria a ustedes, por estas y muchas cosas más se lo tienen muy merecido, no está de más reiterarles mi cariño y amor incondicional, son todo en mi vida...su hijo:*

*Pedro Luis Chávez Álvarez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme llegar a este importante momento de mi vida profesional, por su protección, por la salud que me ha permitido gozar, por la familia de la cual me ha rodeado y los amigos que me ha permitido conservar hasta hoy.

Agradezco a mis padres por el apoyo que siempre me han brindado y especialmente en esta etapa de mi vida. A mi tío Bernardo Álvarez por la confianza y apoyo que me ha manifestado durante estos años, y a todas las personas que comparten mi alegría por una meta más cumplida en mi vida.

Agradezco al núcleo académico de la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales por su enseñanza y las facilidades prestadas para el desarrollo del proyecto de investigación, especialmente al proyecto PROMEP-ITSON-PTC-056.

A mis compañeros de generación por compartir juntos nuevas y memorables experiencias en el curso de esta etapa de nuestras vidas profesionales.

Agradezco enormemente a la Dra. María Isabel Estrada Alvarado, al Dr. José de Jesús Ornelas Paz y especialmente al Dr. Saúl Ruiz Cruz por fungir como revisores de tesis y sínodo de mi exámen de grado. Por su apoyo, disponibilidad y guía muchas gracias profe Saúl.

## ÍNDICE

CREDITOS.....	i
APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
LISTA DE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.4. Hipótesis.....	6
II. MARCO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1. El aguacate.....	7
2.1.1. Origen y razas ecológicas.....	9
2.2. Producción y comercialización del aguacate.....	9
2.2.1. Importancia socioeconómica y comercialización a nivel nacional.....	12
2.2.2. Importancia a nivel internacional.....	13
2.3. Composición nutrimental del aguacate.....	15
2.3.1. Composición química del aguacate.....	17
2.3.2. Propiedades medicinales y cosméticas del aguacate.....	18
2.4. Usos y aplicaciones del aguacate.....	19
2.4.1. Desechos de aguacate y su potencialidad de uso.....	21
2.4.2. Métodos de obtención para extractos vegetales con poder antioxidante...	23
2.4.3. Importancia de la capacidad antioxidante y su medición.....	24

2.4.4. Relación actividad antioxidante-poder reductor.....	27
2.4.5. Relación concentración fenólica-actividad antioxidante-poder reductor.....	28
2.5. Aplicación de extractos vegetales o aceites esenciales.....	31
2.5.1. Prueba de susceptibilidad antimicrobiana.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Material vegetal.....	34
3.2. Preparación de la muestra.....	34
3.2.1. Extracción por maceración.....	34
3.2.2. Extracción metanólica.....	35
3.3. Medición de la capacidad antioxidante por el método DPPH.....	35
3.4. Análisis de la capacidad antioxidante por el método ABTS.....	35
3.5. Determinación de flavonoides totales.....	36
3.6. Determinación de fenoles totales.....	37
3.7. Determinación de clorofilas y carotenoides totales.....	37
3.8. Prueba de susceptibilidad antimicrobiana.....	38
3.9. Análisis estadístico.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Capacidad antioxidante determinada por el método DPPH.....	40
4.2. Capacidad antioxidante determinada por el método ABTS.....	40
4.3. Contenido de flavonoides totales.....	41
4.4. Contenido de fenoles totales.....	41
4.5. Contenido de clorofilas totales.....	42
4.6. Contenido de carotenoides totales.....	43
4.7. Prueba de susceptibilidad antimicrobiana.....	43
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	47



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes del fruto del aguacate.....	8
<b>Figura 2.</b> Principales países productores de aguacate en 2007.....	14

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Producción de aguacate en México en el período 2002-2008.....	11
<b>Tabla 2.</b> Importaciones de aguacate en el período 2003-2008.....	14
<b>Tabla 3.</b> Análisis proximal en frutos de aguacate.....	15
<b>Tabla 4.</b> Características de la grasa cruda en pulpa de aguacate (en g por 100 g de material fresco).....	16
<b>Tabla 5.</b> Características de la fracción mineral en pulpa de aguacate (en g por 100 g de material fresco).....	16
<b>Tabla 6.</b> Características de las vitaminas en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco).....	17
<b>Tabla 7.</b> Aceites esenciales con efecto fungicida contra algunas especies de hongos postcosecha importantes en la producción hortofrutícola.....	32

## RESUMEN

El aguacate es un producto de alta producción y exportación en México; contiene compuestos bioactivos utilizados en la industria farmacéutica y cosmética; sin embargo existen pocos estudios sobre su utilización en la industria alimentaria, por lo que nuestro objetivo fue analizar las propiedades antioxidantes de los extractos de cáscara y semilla de aguacate con el fin de aprovechar estos residuos. Se realizaron extracciones metanólica y, acetónica de cáscara y semilla de aguacate pulverizadas en forma fresca, cada extracto se concentró al 20% en volumen con rotavapor y baño María para ser conservados en congelación hasta su uso. Los extractos obtenidos fueron evaluados para determinar su capacidad antioxidante, fenoles, flavonoides, clorofilas y carotenoides totales. Así como, su actividad antimicrobiana contra *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados obtenidos nos muestran que para determinar la capacidad antioxidante resultó más eficiente la extracción polifenólica. En las pruebas fitoquímicas se obtuvo información relevante sobre la composición de los residuos de aguacate y con respecto a la capacidad antimicrobiana se observó mayor actividad en extractos de semilla.

## I. INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana*) es un producto de alto consumo, producción y exportación en México, representando una importante demanda a nivel internacional debido a la creciente preocupación de la población por consumir productos naturales y con ello afrontar el incremento en problemas de salud que la aquejan. Debido a esto, la producción de aguacate a nivel nacional e internacional ha crecido considerablemente en los últimos años, generando una importante derrama económica. Tan solo México representa una tercera parte de la producción mundial de este fruto y de ello una quinta parte es sometida a exportación, siendo el mercado estadounidense el de mayor importancia, seguido de la Unión Europea y Centroamérica, entre otros.

El consumo principal de aguacate se da en forma fresca, como acompañante de los platillos más comúnmente ingeridos, pero en los últimos años se ha incrementado su consumo de forma procesada principalmente como guacamole, además de su utilización en la industria farmacéutica y cosmética con gran éxito. Abordando este tema, existe un gran número de frutas y hortalizas que actualmente se ofrecen al consumidor como productos mínimamente procesados o listos para consumir, ya sea en forma de ensaladas, purés o extractos; los cuales han tenido una gran demanda en los últimos años debido a que ofrecen frescura, nutrición y conveniencia. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que en la industrialización del aguacate solo se utiliza la parte comestible del mismo, generando una importante cantidad de residuos como la semilla y cáscara, los cuales son potencialmente importantes desde el punto de vista de la utilización integral del fruto.

Respecto a ello, en nuestro país se tienen datos que testifican la utilización de la semilla de aguacate para tratamiento del cabello y en la elaboración de ungüentos para proteger la piel y contrarrestar el dolor a nivel cutáneo. Con respecto a la cáscara, esta ha sido utilizada en forma de infusión para el lavado de zonas inflamadas de la piel. También es empleada para atacar parásitos intestinales y principalmente algunos tipos de disentería. Es por estos datos y por algunos estudios farmacológicos que se demuestra la presencia de compuestos antimicrobianos en la cáscara y semilla de aguacate, los cuales actúan sobre todo contra microorganismos patógenos. Es por ello que en respuesta a la cantidad de residuos de aguacate que se generan y a su gran potencial como productos de valor agregado, se desarrollo la presente investigación, la cual tuvo como objetivo la obtención de extractos a partir de dichos residuos los cuales fueron evaluados como agentes antioxidantes y antimicrobianos.

### **1.1. Justificación**

En el mundo, México es el principal productor, exportador y consumidor de aguacate, y su importancia en el mercado internacional ha crecido de manera sostenida, convirtiéndose de una fruta exótica en un alimento incluido en la dieta de muchos países; tendencia reforzada por la creciente demanda mundial por los productos naturales (García y Castro, 2008). De acuerdo con las proyecciones realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de aguacate en el 2007 fue de 3.4 millones de ton lo que representó un incremento de 2.4% respecto al año anterior. El principal productor de aguacate es México, en 2007 aportó el 33.9% de la producción mundial. En segundo lugar se encuentran Estados Unidos e Indonesia reportaron para el mismo año una producción de 0.25 millones de ton cada uno, lo que representó el 7.4% de la producción mundial (Financiera Rural, 2009).

La producción nacional es de aproximadamente un millón de ton, de las cuales se exportan más de 200 mil y aportan ingresos por 400 millones de dólares anuales

(García y Castro, 2008). Tan solo en el año 2008, la producción fue de 1.12 millones de ton, con una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) de 3.8% en el periodo comprendido entre 2002-2008, lo que representa un crecimiento total de 24.4% (Financiera Rural, 2009). Además del mercado estadounidense, México exporta a países de la Unión Europea, Centroamérica, Canadá, Japón, Corea y China, entre otros. Específicamente en Michoacán, el cultivo del aguacate genera cerca de 250 mil empleos directos e indirectos. En el ámbito internacional, la explotación comercial de aguacate se ha intensificado en las últimas dos décadas, incrementando su producción en 550,000 ton durante los últimos 15 años (García y Castro, 2008).

El aguacate como fruto fresco tiene gran aceptación, con amplias oportunidades de participación en los mercados internacionales, tanto en fresco como procesado en guacamole, puré, aceite, cosméticos, etc. (Victoriano, 2005). Cabe señalar que en la industrialización de estos productos se ocupa la parte comestible del aguacate, desechándose la cáscara y la semilla, las cuales pudieran tener alguna utilidad. Por lo que, uno de los retos en la industrialización de aguacate, es el uso integral del mismo dando un valor agregado a la semilla y a la cáscara. La semilla representa del 15-16% del total del fruto, desperdiciándose aproximadamente 148,000 ton de semilla anualmente, mismas que son desechadas sin aprovechamiento alguno (Pahua y otros, 2007).

En México se emplean las hojas, la cáscara del fruto y la semilla. El aceite extraído de la semilla por compresión se usa desde hace siglos para el tratamiento del cabello reseco y otros males del cuero cabelludo; también como ungüento para aliviar el dolor y suavizar la piel de zonas lastimadas. La cáscara del fruto, seca y molido, se usa como antidisentérico, al igual que la infusión con base en sus hojas empleadas para lavar padecimientos infecciosos e inflamatorios de la piel. Según la medicina tradicional mexicana, la infusión de cáscara de aguacate sería beneficiosa en el tratamiento de parasitosis intestinales (Gupta, 1995).

Información bibliográfica sobre estudios fitoquímicos y farmacológicos del aguacate demuestran la presencia de compuestos con actividad antimicrobiana en la cáscara del fruto y en la semilla. Esto se fundamenta con el amplio uso que la población hace de este vegetal para combatir diversos padecimientos infecciosos. Algunos extractos de las semillas de aguacate poseen actividad antimicrobiana sobre *Escherichia coli*, *Mycrococcus pyogenes*, *Sarcina lutea* y *Staphylococcus aureus*. Por otra parte, los compuestos alifáticos de cadena larga, aislados de la cáscara del fruto como el 1,2,4, trihidroxi-n-heptadeca-16-eno, han demostrado actividad bactericida sobre microorganismos gram (+) como *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae* y *Staphylococcus aureus* (Gupta, 1995).

Una vez que sabemos algunos datos acerca de la producción de aguacate a nivel nacional e internacional, así como de los usos tradicionales, beneficios y propiedades que tienen sus residuos, también se debe tomar en cuenta la cantidad que se genera de los mismos a partir de su consumo, siendo de vital importancia aquellos que provienen principalmente de los establecimientos comerciales, empresas procesadoras de aguacate, restaurantes, hospitales, comedores, entre otros. Es por ello, que no se debe desperdiciar esta importante área de oportunidad, la cual consiste en el aprovechamiento de las cáscaras y semillas de aguacate para la obtención de un extracto que fungirá como valor agregado y poder con ello también evitar la acumulación de residuos que provocan la incidencia de plagas de insectos y roedores en algunos de los establecimientos antes mencionados.

El conocimiento sobre cuáles son las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del extracto obtenido a partir de residuos de aguacate (*P. americana*) nos dará las bases para proponer alternativas al uso de dichos residuos y con ello darles ese valor agregado del cual hablamos y que representa una potencialidad importante. Esto trajo consigo un arduo trabajo de investigación a nivel laboratorio que resultará en el descubrimiento de las propiedades que presenta dicho extracto. Por otra parte, este valor agregado a los residuos de aguacate podrían representar una alternativa útil para su aprovechamiento y no optar por su desperdicio, lo cual podrá ser

implementado en cualquier nivel de población, ya sea en la comunidad, el municipio, estado o país, así como a nivel internacional por medio de la divulgación científica. Realizar dicho experimento fue factible puesto que representa una aportación y alternativa importante al ámbito comercial e industrial, pero sobre todo al sector social (incluyendo el sector salud) quien finalmente se verá beneficiado al consumir productos seguros y de valor agregado.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Dada la importancia de lo anteriormente expuesto surge la siguiente problemática:

¿Cuáles son las propiedades antioxidantes y antimicrobianas con las que cuentan los extractos obtenidos a partir de residuos de aguacate?

## **1.3. Objetivos**

Objetivo general:

Determinar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas *in vitro* de extractos obtenidos a partir de residuos de aguacate (cáscara y aguacate).

Objetivos específicos:

- Obtener extractos a partir de los residuos de aguacate (cáscara y semilla) mediante extracción metanólica, polifenólica y maceración para su caracterización.
- Analizar las propiedades antioxidantes del extracto obtenido a partir de los residuos de aguacate mediante pruebas para capacidad antioxidante, fenoles, flavonoides, clorofilas y carotenoides totales.
- Evaluar la susceptibilidad antimicrobiana de los extractos de semilla y cáscara de aguacate mediante el método Kirby-Bauer sobre bacterias patógenas.



#### **1.4. Hipótesis**

Los extractos obtenidos de cáscara y semilla de aguacate presentan propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

## II. MARCO DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. El aguacate

El aguacate (*Persea americana*) es uno de los cultivos más importantes en México, ya que es el principal productor a nivel mundial, además es un cultivo que genera más de 100 mil empleos directos e indirectos y permite una entrada importante de divisas por la exportación de su fruta. Por otra parte, nuestro país forma parte del centro de origen de la especie, por lo que alberga una amplia diversidad genética (FAOSTAT, 2005).

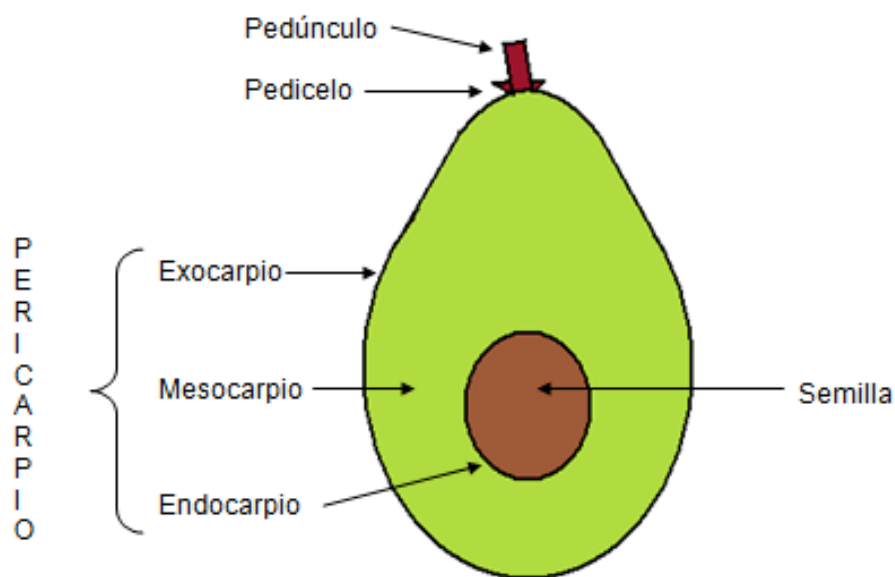
Conocido popularmente como aguacate, aguacate oloroso, aguacate zihene o aguacatillo, es un árbol grande o de tamaño mediano, frecuentemente de 20 m de alto, con una copa muy densa en donde se encuentra su fruto que tiene forma ovalada o esférica, es una drupa de color verdoso y piel fina o gruesa, según la especie a la que pertenezca; cuando está maduro la pulpa tiene una consistencia mantequillosa y de sabor agradable (DerMarderosian y otros, 2008; Gupta, 2005; Ocampo, 2009).

Hablando de taxonomía, el aguacate pertenece a la familia *Lauraceae*, una de las más antiguas en nuestro planeta y que comprende poco más de 50 géneros y unas 2,200 especies. De esta familia se deriva el género *Persea*, el cual tiene dos subgéneros: *Persea* y *Eriodaphne*. El aguacate se clasifica dentro del género *Persea* y subgénero *Persea*. Dentro del subgénero *Persea* se reconocen algunas especies, pero tres de ellas resultan particularmente importantes: *P. americana* Mill., *P.*

*schiedeana* Nees, y *P. parvifolia* Williams (aguacatillo de Veracruz, México) (Williams, 1977).

La mayoría de los miembros reconocidos del subgénero *Persea* se encuentran principalmente en una misma área que inicia del centro de México hasta Panamá en Centroamérica. Los hallazgos de aguacates primitivos desde la Sierra Madre Oriental en el Estado de Nuevo León, México, hasta Costa Rica en Centroamérica, apoyan la hipótesis de que se trata de un centro de origen del aguacate, y probablemente de todo el subgénero *Persea* (Bergh y Ellstrand, 1986; Storey y otros, 1986; Schroeder, 1990; Hawkes, 1991; Ben y otros, 1992a,b; Bergh, 1992).

Hablando de la anatomía del aguacate, este fruto es una baya de un carpelo que contiene una sola semilla. El fruto maduro de la variedad Fuerte es notablemente asimétrico en el ápice, como resultado del crecimiento diferencial en lado contrario. El pericarpio se compone de tres capas, el exocarpio, que comprende la piel o la corteza, el mesocarpio carnososo, que es la parte comestible de la fruta, y una capa interna delgada al lado de la cubierta de la semilla exterior, el endocarpio (Fig. 1) (Cummings y Schroeder, 1942).



**Figura 1.** Partes del fruto de aguacate.

### **2.1.1. Origen y razas ecológicas**

Se habla de que el aguacate (*P. americana*) se originó en el centro-sur de México, en algún momento entre 7000 y 5000 a. C. (Smith, 1966). Sin embargo, fue varios milenios antes que esta variedad silvestre fuera cultivada. Los arqueólogos en el Perú han encontrado semillas domésticas de aguacate enterradas con momias incas que datan de 750 a. C. y hay evidencia de que los aguacates se cultivaron en México tan anticipado como el año 500 a. C. La palabra aguacate proviene del náhuatl “ahuacacuáhuatl, que significa árbol de los testículos, o sea, de ahuácatl, testículo, y cuáhuatl, árbol (Sanginés, 2008). Los conquistadores españoles adoraron la fruta pero no pudieron pronunciar su nombre y cambiaron la palabra azteca “*ahuácatl*” por una más manejable como “aguacate”, que eventualmente se convirtió en “avocado” al lenguaje inglés, siendo por primera vez pronunciado así por Sir Henry Sloane en 1696 (CAC, 2009; Villanueva y Verti, 2007).

Por lo tanto, el aguacate es una planta nativa de América con una larga y distinguida historia. Hoy en día, la variedad más popular es “Hass”. El árbol madre de todos los aguacates Hass nació en un patio trasero en La Habra Heights, California. A pesar de que la variedad Hass fue descubierta a principios de 1930 y patentada por Rudolph Hass en 1935, no fue hasta la expansión de la industria a gran escala a finales de 1970 que la variedad Hass fue reemplazada por la variedad “Fuerte” como la principal en California (CAC, 2009; Villanueva y Verti, 2007).

### **2.2. Producción y comercialización del aguacate**

La fruticultura en México se desarrolla en una superficie de 1,200,000 hectáreas que representan menos del 4% de la superficie agrícola nacional, dentro de esto, existen más de 32 especies cultivadas, de las cuales 10 son los cultivos más importantes al representar el 87.6% de la superficie frutícola de México, dentro de los que sobresalen la naranja, mango y aguacate, con 26, 13 y 11.5%, respectivamente, convirtiéndose éste último en un cultivo de gran importancia económica para México,

pues a nivel mundial es reconocido como el primer país productor de aguacate, ya que desde 1985 nuestra nación aporta alrededor del 45% de la producción internacional y durante el período 1990-93 manejó una producción de 740 mil ton anuales en promedio (Sánchez y Rubí, 1994).

En México se produce más del 65% de los aguacates Hass en el mundo con una producción media anual superior a 1.5 mil millones de libras. Es el jugador dominante en muchos mercados mundiales cuando los aguacates están en temporada. México tiene una creciente presencia en el mercado de Estados Unidos. La mayoría de los aguacates Hass de México y que se exportan a los EE.UU. se cultivan Uruapan en el estado de Michoacán (Reuben, 2001).

Michoacán representa el 82% de la superficie total plantada con aguacate en México y el 84% de su producción. En la actualidad hay cerca de 90,000 hectáreas de aguacate en Michoacán con 95% o 80,500 hectáreas sembradas con la variedad Hass. Los aguacates Hass son cultivados a alturas que van desde 4,300 a 7,400 pies sobre el nivel del mar. La diferente temperatura, humedad, la producción promedio de frutos y por supuesto los distintos períodos de madurez hacen distinguir a las zonas de producción (Reuben, 2001; Martínez, 1997; Bautista y Ortega, 2002).

A nivel nacional, la producción de aguacate en 2008 fue de 1.12 millones de toneladas, lo que representó una disminución de -1.8% respecto al año anterior. En el periodo comprendido entre 2002 y 2008, la Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) se ubicó en 3.8%, lo que representa un crecimiento total de 24.4% (Financiera Rural, 2009). (Tabla 1). Donde Michoacán represento el 87.7% de la producción, seguido de Nayarit y Morelos con 2.4 y 2.2%, respectivamente (SIAP, 2008).

La producción de aguacate no termina en la cosecha, el productor genera la materia prima que debe ser empacada y/o procesada, almacenada y transportada antes de ponerla a la disposición del consumidor, por lo que la comercialización es la fase final

de la producción (Paz, 1997). La comercialización es el punto que une a productores y consumidores, indudablemente y a pesar de los bajos precios, el mercado interior del aguacate es una variable clave en la estrategia productiva y comercial mexicana (Paz, 1997). Asimismo, el proceso que requiere el aguacate en el mercado interno, no presenta grandes dificultades ya que el tiempo que dura desde el corte hasta su madurez óptima para el consumidor varía de 10 a 14 días, tiempo más que suficiente para trasladarlo desde su origen hasta cualquier parte del país (Sánchez y Rubí, 1994).

**Tabla 1.** Producción de aguacate en México en el período 2002-2008.

Producción de Aguacate en México								
Año	Prod/ <sup>1</sup>	Superficie/ <sup>2</sup>		Rendimiento/ <sup>3</sup>		R+T/ <sup>4</sup>	Precio MR/ <sup>5</sup>	Valor Producción/ <sup>6</sup>
		Sembrada	Cosechada	R	T			
2002	0.90	97,621	93,847	11.25	8.14	9.60	\$ 4,482.76	4039.31
2003	0.91	97,787	94,399	11.02	8.13	9.49	\$ 5,937.39	5373.58
2004	0.99	101,882	100,127	11.11	8.86	9.86	\$ 6,163.90	6085.76
2005	1.02	112,251	103,119	11.19	8.92	9.91	\$ 7,456.72	7617.15
2006	1.12	114,842	105,477	12.01	9.81	10.75	\$ 8,043.17	9122.96
2007	1.12	117,312	110,377	11.40	9.60	10.35	\$ 10,516.63	12019.38
2008	1.12	122,186	114,471	10.80	9.10	9.82	N/D	N/D

/1 mill ton, 2/ Sembrada y Cosechada en miles de ha, /3 ton/ha,

/4 Riego + Temporal, /5 Precio Medio Rural en pesos,

/6 Valor de la Producción en millones de pesos. N/D Cifra no disponibles.

(Fuente: SIAP, 2008)

En México, los Estados productores colocan sus cosechas en los principales centros de consumo a saber: Distrito Federal, Monterrey, Torreón, Guadalajara, Cd. Juárez y Culiacán; siendo el primero, el principal centro de acopio. Cabe mencionar que estos centros de también actúan como redistribuidores hacia otras ciudades del interior del país (Zapata, 1997).

### **2.2.1. Importancia socioeconómica y comercialización a nivel nacional**

Se calcula que una persona puede cultivar un promedio de dos hectáreas de huerta, por lo que se concluye que de las actividades aguacateras solamente en el estado de Michoacán dependen económicamente en forma directa 42,500 jefes de familia dedicados exclusivamente a labores del campo, además de otro numeroso grupo de personas equivalente, por lo menos al 70% de esa cifra, integrado por quienes se dedican a surtir plaguicidas, fertilizante, maquinaria agrícola, implementos de labranza, de cosecha y otros insumos; así como por aquellos que se preocupan de proporcionar asistencia técnica en labores culturales, industriales, de sanidad vegetal, administrativos, legales, de obras de construcción, mantenimiento de caminos, telecomunicaciones, electrificación, sistemas de riego, empacadoras, refrigeradoras, transportistas, talleres mecánicos, comerciantes del producto en el país o exportadores y otras actividades más (Sánchez y Rubí, 1994).

Desde el punto de vista económico, la producción del aguacate es muy importante debido a que se genera una derrama del orden de 750 millones de pesos, con una producción de 724 mil ton. En el ámbito social, el proceso productivo genera más de 40 mil jornales permanentes al año, así como otro considerable número de empleos indirectos por actividades derivadas del mismo (SAGAR, 1994). Fernández (1997) reporta además 60,000 empleos estacionarios, los que suman 9 millones de jornales al año.

Según estadísticas del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), los precios en el mercado interno se comportan según los parámetros clásicos de las leyes de oferta y demanda, de Octubre a Febrero, cuando la oferta es amplia los precios se abaten y alcanzan valores más elevados durante los meses de menor producción, salvo en los mercados centrales de Campeche y Mérida, donde se cotizan además de los Hass, los aguacates paguas (antillanos); en el resto de los 21 principales centros de distribución al mayoreo monitoreado por el SNIIM, principalmente se oferta la variedad Hass (Sánchez y Rubí, 1994).

### **2.2.2. Importancia a nivel internacional**

A pesar de su prominencia en producción y que existen más de 10 firmas que están comercializando al exterior, México es un modesto exportador, pues solo exporta una parte marginal de su producción equivalente a un 2% anual en promedio en el lapso de 1991 a 1993, pues países como Israel, Sudáfrica y Chile, venden en los mercados del exterior más de la mitad de su producción. Para 1993, los embarques mexicanos alcanzaron la cifra ligeramente superior a 16,000 ton, teniendo como principales destinos Francia, Estados Unidos, Canadá y Japón, que en su conjunto representaron cerca del 98.5% del total exportado en ese año, siendo la vía marítima la principal forma de transporte de la fruta (Sánchez y Rubí, 1994).

De esto se desprende que Francia es nuestro principal mercado al que se le envió el 64% del total exportado por México durante 1993. En relación a los Estados Unidos, es el segundo destino de las exportaciones mexicanas, aunque ha sido imposible venderle para su consumo interno, debido a una vieja limitación sanitaria que se ha convertido en una barrera no arancelaria insuperable (gusanos barrenadores y moscas de la fruta). Buena parte de las exportaciones que la estadística oficial mexicana registra hacia los Estados Unidos (3,122 ton en 1993), fueron en realidad hacia Japón, que prefiere adquirir los productos mexicanos a través de intermediarios norteamericanos que hacerlo directamente desde México (Sánchez y Rubí, 1994).

México es el principal productor a nivel internacional, las exportaciones en el ciclo 2007-2008 se incrementaron en 21% respecto al ciclo anterior, ubicándose en 300 mil ton. Las importaciones como se puede ver en la Tabla 2 son mínimas debido a que México es autosuficiente en la producción de este cultivo.

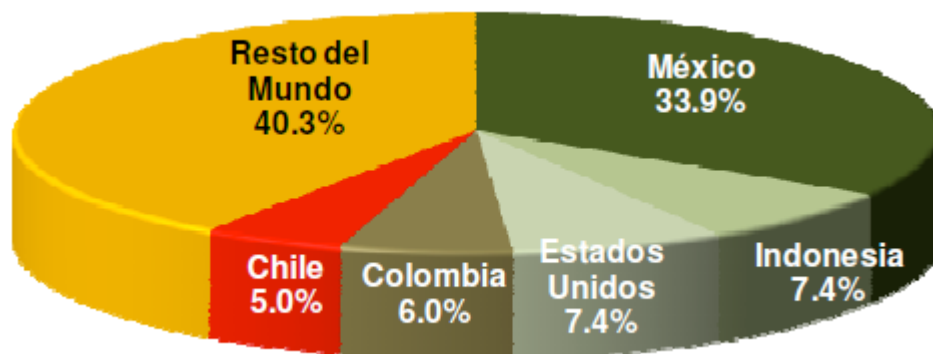


**Tabla 2.** Importaciones de aguacate en el período 2003-2008.

<b>Comercio Exterior de Aguacate Mexicano</b> (miles de toneladas)		
	<b>IMPORTACIONES</b>	<b>EXPORTACIONES</b>
<b>2003/04</b>	0.0	120.0
<b>2004/05</b>	0.2	180.0
<b>2005/06</b>	0.3	250.0
<b>2006/07</b>	1.3	248.0
<b>2007/08</b>	0.9	300.0

(Fuente: SIAP, 2008)

De acuerdo con las proyecciones realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), la producción mundial de aguacate en el 2007 fue de 3.4 millones de ton lo que representó un incremento de 2.4% respecto al año anterior. El principal productor fue México, quien aportó el 33.9% de la producción mundial (Figura 2). En segundo lugar se encontró Estados Unidos e Indonesia quienes reportaron para el mismo año una producción de 0.25 millones de ton cada uno, lo que representó el 7.4% de la producción mundial (Financiera Rural, 2009; Bautista y Ortega, 2002).



**Figura 2.** Principales países productores de aguacate en 2007 (FAOSTAT, 2007).

Una gran ventaja comparativa que presenta el comercio del aguacate ante el mercado internacional, es que este se torna cada vez más dinámico y al no existir proveedores confiables a mediano y largo plazo, México asegura la venta de su

producción. Asimismo, en México se realiza la industrialización de aguacate para exportación y, el procesamiento de la pulpa de aguacate se contempla como una alternativa para los periodos de máxima cosecha, a fin de comercializar toda la comercialización y también poder abastecer al mercado en época de escasez. Otra de las grandes ventajas que se tiene con la industrialización del aguacate, es que permite exportar en aquellos casos en que por restricciones fitosanitarias no se puede disponer de aguacate fresco (Sánchez y otros, 1997).

### 2.3. Composición nutrimental del aguacate

El aguacate se utiliza principalmente como complemento de la alimentación, en la preparación de diferentes platos, entre los que se encuentra una amplia variedad de ensaladas, salsas, jugos, etc., debido a su alto valor alimenticio (Devia y Saldarriaga, 2005). De acuerdo con datos de valor nutritivo de alimentos, informados por Muñoz y Ledezma (2002), se puede observar que los aguacates poseen un alto porcentaje de grasas totales y de ácido oleico (Tabla 3 y 4).

**Tabla 3.** Análisis proximal en frutos de aguacate.

Concepto	Variedad cultivada		
	Colin V33	Hass	Fuerte
Humedad	68.80	67.40	63.80
Cenizas	1.96	2.03	2.70
Fibra cruda	8.70	7.20	8.10
Grasa cruda	12.20	15.10	19.30
ELN	5.20	5.42	4.00
Nx6.25	3.04	2.85	2.10
Pulpa	78.70	79.20	78.30

(Fuente: Sanginés, 2008)

**Tabla 4.** Características de la grasa cruda en pulpa de aguacate (en g por 100 g de material fresco).

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Grasas totales	13.0
Colesterol, mg	-
<b>Acidos grasos</b>	
Saturados totales	2.44
Monoinsaturados <sup>1</sup>	8.97
Poliinsaturados <sup>2</sup>	1.84

<sup>1</sup> Predominantemente, ácido oleico

<sup>2</sup> Predominantemente, ácido linoleico

(Fuente: Muñoz y Ledesma, 2002)

Desde el punto de vista de su fracción mineral, la pulpa del aguacate es una buena fuente de potasio, y contiene más fósforo que calcio (Tabla 5). La pulpa de aguacate contiene la mayoría de las vitaminas hidrosolubles, así como retinol. Sin embargo, no se ha informado la presencia de cobalamina en la pulpa de aguacate (Tabla 6).

**Tabla 5.** Características de la fracción mineral en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco).

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Calcio	24.00
Fósforo	42.00
Hierro	0.50
Magnesio	45.00
Sodio	4.00
Potasio	604.00
Zinc	0.42

(Fuente: Muñoz y Ledesma, 2002)

**Tabla 6.** Características de las vitaminas en pulpa de aguacate (en mg por 100 g de material fresco).

Concepto	Valor
Retinol, $\mu\text{g}$	20.00
Acido ascórbico	14.00
Tiamina	0.09
Riboflavina	0.14
Niacina	1.90
Piridoxina	0.28
Acido fólico, $\mu\text{g}$	62.00
Cobalamina, $\mu\text{g}$	-

<sup>1</sup> Predominantemente, ácido oleico  
<sup>2</sup> Predominantemente, ácido linoleico

(Fuente: Muñoz y Ledesma, 2002)

### 2.3.1. Composición química del aguacate

El estudio químico del aguacate ha estado dirigido fundamentalmente hacia el fruto en vista de su valor alimenticio. La pulpa es rica en ácidos tales como oleico, linoleico, palmítico, estéarico, linolénico, cáprico y mirístico, que forman el 80% del contenido graso del fruto. Otros productos presentes en el fruto son el escualeno y un grupo numeroso de hidrocarburos alifáticos saturados y un poliol no saturado, así como otros alcoholes alifáticos y terpénicos. Respecto a los aminoácidos existentes en la pulpa, se tienen el ácido aspártico y glutámico, acompañados de leucina, valina y lisina, además de cantidades considerables de ácido gamma-aminobutírico (GABA), así como carotenoides y fenoles (COFB, 1998; Ortiz y otros, 2004; Swisher, 1988; Slater y otros, 1975; Heinonen y otros, 1989; Lassen, 1944).

Dentro de las vitaminas que se encuentran en los extractos están la vitamina A, niacina, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico, así como un contenido considerable de glucósidos. El aceite extraído de la pulpa está compuesto principalmente de glicéridos, de ácido oleico y un 10% de compuestos insaponificables como los esteroides:  $\beta$ -sitosterol, estigmasterol, campesterol,  $\delta$ -5-avenasterol y ácidos volátiles. El contenido de vitamina D del aceite excede al de la mantequilla o del huevo,

además tiene contenido de sales minerales como el fósforo y el hierro (COFB, 1998; DerMarderosian y otros, 2008; Gupta, 2005).

Las semillas de aguacate contienen una amplia variedad de componentes, incluidos ácidos grasos, alcoholes y un número de compuestos insaturados con un sabor muy amargo. Están presentes la protocianidina, la carnitina y un alto contenido de carotenoides. El aceite de la semilla es abundante en tocoferol (DerMarderosian y otros, 2008; Gupta, 2005). Las hojas de esta planta contienen primordialmente un aceite esencial amarillo-verdoso compuesto por estragol, (+)-pireno, cineol, anetol, transanetol, alcanfor y trazas de ácido enántico, gammametilionona, betapineno y limoneno. Los extractos acuosos basados en hojas de aguacate, además de su alto contenido en aceite esencial, poseen dopamina y serotonina, flavonoides derivados del quercetol, perseita, persiteol y un principio activo amargo llamado abacatina (Gupta, 2005).

### **2.3.2. Propiedades medicinales y cosméticas del aguacate**

Es un hecho científico que el aguacate es una fruta sustancialmente medicinal debido a que sus resinas, grasas vegetales y carbohidratos alimentan y curan el cuerpo. Ciertas variedades de aguacate, ya sean consumidas por su pulpa, enteras o con la piel, poseen cualidades antirraquíticas y un poder potente contra parásitos intestinales al consumirse en forma de té o infusiones. También son magníficos para luchar contra los cólicos menstruales (Villanueva y Verti, 2007). Se ha reportado la actividad anticancerosa de extractos de hojas y de tallos frescos de aguacate en animales con tumores trasplantables de adenocarcinoma 755 y las propiedades citotóxicas *in vitro*, de algunos de los compuestos químicos aislados del fruto (Gupta, 2005; Lu y otros, 2005). El aceite de aguacate ha sido usado ampliamente por su habilidad de sanar la piel. Su uso está basado en el gran contenido de hidrocarburos de la pulpa y el aceite, los cuales pueden ser beneficiosos para darle tratamiento a la piel seca (DerMarderosian y otros, 2008).

El aguacate contiene cantidades similares de proteínas como la carne, con la ventaja de que no produce toxinas en el cuerpo (Hierro y otros, 1992). Por otra parte, dado su bajo nivel de azúcar y el contenido de almidón se recomienda que se incluya en la dieta de los diabéticos. El aceite que se extrae de la semilla tiene varios usos, si se aplica al cabello, se ayuda a detener su caída, al dar un masaje en las piernas con él, ayuda a eliminar el reumatismo (Villanueva y Verti, 2007).

En varios estados de la república mexicana se ha informado que el uso de las semillas de aguacate empapadas en alcohol se utiliza como una cura para el reumatismo. Las hojas también se utilizan para curar la fiebre y la migraña preparado en infusión. También se dice que el extracto acuoso de la cáscara del aguacate ayuda a aliviar dolores de cabeza por su efecto analgésico, además es antiinflamatorio, anticonvulsionante, reducción hipoglucémica e hipercolesterolémica, vasodilatador y reductor de la presión sanguínea. También para el tratamiento de la hipertensión (Villanueva y Verti, 2007; Adeyemi y otros, 2002; Ojewole y Amabeoku, 2006; Brai y otros, 2007; Owolabi y otros, 2005; Ojewole y otros, 2007).

Además de sus propiedades nutritivas, el aguacate es ideal para los tratamientos de belleza, debido al hecho de que su pulpa es rica en grasas vegetales; por ello se utiliza en salones de belleza para hacer mascarillas para las personas con resequedad en la piel. Las manos, las rodillas, los codos y los talones pueden transformarse y ser suaves, luminosos y brillantes; se embellece y alarga el cabello y las pestañas con la aplicación del aceite de semilla de aguacate (Villanueva y Verti, 2007).

#### **2.4. Usos y aplicaciones del aguacate**

Distintos estudios han asociado dietas ricas en frutas y vegetales a la disminución en el riesgo de morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y otras enfermedades degenerativas. La influencia positiva de tales dietas es atribuida a que estos alimentos pueden suministrar una mezcla óptima de

fitoquímicos, tales como antioxidantes naturales, fibra y otros compuestos bióticos (Rincón y otros, 2005).

La dieta humana incluye una gran variedad de componentes no nutritivos cuyo papel sobre la salud no está bien establecido. Muchos de ellos no ejercen seguramente ningún efecto en el organismo en las cantidades en que son ingeridos, pero otros, incluso en baja cantidad, podrían tener acciones benéficas. Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en alimentos de origen vegetal, como frutas y hortalizas y sus productos derivados (zumos, confituras, cervezas, vinos, etc.). En los últimos tiempos se han acumulado evidencias de que algunos compuestos fenólicos ingeridos con la dieta habitual pueden tener implicaciones sobre la salud humana como se mencionó anteriormente, especialmente el fruto de aguacate, estudiado últimamente (Santos, 2006).

El aguacate es delicioso cuando se sirve en elegantes rodajas, cortado en dados, o que se presenta en su cáscara, tanto como cuando se hace en el típico guacamole. Su gran virtud consiste en el hecho que no necesita ningún condimento para ser absolutamente delicioso, aunque va bien con muchos, y esto es otra virtud, ya sea para intensificar su sabor natural o para crear otros nuevos. Una pizca de sal o unas gotas de jugo de limón, por ejemplo, son dos de sus acompañantes más frecuentes. Para muchos mexicanos el limón es el compañero ideal del aguacate, ayuda a conservar su color, así como grandes propiedades nutritivas. Sin embargo, el aguacate admite por igual ser marinado en una fuerte vinagreta para una ensalada, o la pulpa que se mezcla en una crema para una exquisita sopa fría. Va bien con todo tipo de carnes, desde los mariscos, el pescado, carnes rojas y pollo. La cocina mexicana aprovecha incluso las hojas del aguacate para cocinar frijoles y salsas, incluso para envolver carne de cordero antes de asarlo lentamente en el horno de tierra (Villanueva y Verti, 2007).

Este fruto ha sido objeto de un intenso y variado uso en el pasado, no sólo como alimento sino con propósitos medicinales y cosméticos, como se mencionó

anteriormente. La pulpa se ha usado como pomada para estimular el crecimiento del cabello y acelerar el sanado de las heridas. Los indios americanos han utilizado la semilla para el tratamiento de la disentería y la diarrea. Hoy en día la fruta es consumida alrededor del mundo y el aceite es un componente de numerosas formulaciones cosméticas (DerMarderosian y otros, 2008).

El aguacate se incluye frecuentemente en dietas y reciente evidencia sugiere que es muy efectivo en la modificación de los perfiles lipídicos. En un reciente estudio, mujeres fueron sometidas a una dieta alta en ácidos grasos monoinsaturados encontrados en el aguacate o en dietas altas en complejos de carbohidratos. Después de tres semanas, la dieta de aguacate resultó en una reducción significativa del nivel total de colesterol (8,2%); un descenso no significativo (4,9%) ocurrió en comparación con la otra dieta. Las lipoproteínas de baja densidad y los niveles de apolipoproteína B disminuyeron significativamente en el grupo que consumió aguacate. Se llegó a la conclusión que una dieta con suplemento de aguacate, rica en ácidos grasos monoinsaturados puede beneficiar los niveles séricos de lípidos (DerMarderosian y otros, 2008).

En resumen, el fruto de aguacate se usa en cosmética por sus propiedades emolientes, la fracción insaponificable tiene efecto regenerador del tejido conectivo, las hojas se emplean como antiinflamatorio, antidiarreico, astringente (cicatrizante), antiséptico y vermífugo, además la corteza de los frutos (pericarpio) como antidiarreico. En cuestión de dosis, como ingrediente activo o inactivo en varias preparaciones (ungüentos, baños de aceite), insaponificable y de uso interno se recomiendan 10 mg por día. El aceite de aguacate al 10% puede ser usado como tópico en cremas, geles y lociones (COFB, 1998).

#### **2.4.1. Desechos de aguacate y su potencialidad de uso**

Una vez que la pulpa comestible se separa, la piel y las semillas se quedan como residuos. La semilla tiene un menor contenido de lípidos que la pulpa, por lo que los



lípidos no se consideran en procesos importantes como la obtención de aceite. Sin embargo, Mazliak (1965) y Lee (1981) encontraron que los ácidos grasos en la semilla tienen mayores niveles de ácidos poliinsaturados que en la pulpa. Además, las enzimas y sustancias con antibióticos y antimicrobianos característicos se pueden encontrar en la semilla; la cual tendría un posible uso en las carnes enlatadas, en procesos de curado y en la preservación de las cremas de confitería. La semilla también puede ser utilizada para extraer los taninos y pigmentos. Por otra parte, los huesos de aguacate contienen algunos compuestos que evitan el oscurecimiento de la fruta (Canto, 1980).

Los aguacates son ricos en ácidos grasos insaturados, fibra, vitaminas del grupo B y E, y otros nutrientes (Gómez-López, 1998). Estudios sobre aguacate mostraron que contenían componentes lipofílicos potencialmente anti-cancerígenos tales como los carotenoides (Ding y otros, 2007). El extracto lipofílico de aguacate ha inhibido el crecimiento celular en cáncer de próstata (Lu y otros, 2005), ha inducido la apoptosis en células humanas de cáncer de mama (Butt y otros, 2006), y ha suprimido lesiones en el hígado (Kawagishi y otros, 2001). Kahn (1987) reportó que las semillas de aguacate son una fuente de almidón debido a su alto contenido (30%). También menciona que la evaluación microscópica de este elemento demostró la presencia de características similares a las de almidón de maíz. Los parámetros de gelatinización y viscosidad son de tipo C (dilatación restringida), lo que sugiere su posible uso en los alimentos que se deben calentar a 100°C, tales como sopas y salsas.

Las semillas de aguacate tienen algunas características anti-nutricionales, tales como su contenido de ácido cianhídrico, glucósidos cianogénicos, polifenoles condensados y algunos taninos, que pueden actuar negativamente sobre su posible uso. Sin embargo, el gran mayoría de estas sustancias son termolábiles, por lo tanto, un adecuado tratamiento de calor (en cocina) los puede destruir (Deshpande y Salunke, 1982; Schmdit y Hebbel, 1986). Por otro lado, estudios sobre la capacidad antimicrobiana de un extracto en acetona de semilla de aguacate determinó que tiene un efecto antibacteriano sobre *S. aureus*, *B. subtilis*, *Aspergillus glaucus* y

*Penicillium notatum*, pero no mostró ningún efecto sobre *E. coli* y *Pseudomonas fluorescens* (Neeman, 1970). Por otra parte, se ha mencionado que la cáscara del aguacate permite hacer un laxante casero de mucha utilidad para aquellas personas de digestión lenta y con síndrome de colon irritable (Calderón, 2006). Además Téliz (2000), mencionó que tanto el fruto, como las hojas y el hueso son utilizados en la medicina natural para eliminar microbios y parásitos internos.

Algunos estudios se han centrado en la composición fitoquímica de los aguacates. Se tiene poco conocimiento sobre el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de aguacates de diferentes variedades y cultivares. El procesamiento industrial de aguacate genera una gran cantidad de cáscaras y semillas como desechos. El aprovechar el contenido de fitoquímicos de estos residuos puede dar lugar a nuevos productos y añadir valor a la industria del aguacate.

#### **2.4.2. Métodos de obtención para extractos vegetales con poder antioxidante**

Existe una gran variedad de métodos para la obtención de extractos vegetales, los cuales dependen directamente de la muestra utilizada o del análisis a realizar. En su caso Wang y otros (2010), realizaron una extracción polifenólica de aguacate, que consistió en tomar 1 g de muestra de pulpa o 0.5 g de cáscara o semilla para ser extraídas con 10 ml de acetona/agua/ácido acético (70:29.7:0.3, v/v/v) como solvente. Los tubos de extracción fueron vortexados por 30 s y sonicados por 5 min, después fueron centrifugados a 1277 rpm por 10 min. Los sobrenadantes fueron congelados a -20°C para análisis de contenido fenólico, capacidad antioxidante y procianidina.

Velioglu y otros (1998), ensayaron 28 productos vegetales respecto a su poder antioxidante (entre ellos: lino, cebollas girasol, cerezas, papas, *Echinacea* sp, ginseng, trigo). Los extractos se obtuvieron a partir de 1 g de muestra seca y molida tratada con 25 ml de metanol al 80% en agua, el tiempo de tratamiento fue 2 h a 70°C, con agitación. Yildirim y otros (2000), emplearon flores de tilo (*Tilia argentea*), hojas de salvia (*Salvia triloba* L.) y té negro. La extracción se realizó con agua a

100°C, con agitación durante 30 min. La relación sólido-líquido fue 15 g de muestra seca en 300 ml de agua. Kähkönen y otros (2001), efectuaron extracciones de bayas empleando distintos solventes: acetona al 70%, metanol al 60%, hexano, agua a temperatura ambiente y agua a ebullición; las muestras se agitaron durante un minuto y luego fueron centrifugadas.

Siddhuraju y otros (2002), estudiaron una leguminosa poco conocida llamada comúnmente Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.). Los extractos se realizaron a partir de corteza, hojas, flores y frutos. El material fue liofilizado y molido. Las extracciones fueron realizadas con metanol al 90% en un extractor Soxhlet durante 16 h en el caso de corteza, flores y frutos. En los extractos de hojas se trabajó con etanol al 90% durante 12 h. Por otra parte, Siddhuraju y Becker (2003), efectuaron un extracto a partir de hojas de *Moringa oleifera* Lam. Se realizaron con 5 g de polvo de hojas y 300 ml de distintos solventes: agua, metanol 80%, etanol 70% durante 3 h.

Zapozhets y otros (2004), obtuvieron extractos de té negro y verde (1-2 g de té cada 100 ml de agua hirviendo, durante 5 min), así como de *Echinacea* (extracto hidroalcohólico). Por su parte, Yen y Chen (1995), efectuaron extractos de té verde, pouchong, oolong y té negro, empleando agua hirviendo (20 g de té + 400 ml de agua).

### **2.4.3. Importancia de la capacidad antioxidante y su medición**

Los radicales libres se encuentran naturalmente en el cuerpo humano como un subproducto del metabolismo y pueden ser generados por los macrófagos como parte del proceso de fagocitosis. También se pueden formar por exposición a radiación, humo del tabaco, ciertos contaminantes, disolventes orgánicos, pesticidas e inclusive durante el ejercicio intenso. Los radicales libres tienen mucho que ver con la etiología o historia natural de muchos padecimientos como el cáncer y enfermedades cardiacas, vasculares y neurodegenerativas. Por lo tanto, los

antioxidantes, que pueden neutralizar a los radicales libres, pueden ser de vital importancia en la prevención de estas enfermedades (Hernández, 2003).

Las frutas y vegetales contienen una gran variedad de fitonutrientes, muchos de los cuales tienen propiedades antioxidantes (Robbins, 2003). Además de las bien conocidas vitaminas C, E y los carotenoides, existen otros compuestos como los flavonoides (incluyendo flavonas, isoflavonas, flavononas, antocianinas y catequizas) que son fuertes antioxidantes y que contribuyen significativamente a la capacidad antioxidante total (Vinson y otros, 1995). En particular, los flavonoides exhiben una amplia gama de efectos biológicos, incluyendo actividad antibacteriana, antiviral, antiinflamatoria, antialérgica, antioxidante, antitrombótica y vasodilatadora (Yen y otros, 1993; Siddhuraju y Becker, 2003). En la actualidad existe evidencia contundente que indica que los radicales libres causan daño oxidativo a los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Hernández, 2003).

La función principal de las vitaminas antioxidantes es como captadoras de radicales libres. La vitamina C y el  $\beta$ -caroteno actúan como captadores de oxígeno libre, la vitamina E y también el  $\beta$ -caroteno actúan como interruptores de la reacción en cadena. La vitamina C es un antioxidante soluble en agua capaz de regenerar a la vitamina E. Esta última y el  $\beta$ -caroteno son antioxidantes liposolubles. La vitamina E es eficiente a altos niveles de presión de oxígeno y el  $\beta$ -caroteno a bajos niveles. Todos pueden trabajar solos o sinérgicamente para evitar o retardar reacciones oxidativas que pudieran con el tiempo llevar a enfermedades degenerativas (Hernández, 2003). Asimismo, se ha estudiado la actividad antioxidante de los flavonoides y han tratado de relacionar esta actividad con su estructura (Hernández, 2003).

Por otro lado, se han diseñado diferentes métodos para evaluar la capacidad antioxidante de diferentes alimentos y uno de los más utilizados es el conocido como ORAC o capacidad para absorber radicales de oxígeno. En este método la capacidad antioxidante se cuantifica calculando la protección neta durante cierto

tiempo de una gráfica de degradación de la fluorescencia de ficoeritrina o fluoresceína en presencia del antioxidante o de suero. Se emplea un generador de radicales peroxilo como lo es la mezcla  $Cu^{2+}-H_2O_2$ . La medición de ORAC combina tanto tiempo de inhibición como porcentaje de inhibición de la acción de radicales libres por los antioxidantes usando un área bajo la curva para la cuantificación (Yilmaz y Toledo, 2004, 2006; Hernández, 2003).

Castillo (2000), midió la capacidad antioxidante por medio del método de Miller que se basa en la capacidad de diferentes sustancias para capturar el catión radical ABTS comparado con un antioxidante conocido como Trolox. Jayaprakasha y otros (2001), determinaron la actividad antioxidante por medio de un sistema modelo de  $\beta$ -caroteno-linoleato, el blanqueo del  $\beta$ -caroteno indica la actividad antioxidante. También determinaron la actividad antioxidante por otra vía, empleando el método del tiocianato peroxidando ácido linoleico, y el poder reductor por el método de Yen y Duh. Así también Jayaprakasha y otros (2003), evaluaron la capacidad antioxidante por el método del fosfomolibdeno y por la medida de la capacidad de capturar radicales por el DPPH.

Velioglu y otros (1998), midieron la capacidad antioxidante por medio del método de la decoloración del  $\beta$ -caroteno. Por su parte, Yildirim y otros (2000), midieron la actividad antioxidante por medio del método del tiocianato y el poder reductor por el método de Yen y Chen. En su caso, Kähkönen y otros (2001), midieron la actividad antioxidante por medio de la autooxidación del metil linoleato, determinando dienos conjugados. Siddhuraju y otros (2002), midieron la actividad antioxidante empleando el método del tiocianato; la oxidación de liposomas por medio de las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS); el poder reductor según Yen; y la capacidad de capturar radicales superóxido y DPPH. Así mismo, Siddhuraju y Becker (2003), determinaron la actividad antioxidante por medio del método de la decoloración del  $\beta$ -caroteno. Zaporozhets y otros (2004), determinaron la actividad antioxidante por medio del empleo de la reacción con CuTAAB-SG (complejo cobre tetrabenzotetraazaciclohexadecina inmovilizado en sílica gel).

Yen y Chen (1995), determinaron el poder reductor empleando el método de Oyaizu, por medio de la reducción de hierro III a hierro II. Yen y otros (2000), midieron la actividad antioxidante sobre un sistema de ácido linoleico, formado por la muestra, una solución de emulsión de ácido linoleico y buffer de fosfato. La mezcla de reacción fue incubada a 37°C en la oscuridad, y el grado de oxidación fue medido por el método del tiocianato (empleando etanol, tiocianato de amonio, la muestra y cloruro ferroso). La mezcla fue homogeneizada y el valor de peróxidos fue determinado por lectura a 500 nm. El porcentaje de inhibición de la peroxidación del ácido linoleico fue calculado como (%) =  $[1 - (\text{absorbancia de la muestra a 500 nm}) / (\text{absorbancia del control a 500 nm})] \times 100$ . También se determinó el poder reductor del extracto.

#### **2.4.4. Relación actividad antioxidante-poder reductor**

Meir y otros (1995), reportaron una correlación positiva entre poder reductor total (medido por medio de la reducción de hierro III a hierro II) y capacidad antioxidante, medida como tiempo de inducción requerido para la oxidación del  $\beta$ -caroteno, en un sistema de peroxidación de lípidos en hojas de berro de agua (*Rorippa nasturtium aquaticum*) y salvia (*Salvia officinalis* L.). Por lo tanto, la capacidad reductora de un compuesto puede servir como un indicador de su potencial actividad antioxidante. Asimismo, Yen y otros (2000), reportaron una asociación entre poder reductor y actividad antioxidante. Estos autores comprobaron que el poder reductor del anthrone y la alizarina (son polifenoles del tipo de las antraquinonas) aumentó con un incremento en la concentración. Determinaron que el gran poder reductor del anthrone y la alizarina se correlaciona bien con su marcada acción antioxidante, indicando que su poder reductor contribuye a su actividad antioxidante.

Siddhuraju y otros (2002), trabajaron sobre *Cassia fistula* L., determinando que el poder reductor está asociado con la actividad antioxidante. Por su parte, Benzie y Szeto (1999), encontraron una correlación lineal entre la concentración de té (*Camellia sinensis*) y el test de poder reductor del hierro/antioxidante (prueba FRAP),

así como también una alta correlación entre el valor FRAP y la concentración de fenoles totales. Yen y Chen (1995), reportaron que distintos tipos de té: verde (no fermentado), semifermentado y fermentado (negro) presentaban fuerte actividad antimutagénica, actividad antioxidante, poder reductor y capacidad de capturar radicales libres y oxígeno. En el té semifermentado (oolong) se presentó la mayor actividad antimutagénica, actividad antioxidante, poder reductor y capacidad de capturar radicales libres y oxígeno, respecto del té verde y el fermentado.

El poder reductor de un compuesto puede servir como un indicador importante de su potencial actividad antioxidante (Meir y otros, 1995), aunque otros autores sostienen que no siempre existe una correlación lineal entre la actividad antioxidante total y el poder reductor (Yildirim y otros, 2000). Sin embargo, Yildirim y otros (2001), descartaron dicha hipótesis, ya que dichos autores encontraron que el poder reductor de los extractos aumenta con la concentración de los mismos, presentando una correlación estadísticamente significativa ( $r=0,99$ ) entre los compuestos fenólicos totales y el poder reductor en hojas y semillas de *Rumex crispus* L. También establecieron correlaciones estadísticamente significativas entre el contenido de fenoles totales y la capacidad de capturar radicales libres por DPPH, así como entre el poder reductor y capacidad de capturar radicales libres por DPPH. Finalmente, llegaron a la conclusión de que a medida que el contenido de fenoles totales aumenta, el poder reductor aumenta; que el poder reductor de un compuesto depende de la capacidad de transferir electrones del propio compuesto; por lo tanto, el poder reductor de un compuesto puede servir como un indicador significativo de su potencial actividad antioxidante. Resultados similares fueron reportados por Alma y otros (2003).

#### **2.4.5. Relación concentración fenólica-actividad antioxidante-poder reductor**

Fuhrman y otros (2001), sostienen que la capacidad antioxidante de los vinos blancos fue directamente proporcional a su contenido en polifenoles. Por su parte, Yen y otros (2000), comprobaron que el poder reductor del anthrone y la alizarina

(son polifenoles del tipo de las antraquinonas) aumentó con un aumento en la concentración de estos productos. Zheng y Wang (2001), comprobaron que los flavonoides, que contienen múltiples grupos hidroxilo, tienen mayor actividad antioxidante contra los grupos peroxilo, que los ácidos fenólicos. También establecieron una correlación lineal positiva entre el contenido fenólico y la capacidad antioxidante de distintas hierbas culinarias y medicinales.

Yen y otros (1993), trabajaron sobre cáscara de maní y encontraron actividad antioxidante en los extractos metanólicos de las mismas. Por otra parte, verificaron que al diluir el extracto, la actividad antioxidante disminuyó. Kähkönen y otros (2001), determinaron la existencia de correlación estadísticamente significativa entre el contenido de flavonoles y la actividad antioxidante, así como entre el contenido de ácidos hidroxicinámicos y la actividad antioxidante. Pero Kähkönen y otros (1999), sostienen que no encontraron correlaciones significativas entre el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante de diferentes extractos de plantas, empleando el método de oxidación del metil linoleato.

Benzie y Szeto (1999), encontraron que el poder antioxidante de distintos tipos de té se correlaciona fuertemente con el contenido de fenoles totales. Velioglu y otros (1998), trabajaron con diferentes materiales vegetales, determinando concentraciones fenólicas entre 169 y 10.548 mg/100 g de producto seco. Cuando todos los materiales vegetales fueron incluidos en el análisis estadístico, existió una correlación lineal positiva entre los fenoles totales y la actividad antioxidante. Sin embargo, cuando la correlación fue realizada entre vegetales ricos en antocianos y la actividad antioxidante, esta resultó no significativa.

Yildirim y otros (2000), trabajaron sobre extractos de *Tilia argentea* y encontraron que el poder reductor del extracto acuoso de *T. argentea*, fue dependiente de la concentración, del mismo modo que la actividad antioxidante. A mayor concentración del extracto, mayor poder reductor. Pero estos autores concluyeron en este trabajo, que no siempre existe una correlación lineal entre la actividad antioxidante total y el



poder reductor. Alma y otros (2003), trabajando sobre aceites esenciales de *Origanum syriacum*, determinaron que el poder reductor del aceite esencial de hojas de orégano aumentó a medida que la concentración de aceite empleada fue mayor. La actividad antioxidante, el poder reductor y la capacidad de capturar radicales dependieron de la concentración del aceite esencial, o sea del contenido de compuestos fenólicos presentes en el aceite esencial. Estos autores concluyeron que el poder reductor y la capacidad de capturar radicales de una sustancia pueden ser indicadores de su actividad antioxidante.

El poder reductor de un compuesto puede servir como un indicador importante de su potencial actividad antioxidante (Meir y otros, 1995), aunque otros autores sostienen que no siempre existe una correlación lineal entre la actividad antioxidante total y el poder reductor (Yildirim y otros, 2000). Esta afirmación puede justificarse si se analizan los distintos compuestos fenólicos que pueden existir en un extracto. Para un mismo tenor de fenoles totales, en un extracto pueden existir grandes concentraciones de antocianos. Landrault y otros (2001), correlacionan pobremente con la actividad antioxidante ( $r=0,30$ ); mientras que en otro extracto de igual concentración de fenoles totales, el grupo fenólico mayoritario puede ser ácido gálico y procianidinas que correlacionan más fuertemente con la actividad antioxidante, por lo tanto con el poder reductor ( $r=0,83$  y  $r=0,73$ , respectivamente).

Distintos autores han determinado que existe una correlación lineal positiva entre el contenido de fenoles totales y el poder reductor. Este hecho ha sido observado en distintos productos vegetales, como extractos de hierbas (Zheng y Wang, 2001); en té, se ha verificado que el poder antioxidante se correlaciona fuertemente con el contenido de fenoles totales (Benzie y Szeto, 1999). En vainas de maní se ha verificado también que la actividad antioxidante aumenta a medida que aumenta el contenido fenólico de los extractos (Yen y otros, 1993). Asimismo, en vinos se ha comprobado que la capacidad antioxidante es directamente proporcional a la concentración fenólica de los mismos (Fuhrman y otros, 2001). Si bien, otros autores sostienen que la actividad antioxidante de un extracto no puede predecirse en base a

su concentración fenólica (Kähkönen y otros, 1999). Sin embargo, al comparar los resultados de los distintos autores, debe considerarse que la eficiencia de los antioxidantes depende fuertemente de las condiciones de oxidación y del sustrato oxidable presente.

## **2.5. Aplicación de extractos vegetales o aceites esenciales**

Los aceites esenciales se encuentran en abundancia en el reino vegetal y se pueden localizar en diferentes partes de la planta por ejemplo: en hojas como albahaca (*Ocimum basilicum* L.), mejorana (*Origanum majorana* L.), menta (*Mentha rotundifolia* L.), romero (*Rosmarinus officinalis* L.), salvia (*Salvia officinalis* L.), en raíces de cálamo (*Acorus calamos* L.), valeriana (*Valeriana officinalis* L.), en la corteza de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Nees.), cedro (*Cedrela odorata* L.), sándalo (*Santalum album* Linn.), en flores como el jazmín (*Jasminum officinale* L.) y en la rosa (*Rosa* sp.). En cáscara de algunas frutas como el limón, mandarina, naranja (*Citrus sinensis* L.) y en frutos de anís (*Pimpinella anisum* L.), cardamomo (*Elettaria cardamomum* L.), eneldo (*Anethum graveolens* L.) e hinojo (*Foeniculum vulgare* Miller.) (Ronquillo, 2007).

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas complejas en cuya composición se encuentran los hidrocarburos como terpenos, alcoholes, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos, los cuales son los responsables del aroma que caracteriza a los aceites esenciales (Bakkali y otros, 2008). La actividad antifúngica de los aceites esenciales se asocia al contenido de fenoles monoterpenos especialmente el de tomillo (*Thymus vulgari* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y clavo (*Eugenia caryophyllata* Thunb). Su mecanismo de acción se asocia con la capacidad de interactuar con el citoplasma del patógeno y su modo de acción parece estar estrechamente relacionado con la solubilidad de cada compuesto (Ronquillo, 2007).

Se ha reportado toxicidad en humanos por la utilización de los aceites esenciales puros o en altas concentraciones, ocasionando desde irritaciones en la piel hasta cáncer. Sin embargo, la utilización de aceites en concentraciones mínimas no genera alteraciones en el organismo, siendo además productos considerados como GRAS (Bakkali y otros, 2008).

La actividad bactericida de los aceites esenciales ha sido reportada por varios autores (Tabla 7). Esta actividad podría estar relacionada a la respectiva composición de aceites volátiles de cada planta, a la configuración estructural de los componentes constituyentes de los aceites, a sus grupos funcionales y a posibles interacciones sinérgicas entre sus componentes (Dorman y Deans, 2000). La hidrofobicidad de los aceites esenciales les permite incorporarse a los lípidos de la membrana bacteriana, ocasionando trastornos en su estructura y permeabilidad, dando lugar a la fuga de iones y otros compuestos (Bosquez-Molina y otros, 2009).

**Tabla 7.** Aceites esenciales con efecto fungicida contra algunas especies de hongos postcosecha importantes en la producción hortofrutícola.

Patógeno	Aceite	Concentración	Resultados	Referencias
<i>Alternaria citri</i>	<i>Thymus vulgaris</i> L.	250 mg L <sup>-1</sup>	Inhibición del crecimiento micelial.	Arras y Usai, 2001
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cymbopogon martini</i> Rox. <i>Zyzygium aromaticum</i> L.	7800 mg L <sup>-1</sup>	Inhibición de la germinación	Wilson, 1997
<i>Penicillium digitatum</i> <i>P. italicum</i> <i>P. citrinum</i>	<i>T. vulgaris</i> L., <i>C. sinensis</i> L. <i>Poncirus trifoliata</i> L.	250, 275, 246 mg L <sup>-1</sup>	Inhibición del crecimiento micelial	Arras y Usai, 2001 Caccioni <i>et al.</i> , 1998
<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Anethum graveolens</i> L.	6 mg L <sup>-1</sup>	Inhibición del crecimiento micelial	Singh <i>et al.</i> , 2005
	<i>Citrus aurantifolia</i> Christm.	300 mg L <sup>-1</sup>		Mishra y Dubey, 1994
<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. niger</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Mentha viridis</i> L. <i>Ageratum conyzoides</i> L. <i>Rosmarinus officinales</i> L.	300 mg L <sup>-1</sup>	Retarda el crecimiento	Yang y Clausen, 2007

(Fuente: Ramos-García y otros, 2010)

De las hojas del aguacate, pulpa, piel y semillas de sus frutos se han aislado algunos metabolitos secundarios con potente actividad insecticida y fungicida, tal es el caso de varias acetogeninas como la persina e isopersina (Adikaram y otros, 1991; Carman y Handley, 1999) y de algunos furanos monoalquilados con restos alquilo de cadena larga como los avocado-furanos (Rodríguez-Saona y otros, 1999).

### **2.5.1. Prueba de susceptibilidad antimicrobiana**

Es un método cualitativo que se caracteriza por ser fácilmente estandarizable y que está indicado para microorganismo no exigentes de crecimiento rápido. Partiendo de una muestra clínica siempre se debe realizar un cultivo puro para poder comenzar el estudio de la sensibilidad antibiótica. Para esto se utiliza la técnica de aislamiento en placas que contengan un medio adecuado para la cepa en estudio (al cual además se le deben otorgar las condiciones atmosféricas específicas de esa cepa). El antibiograma por difusión en disco basado en el trabajo de Bauer y otros (1966), es uno de los métodos que el Comité Nacional para Estándares de Laboratorio Clínico (NCCLS por sus siglas en inglés) recomienda para la determinación de la sensibilidad bacteriana a los antibióticos (Taroco y otros, 2008).

El método de difusión en disco consiste en depositar en la superficie de una placa de agar Mueller-Hinton previamente inoculada con el microorganismo, discos de papel filtro impregnados con los diferentes antibióticos o extractos vegetales. Tan pronto el disco impregnado en extracto se pone en contacto con la superficie húmeda del agar, el filtro absorbe agua y el extracto difunde por el agar, formándose un gradiente de concentración. Transcurridas de 18 a 24 horas de incubación, los discos pueden o no aparecer rodeados por una zona de inhibición de crecimiento bacteriano (Taroco y otros, 2008).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Material vegetal**

El material vegetal fue colectado de varios establecimientos de comida en los cuales se desechan los residuos de aguacate tales como semilla y cáscara, mismos que fueron sometidos a congelación convencional hasta su utilización. Posteriormente, fueron trasladados al laboratorio de Microbiología Sanitaria e Inocuidad Alimentaria del CIIBAA en ITSON Unidad Centro, de Cd. Obregón, Sonora.

#### **3.2. Preparación de la muestra**

Para obtener extractos a partir de los residuos de aguacate (cáscara y semilla), estos fueron sometidos a limpieza quitando la pulpa y enjuagando con agua potable. Posteriormente, fueron pulverizados por separado en licuadora casera obteniendo un polvo fino.

##### **3.2.1. Extracción por maceración**

Se pesaron 10 g de muestra pulverizada (semilla y cáscara) y fueron sometidos a una extracción por maceración con agitación constante en 100 ml de metanol y/o acetona utilizando una relación 1:10 p/v por 3 días. Enseguida se realizó una filtración al vacío de la cual se obtuvo un volumen de aproximadamente 50 ml para cada extracto. Cada extracto fue debidamente identificado y puesto en refrigeración a 4°C hasta su concentración al 20% v/v, la cual fue llevada a cabo en un baño María con precisión digital marca Wisd modelo WiseBath WB-11 a 45°C por 6 horas.

### **3.2.2. Extracción metanólica**

Se realizó según Ornelas-Paz y otros (2010) con algunas modificaciones. Diez g de muestra pulverizada (semilla y cáscara), fueron colocados en tubos Falcon de 50 ml y se agregaron 20 ml de metanol al 80%. Se homogenizaron por 30 s a velocidad media en Ultra-Turrax IKA T18 basic y se sonicaron por 30 min en sonicador Branson 3510. Se procedió a centrifugar (HERMLE Z 323 K) por 15 min a 10,000 rpm a 4°C, recuperando el sobrenadante obtenido. Se repitió el mismo procedimiento con 2 volúmenes de 10 ml de metanol al 80% para después juntar los tres sobrenadantes y filtrar en papel Whatman No.1 para llevar a un volumen de 50 mL con metanol al 80%. Se concentró el extracto en un baño María (marca Wisd modelo WiseBath WB-11) con el fin de evaporar los extractos a una temperatura de 45°C por 6 h.

### **3.3. Medición de la capacidad antioxidante por el método DPPH**

Se determinó la capacidad antioxidante del extracto para inactivar el radical estable DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidracilo) según Brand-Williams y otros (1995), para lo cual se pesaron 0.0025 g del radical DPPH y se disolvieron en 100 ml de MeOH grado HPLC, después la solución se ajustó a una absorbancia de  $0.7 \pm 0.02$  a 515 nm en un espectrofotómetro visible GENESYS\* 20 (usando como blanco MeOH puro). Se añadieron 3.8 ml de la solución de radical DPPH en tubos de ensayo y se agregaron 200  $\mu$ l del extracto, se homogenizó y fueron incubados de 40-60 min a temperatura ambiente. Después se procedió a leer el blanco control (radical DPPH + MeOH 80%) y las muestras con el extracto. Se preparó una curva estándar de Trolox para sustituir los resultados de las muestras en la curva obtenida, reportando los datos como  $\mu$ M de equivalentes de Trolox/g de extracto.

### **3.4. Análisis de la capacidad antioxidante por el método ABTS**

El valor de TEAC (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) se determinó según la técnica seguida por Arumugam y otros (2006), la cual fue probar la

capacidad de los extractos para inactivar el radical ABTS: 2,2'azinobis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfónico). La preparación del radical (solución stock), para realizar la técnica de TEAC, consistió en pesar 0.0193 g de ABTS que fueron disueltos en 5 ml de agua destilada, mezclando perfectamente. En otro frasco, se pesaron 0.0378 g de persulfato de potasio y se agregó 1 ml de agua, mezclando bien. De la solución preparada anteriormente, se tomaron 88  $\mu$ l y se agregaron a la solución ABTS preparada inicialmente, se mezcló perfectamente para dejarlo reposar en oscuridad de 12-16 h a temperatura ambiente. Esta solución dio un color azul intenso característico. Como siguiente paso, se tomó 1 ml de la solución preparada y dejada en reposo anteriormente para agregar aproximadamente 88 ml de etanol. Se leyó la absorbancia hasta obtener  $0.7 \pm 0.02$  a una longitud de onda de 734 nm, ajustando la solución poniendo como blanco el solvente en el que esta disuelta la muestra y ajustando el radical con etanol.

Para la medición de las muestras con el radical se tomó la lectura inicial del radical, siendo la absorbancia inicial. Después se colocaron 2.5 ml de radical preparado en la celda de cuarzo con 33.7  $\mu$ l de muestra, se mezcló y se dejó reaccionar 1 min para posteriormente monitorearlo hasta que la reacción termine (estilo cinética, aproximadamente 7 min.) con absorbancia de 734 nm. Se preparó una curva estándar de Trolox para sustituir los resultados de las muestras en la curva obtenida. La prueba se realizó en un espectrofotómetro visible GENESYS\* 20. Los datos generados se reportan como  $\mu$ M de equivalentes Trolox/g de extracto.

### **3.5. Determinación de flavonoides totales**

La determinación de flavonoides totales se realizó de acuerdo al método descrito por Gracia (2007) con algunas modificaciones. Para ello se tomaron 200  $\mu$ l de extracto y se colocaron en tubos por triplicado, se adicionaron 4 ml de agua deionizada y 300  $\mu$ l de  $\text{NaNO}_2$  al 5%, se dejaron reposar por 5 min. Se agregaron 300  $\mu$ l de  $\text{AlCl}_3$  al 10% para dejarlos reposar 1 min. Enseguida se añadieron 2 ml de  $\text{NaOH}$  1N y 2.4 ml de agua destilada, agitando en Vortex-Genie 2. Se leyó la absorbancia a 510 nm

utilizando un espectrofotómetro visible GENESYS\* 20. Primero se leyó el blanco que contiene metanol al 80% en lugar de extracto y posteriormente se leyeron el resto de los tubos. La absorbancia de cada muestra se comparó con una curva estándar de quercetina. Los resultados se expresan como mg equivalentes de quercetina por gramo de extracto.

### **3.6. Determinación de fenoles totales**

Los fenoles totales se determinaron de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu (Wang y otros, 2010) con algunas modificaciones. Para ello se tomaron 100  $\mu$ l de extracto y se colocaron en tubos por triplicado; se agregaron 3 ml de agua deionizada para posteriormente adicionarle 250  $\mu$ l de reactivo de Folin-Ciocalteu 1N (1:1), se dejó reposar de 5-8 min para después agregar 750  $\mu$ l de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%; se les añadió nuevamente un volumen de 950  $\mu$ l de agua deionizada y enseguida se agitaron vigorosamente en Vortex-Genie 2 para dejarse reposar por 30 min. Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro visible GENESYS\* 20 a una longitud de onda de 765 nm, primero un blanco que contenía metanol en lugar de extracto y posteriormente se leyeron el resto de los tubos. Para la determinación se preparó una curva de calibración de ácido gálico (0.1 mg/ml) reportando los resultados como mg de equivalentes de ácido gálico/gramo de extracto.

### **3.7. Determinación de clorofilas y carotenoides totales**

Se pesaron 0.5 g de cada muestra (semilla y cáscara molidas en fresco) y se agregaron 5 ml de acetona al 80%, se homogenizó en Ultra-Turrax IKA T18 basic a velocidad media por 30 s y después se centrifugó por 5 min a 6,000 rpm a 4°C. Una vez realizado esto se aforó el sobrenadante a 10 ml con acetona al 80% para leer la absorbancia en un espectrofotómetro GENESYS\* 20 a 470 nm para carotenoides y a 645 y 663 nm para clorofilas totales (Camarena y otros, 2007), leyendo contra blanco de acetona al 80%. Los resultados se expresan basados en reportes de Lichtenthaler y Wellburn (1983) en  $\mu$ g/g de extracto para clorofilas  $\alpha$  y  $\beta$ , según las fórmulas: 12.21



$x A_{663} - 2.81 x A_{645}$  y  $20.13 x A_{645} - 5.03 x A_{663}$ , respectivamente, tomando como clorofilas totales la suma de éstas. Los carotenoides totales se expresan en  $\mu\text{g/g}$  según la siguiente fórmula: Carotenoides ( $\mu\text{g/g}$  extracto) =  $(1000 x A_{470} - 3.27 x \text{Clorofila } \alpha - 104 x \text{Clorofila } \beta / 229)$  donde A es la absorbancia a la longitud de onda indicada.

### **3.8. Prueba de susceptibilidad antimicrobiana**

Empleado para determinar la sensibilidad de un agente microbiano frente a un antibiótico o quimioterápico. Este método comprende un antibiograma o prueba de susceptibilidad bacteriana frente a drogas o sustancias específicas (INEI-ANLIS, 2001). Se utilizaron cepas aisladas de *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella choleraesuis* y *Listeria monocytogenes* para inocular tubos con caldo soya Tripticasa tomando una colonia de las mismas e incubando a  $37^{\circ}\text{C}$  por 18 h; obteniendo aproximadamente una concentración bacteriana de  $10^{-8}$  ufc/ml.

Posterior al crecimiento, las cepas (100  $\mu\text{l}$ ) fueron inoculadas en placas con agar Mueller-Hinton y fueron homogenizadas en la superficie mediante la utilización de perlas de vidrio por movimiento constante. Una vez inoculado, se colocaron sobre la superficie discos estériles de 0.6 mm (Whatman No. 1) y adicionaron 10  $\mu\text{l}$  de cada extracto (cáscara y semilla de aguacate). Finalmente las placas fueron invertidas y puestas en incubación a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 h. Después de 24 h de incubación, cada placa fue examinada y se midió las zonas de inhibición resultantes (medidos en mm con un calibrador Vernier con autolock, pasando por el centro del disco). Los tamaños de las zonas de inhibición son interpretados en las Tablas NCCLS para ser informado como susceptible, intermedio, o resistente a los antimicrobianos que se han probado.

### **3.9. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico donde se determinó la capacidad antioxidante, calculada mediante el método DPPH y ABTS, así como el contenido de fenoles

totales, flavonoides totales, clorofilas y carotenoides totales; donde los datos se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Capacidad antioxidante determinada por el método DPPH

Se midió la capacidad antioxidante de los extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos de cáscara y semilla de aguacate por el método DPPH, dando como resultado  $4.921 \pm 4.099$  y  $5.392 \pm 1.475$ ,  $11.778 \pm 0.082$  y  $12.718 \pm 0.067$ ,  $13.562 \pm 0.031$  y  $13.914 \pm 0.168$   $\mu\text{M ET/g}$  para cáscara y semilla, respectivamente. Dichos resultados representan la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado, con un coeficiente de determinación de 0.9917. Por su parte, Wojdylo y otros (2007) encontraron 0.073 y 0.107  $\mu\text{M ET/g}$  en hoja de Angélica (*Archangelica officinalis*) y *Valeriana officinalis*, respectivamente; valores que muestran similitud a los encontrados para los extractos de residuos de aguacate.

### 4.2. Capacidad antioxidante determinada por el método ABTS

Con respecto a la medición de la capacidad antioxidante en extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos de residuos de aguacate, empleando el método ABTS, se obtuvieron como resultado  $13.809 \pm 1.079$  y  $7.948 \pm 1.392$ ,  $11.710 \pm 0.052$  y  $11.059 \pm 0.117$ ,  $11.959 \pm 0.061$  y  $11.902 \pm 0.045$   $\mu\text{M ET/g}$  para cáscara y semilla, respectivamente. Estos resultados representan la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado, con un coeficiente de determinación de 0.9917. En su estudio, Guan y Whiteman (2002) reportaron cantidades de 0.033 y 0.059  $\mu\text{M ET/g}$  en los frutos durián (*Durios zibethinus*) y rambután (*Nephelium lappaceum*), respectivamente. Por su parte, Almajano (2009) reportó de 0.023 a 0.03  $\mu\text{M ET/g}$  en zumo de bayas de Goji; cantidades que se encuentran notoriamente por debajo de las encontradas para los extractos de residuos de aguacate.

### 4.3. Contenido de flavonoides totales

Los resultados para la determinación de flavonoides totales en los extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos, obtenidos a partir de residuos de aguacate, fueron los siguientes:  $0.563 \pm 0.004$  y  $0.557 \pm 0.009$ ,  $0.553 \pm 0.002$  y  $0.557 \pm 0.002$ ,  $0.516 \pm 0.000$  y  $0.516 \pm 0.000$  mg EQ/g en cáscara y semilla, respectivamente. Estos valores representan la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado, con un coeficiente de determinación de 0.9918. Por su parte, Gracia (2007) reportó 2.263 y 8.708 mg catequina/g en Berros (*Nasturtium officinale*) y Malva (*Malva sylvestris*), cantidades ciertamente mayores a las nuestras pero en una comparación distinta puesto que nosotros lo hicimos con quercetina y esto posiblemente influya en la diferencia. En su estudio, Doss y otros (2010) reportaron 0.481 y 0.293 mg quercetina/g en dos tipos de habas (*Canavalia gladiata* y *C. ensiformis*), valores que se encuentran por debajo a los obtenidos para extractos de residuos de aguacate y determinados según el estándar de quercetina utilizado en nuestro estudio.

### 4.4. Contenido de fenoles totales

Se determinó el contenido de fenoles totales en los extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos de cáscara y semilla de aguacate según la prueba Folin-Ciocalteu antes descrita y cuyos resultados fueron  $0.446 \pm 0.000$  y  $0.446 \pm 0.000$ ,  $0.398 \pm 0.014$  y  $0.266 \pm 0.006$ ,  $0.163 \pm 0.003$  y  $0.153 \pm 0.006$  mg EAG/g en cáscara y semilla, respectivamente. Dichos resultados representan la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado, con un coeficiente de determinación de 0.9946. Por su parte, Almajano (2009) reportó 0.003 mg EAG/g en bayas de Goji (*Lycium barbarum*), cantidad mucho menor a la encontrada en nuestros extractos. En cambio, Gracia (2007) también determinó fenoles totales y reportó 19.755 mg EAG/g en *Chenopodium murale* (quelite de puerco), aclarando que se trata de una hierba y nuestra materia prima fueron residuos del fruto de aguacate. En su estudio, Doss y otros (2010) también determinaron fenoles totales y encontraron 2.213 y 2.455 mg

EAG/g en dos tipos de habas (*Canavalia gladiata* y *C. ensiformis*), cantidades mayores a la de nuestros extractos.

Por su parte, Rusaczonok y otros (2007) determinaron los compuestos fenólicos de algunas hierbas culinarias, encontrando cantidades de 0.38 y 0.15 mg EAG para tallo de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y tallo de tomillo (*Thymus vulgaris* L.), respectivamente, lo cual es menor a nuestros extractos metanólicos; también obtuvieron 0.14 mg EAG en hoja de albahaca dulce (*Ocimum basilicum* L.), 0.10 y 0.08 mg EAG en pecíolo y tallo de melisa (*Melissa officinalis* L.) y 0.10 mg EAG en tallo de orégano (*Origanum vulgare* L.), todo ello menor a las cantidades determinadas en nuestros extractos acetónicos y polifenólicos de residuos de aguacate.

#### **4.5. Contenido de clorofilas totales**

Se realizó la determinación del contenido de clorofilas  $\alpha$  y  $\beta$  así como totales en los extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos de residuos de aguacate, dando como resultado 1.645 y 0.054, 5.129 y 0.124, 4.382 y 0.074  $\mu\text{g/g}$  de clorofila  $\alpha$  en cáscara y semilla, respectivamente. Para clorofila  $\beta$  se obtuvieron 0.409 y 0.078, 1.700 y 0.182, 1.445 y 0.127  $\mu\text{g/g}$  para cáscara y semilla, respectivamente. En cuanto a clorofilas totales se determinaron cantidades de 2.055 y 0.133, 6.829 y 0.182, 5.827 y 0.201  $\mu\text{g/g}$  en extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos de cáscara y semilla, respectivamente. Estos valores representan la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado para cada clorofila. Moreno y otros (2010) reportaron 8.34 mg/g en chile variedad Chilaca, cantidad muy por debajo a la obtenida en nuestros extractos. Por otro lado, Wang y otros (2010) encontraron 28.8  $\mu\text{g/g}$  de clorofilas totales en cáscara de aguacate variedad Hass, valor mucho mayor al obtenido en nuestro estudio; así como 41.2  $\mu\text{g/g}$  como máximo en semilla de aguacate variedad Hass; cantidad superior a la de nuestro extracto, tomando en cuenta que realizaron una extracción utilizando cloroformo/metanol y un previo

secado de la muestra, caso contrario al nuestro puesto que utilizamos solo metanol al 80% y con muestra en fresco.

#### **4.6. Contenido de carotenoides totales**

Los resultados para el contenido de carotenoides totales fueron 146.140 y 225.474, 649.455 y 537.177, 570.347 y 436.699  $\mu\text{g/g}$  en extractos metanólicos, acetónicos y polifenólicos de cáscara y semilla de aguacate, respectivamente. Valores que representan la media  $\pm$  desviación estándar de mediciones por triplicado a 470 nm. En su estudio, Wang y otros (2010) reportaron 17.7  $\mu\text{g/g}$  en cáscara y 6.3  $\mu\text{g/g}$  en semilla como máximos en aguacate variedades Tonnage y Hass, respectivamente; tomando en cuenta que su método de extracción utilizó cloroformo/metanol y muestra seca; para el nuestro fue muestra en fresco y las cantidades obtenidas fueron notablemente mayores. Por su parte, Lu y otros (2005) llevaron a cabo la determinación de cantidades de carotenoides menores a las nuestras pero identificaron algunos tipos como neoxantina, violaxantina, neocromo, luteína, zeaxantina,  $\alpha$  y  $\beta$  caroteno en pulpa de aguacate Hass California.

#### **4.7. Prueba de susceptibilidad antimicrobiana**

El extracto metanólico de cáscara no mostró actividad antimicrobiana contra *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*; sin embargo, inhibió 11.5  $\pm$  0.4 mm contra *E. coli* O157:H7. El extracto de semilla mostró mayor capacidad antimicrobiana para *E. coli* O157:H7, *Salmonella* y *L. monocytogenes* con halos de inhibición de 20, 24 y 36 mm, respectivamente. Este comportamiento es similar al reportado por Chia y Dykes (2010) en su estudio con extractos etanólicos de epicarpio y semilla de aguacate.

El extracto acetónico de cáscara no mostró actividad antimicrobiana. El extracto de semilla logró inhibir 9.5, 6.8 y 6.2 mm el crecimiento de *E. coli* O157:H7, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus*, respectivamente. Este comportamiento coincide con el

reportado por Rangel y otros (2001), donde evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos etanólicos, acetónicos y acuosos de *Baccharis nitida* (Ruiz et Pavon Pers) (“romerillo”), inhibiendo solamente el crecimiento de *Staphylococcus aureus* con halos de 13 a 17 mm.

El extracto polifenólico de cáscara solo logró inhibir 2.75 mm en el crecimiento de *Staphylococcus aureus*; por su parte, el extracto de semilla inhibió 4 mm sobre el mismo microorganismo. No mostró actividad antimicrobiana ante *E.coli* O157:H7 y *Salmonella*. Estos resultados son similares a los reportados por Rumbaoa (2011) en los que se determinó la actividad antimicrobiana en extractos de semilla de frutos tropicales, incluido el aguacate, obteniendo para éste halos de inhibición de 9 a 12 mm contra *Staphylococcus aureus*, zona mayor a la reportada en nuestro estudio.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados encontrados, la capacidad antioxidante de los extractos de cáscara y semilla de aguacate se ubica por encima de la reportada para algunos frutos y hierbas medicinales. Lo mismo sucede con respecto a fenoles totales, con resultados hasta tres veces mayor a los reportados en algunas publicaciones.

En flavonoides, los resultados representan una aportación importante a la investigación puesto que aun no existen estudios para su determinación en residuos de aguacate. Con respecto a clorofilas se obtuvo menor cantidad que la reportada en otros estudios con residuos de aguacate. Sobre carotenoides podemos concluir que se obtuvo una mayor cantidad que la obtenida en estudios anteriores y en uso de otros disolventes.

Con respecto a la actividad antimicrobiana de los extractos metanólicos, se concluye que solo el extracto de semilla es resistente (R) al crecimiento de las bacterias *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*. Para los extractos acetónicos, se determinó que el extracto de semilla no logró clasificarse como resistente al crecimiento microbiano, aun cuando presentó mayor inhibición que el extracto de cáscara. En cuanto a los extractos polifenólicos, tanto el de cáscara como el de semilla obtuvieron halos de inhibición pequeños, clasificándose como susceptibles al crecimiento microbiano. Todo ello basado en las tablas del NCCLS para *Enterobacteriaceae*.

De forma general, se llega a la conclusión de que los extractos de cáscara y semilla de aguacate aun representan una importante área de oportunidad en la investigación, todo ello encaminado a su uso como valor agregado en la industria farmacéutica y alimentaria.



## **RECOMENDACIONES**

La recomendación sería tomar en cuenta que para la determinación de capacidad antioxidante resulta más efectivo partir de una extracción polifenólica (acetona:agua:ácido acético) de acuerdo a los resultados obtenidos. No por ello excluir extracciones metanólicas y acetónicas, todo dependerá de los compuestos que se desean analizar. En todo caso, probar metodologías emergentes en el campo de la investigación.

También se recomienda seguir evaluando la actividad antioxidante y antimicrobiana de estos y otros extractos vegetales, con el fin de aportar información relevante al sector alimentario y farmacéutico, dándole valor agregado a los subproductos y contribuyendo al cuidado de nuestro medio ambiente.

## LITERATURA CITADA

- Adeyemi, O., S. Okpo; O. Ogunti. 2002. Analgesic and anti-inflammatory effects of the aqueous extract of leaves of *Persea americana* Mill (*Lauraceae*). **Fitoterapia**. 73: 375-380.
- Adikaram, N., D. Ewing; A. Karunaratne. 1991. **Phytochemistry**. 31: 93-96.
- Alma, M.H.; Mavi, A.; Yildirim, A.; Digrak, M. and T. Hirata. 2003. Screening chemical composition and in vitro antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils from *Origanum syriacum* L. growing in Turkey. **Biological and Pharmacological Bulletin**. 26(12):1725-1729 .
- Almajano, M. 2009. Determinación de la actividad antioxidante de las bayas de Goji. Consorci Escola Industrial de Barcelona. 09:321.
- Arumugam, P., P. Ramamurthy; S. Thyagarajan y A. Ramesh. 2006. Antioxidant activity measured in different solvent fractions obtained from *Mentha spicata* Linn.: An analysis by ABTS.+ decolorization assay. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**. 119-124.
- Bakkali, F., S. Averbeck; D. Averbeck y M. Idaomar. 2008. Biological effects of essential oils- A review. **Food and Chemical Toxicology**. 46:446-475.
- Bauer, A.; W. Kirby; J. Sherris; M. Turck. 1966. Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk method. **American Journal of Clinical Pathology**. 45:493-496.
- Bautista, R. y C. Ortega. 2002. El aguacate mexicano frente a la apertura del mercado norteamericano. **Revista Claridades Agropecuarias**. México. pp 3-20.
- Ben, A., G. Buffer, A. Barrientos-Priego, E. de la Cruz-Torres, y L. López-López. 1992a. A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. I.-General description of the international project and its findings. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp 535-541.

- Ben, A., L. López-López, E. de la Cruz-Torres, and A. F. Barrientos Priego. 1992b. A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. II.- Findings from the central part of México. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp 543-544.
- Benzie, Iris and Y.T. Szeto. 1999. Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/ antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 47:633-636.
- Bergh, B. 1992. The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. **California Avocado Society**. Yearbook 76:61-75.
- Bergh, B., y N. Ellstrand. 1986. Taxonomy of the avocado. **California Avocado Society**. Yearbook 70:135-145.
- Bosquez-Molina, E., S. Bautista-Baños y J. Morales-López. 2009. Aceites esenciales: bioconservadores con alto potencial en la industria alimentaria. **Industria Alimentaria**. 31:12-24.
- Bosquez-Molina, E., E. Ronquillo-de Jesús; S. Bautista-Baños; J. Verde-Calvo y J. Morales-López. 2010. Evaluation of the inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. **Postharvest Biology and Technology**. 57:132-137.
- Brai, B., A. Odetola; P. Agomo. 2007. Hypoglycemic and hypocholesterolemic potential of *Persea americana* leaf extracts. **Journal of Medicinal Food**. 10:356-360.
- Brand-Williams, W., M. Cuvelier, C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. 28(1):25-30.
- Butt, A., C. Roberts; A. Seawright; P. Oelrichs; J. Macleod; T. Liaw. 2006. A novel plant toxin, persin, with in vivo activity in the mammary gland, induces Bim-dependent apoptosis in human breast cancer cells. **Molecular Cancer Therapeutics**. 5(9):2300-2309.
- CAC (California Avocado Commission). 2009. Commodity Fact Sheet: Avocados. No. 09/09. California Foundation for Agriculture in the Classroom (CFAITC). River Plaza Drive, Sacramento, CA.

- Calderón, M.C. 2006. Un aliado para la salud y la belleza: la palta (aguacate). (Ver: [www.cicalmo.wordpress.com/2006](http://www.cicalmo.wordpress.com/2006))
- Camarena, E., S. Jiménez; T. Sánchez, A. Villagómez; R. Guevara; A. Rodríguez; R. Miranda. 2007. Caracterización sensorial y fisicoquímica de la pulpa de aguacate variedad Hass. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 51: 355-361.
- Canto, W., L. Santos y M. Travaglini. 1980. Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa. Estudos. Econômicos. Campinas: ITAL, pp 144.
- Carman, R. y P. Handley. 1999. Antifungal diene in leaves of various avocado cultivars. **Phytochemistry**. 50: 1329-1331.
- Castillo, J.; O. Benavente-García; J. Lorente; M. Alcaraz; A. Redondo; A. Ortuño y J. Del Río. 2000. Antioxidant activity and radioprotective effects against chromosomal damage induced in vivo by X-rays of Flavan-3-ols (Procyanidins) from grape seeds (*Vitis vinifera*): comparative study versus other phenolic and organic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48:1738-1745.
- Chia, R., Dykes, G.A. 2010. Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (*Persea americana*) of three cultivars. **Pharmaceutical Biology**. 48(7):753-6.
- COFB (Colegio Oficial de Farmacéuticos de Bizkaia). 1998. Fitoterapia, Vademécum de Prescripción: Plantas Medicinales. Asociación Española de Médicos Naturistas. Versión CD-Room, Wfitos 1.0.
- Cummings, K., CA. Schroeder. 1942. Anatomy of the Avocado Fruit. **California Avocado Society**. Yearbook 27: 56-64.
- DerMarderosian, A., Liberti; Lawrence; J. Beutler; C. Grauds; D. Tatro; M. Cirigliano; D. DeSilva. 2008. **The Lawrence Review of Natural Products**. 5<sup>th</sup> edition. Facts and Comparisons.
- Deshpande, S. y D. Salunke. 1982. Interaction of tannic acid and catechin with legume starches. **Journal of Food Science**. 47:2080-2081.

- Devia, J., D. Saldarriaga. 2005. Proceso para obtener colorante a partir de la semilla de aguacate. *Revista Universidad EAFIT*, 41(137): 36-43.
- Ding, H., Y. Chin; A. Kinghorn; S. D'Ambrosio. 2007. Chemopreventive characteristics of avocado fruit. *Seminars in Cancer Biology*, 17(5):386-394.
- Dorman, H. y S. Deans. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. ***Journal of Applied Microbiology***. 88:308-316.
- Doss, A., M. Pugalenti, D. Rajendrakumaran, V.Vadivel. 2010. Phenols, Flavonoids and Antioxidant activity of underutilized legume seeds. ***Asian Journal of Experimental Biological Sciences***. 1(3): 700-705.
- FAOSTAT. 2005. Aguacates Superficie cultivada (Ha)-Año 2005. (Ver: [http://www.fao.org/waicent/portal/statistics\\_es.asp](http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_es.asp))
- FAOSTAT. 2007. Producción de aguacate en 2007. (Ver: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>)
- Fernández, B. 1997. Comercialización del aguacate mexicano en los E.E.U.U. Asociación de Exportadores y Empacadores de Aguacate Mexicano, A. C. (ASEEAM). Recopilación de información, donada a la Fundación Salvador Sánchez Colín.
- Financiera Rural. 2009. Monografía Aguacate. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial.
- Fuhrman, B.; Volkova, N.; Suraski, A. and M. Aviram. 2001. White wine with red wine-like properties: increased extraction of grape skin polyphenols improves the antioxidant capacity of the derived white wine. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***. 49:3164 -3168.
- García E y E. Castro. 2008. El aguacate en México, origen y amenazas. [En línea]. *Revista Ciencia y Desarrollo*, Vol. 34, no. 225, Noviembre 2008. (Ver: <http://www.ciudadtijuana.com/zonacreativa/2009/enero/2conacytaguacate.html>)
- Gómez-López, V. 1998. Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of very low oil content. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***. 46(9):3643–3647.

- Gracia, MA. 2007. Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. 56(1).
- Guan, T., M. Whiteman. 2002. Antioxidant activities of some tropical fruits. (Ver: [http://staff.science.nus.edu.sg/~scilooe/srp2002/sci\\_paper/Biochem/research\\_paper/Tan%20Tze%20Guan1.pdf](http://staff.science.nus.edu.sg/~scilooe/srp2002/sci_paper/Biochem/research_paper/Tan%20Tze%20Guan1.pdf))
- Gupta, M. 2005. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. **Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y Subprograma de Química Fina Farmacéutica**. 1ª edición., pp 620.
- Hawkes, J. 1991. Centros de diversidad genética vegetal en Latinoamérica. *Diversity-America Latina*, 7(1,2):7-9.
- Heinonen, M., V. Ollilainen; E. Linkola; P. Varo; P. Koivistoinen. 1989. Carotenoids in Finnish foods: vegetables, fruits, and berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 37:655-659.
- Hernández, H. 2003. Antioxidantes en alimentos. *Revista de Salud Pública y Nutrición* (RESPYN), 4(4). (Ver: <http://www.respyn.uanl.mx/iv/4/invitado/index.html>)
- Hierro, M., M. Tomas; F. Fernández-Martin; G. Santa-María. 1992. Determination of the triglyceride composition of avocado oil by highperformance liquid chromatography using a light-scattering detector. **Journal of Chromatography**. 607: 329-338.
- INEI-ANLIS (Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas - Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud). 2001. Manual de Procedimientos para la Determinación de la Sensibilidad a los Antimicrobianos en Bacterias Aisladas de Humanos. Depto. de Bacteriología; Servicio Antimicrobianos. Buenos Aires, Argentina.
- Jayaprakasha, G., R. Singh; K. Sakariah. 2001. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. **Food chemistry**. 73:285-290.
- Jayaprakasha, G., T. Selvi; K. Sakariah. 2003. Antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. **Food Research International**. 36:117-122.

- Kähkönen, M., A. Copia; H. Vuorela; R. Jussi-Pekka; K. Piha-laja; T. Kujala y M. Heinonen. 1999. Antioxidant activity of plant ex-tracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47:3954-3962.
- Kähkönen, M., A. Copia y M. Heinonen. 2001. Berry fenolics and their Antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49: 4076-4082.
- Kahn, V. 1987. Characterization of Starch Isolated from Avocado Seeds. **Journal of Food Science**. 52 (6): 1646-1648.
- Kawagishi, H., Y. Fukumoto; M. Hatakeyama; P. He; H. Arimoto; T. Matsuzawa. 2001. Liver injury suppressing compounds from avocado (*Persea americana*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49(5):2215-2221.
- Landrault, N., P. Poucheret; P. Ravel; F. Gasc; G. Cros y P. Teissedre. 2001. Antioxidant capacities and phenolics levels of French wines from different varieties and vintages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49:3341-3348.
- Lassen, D., K. Bacon; J. Sutherland. 1944. Chromatographic investigation of the carotenoid pigments of the avocado. **Food Research International**. 9:427-433.
- Lee, S. 1981. Methods for percent oil analysis of avocado fruit. **California Avocado Society**. Yearbook 65:133-141.
- Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoides and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**. 11:591-592.
- Lu, Q., J. Arteaga; Q. Zhang; S. Huerta; V. Go; D. Heber. 2005. Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: Role of lipid-soluble bioactive substances. **Journal of Nutritional Biochemistry**. 16(1):23-30.
- Mazliak, P. 1965. Les lipides de l'avocat (*Persea americana* var. Fuerte). I. Composition en acides gras des diverses parties du fruit. **Fruits**. 20: 49-57.
- Meir, S., J. Kanner; B. Akiri; S. Hadas. 1995. Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 43:1813-1819.

- Moreno, S., J. Guerra, M. Cárdenas, M. Núñez, H. Gámez y J. Villareal. 2010. Determinación de carotenoides y clorofila en frutos de cuatro variedades de chile (*Capsicum sp.*). XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, México. pp 231-237.
- Muñoz, C. y S. Ledesma. 2002. Los alimentos y sus nutrientes. En: Tablas de Valor Nutritivo de Alimentos. Editorial McGraw-Hill, Interamericana. México. pp 51-52.
- Neeman, I., A. Lifstritz y Y. Kashman. 1970. New. Antibacterial agent isolated from the avocado pear. **Applied Microbiology**. 19:470-473.
- Ocampo, L. 2009. El aguacate y sus conservantes. Informe Final de Proyectos de Investigación. Centro Formativo de Antioquía, pp 8.
- Ojewole, J., G. Amabeoku. 2006. Anticonvulsant effect of *Persea americana* Mill (*Lauraceae*) (Avocado) leaf aqueous extract in mice. **Phytotherapy**. Res. 20: 696–700.
- Ojewole, J., D. Kamadyaapa; M. Gondwe; K. Moodley; C. Musabayane. 2007. Cardiovascular effects of *Persea americana* Mill (*Lauraceae*) (avocado) aqueous leaf extract in experimental animals. **Cardiovascular Journal of Africa**.18:69-76.
- Ornelas-Paz, J.J., Martínez-Burrola, J.M., Ruíz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G.I., Pérez-Martínez, J.D. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. **Food Chemistry**. 119:1619-1625.
- Ortiz, M., A. Dorantes; M. Gallindez; S. Cárdenas. 2004. Effect of a novel oil extraction method on avocado (*Persea americana* Mill) pulp microstructure. **Plant Foods for Human Nutrition**. 59: 11-14.
- Owolabi, M., S. Jaja; H. Coker. 2005. Vasorelaxant action of aqueous extract of the leaves of *Persea americana* on isolated thoracic rat aorta. **Fitoterapia**.76:567-573.
- Pahua, ME; Ortiz, A; Chamorro, G y S. Montiel. 2007. Estudio de las Propiedades de la Semilla de Aguacate (*Persea americana*) Variedad Hass, para el Aprovechamiento Integral del Fruto. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. México, D.F. pp 223-229.



- Paz V., R. 1997. Situación actual de la comercialización del aguacate michoacano *In*: Memoria del VI Curso de aprobación Fitosanitaria en el manejo del aguacate. Facultad de Agrobiología Uruapán Michoacán.
- Ramos-García, M., S. Bautista-Baños., L. Barrera-Necha. 2010. Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. **Revista Mexicana de Fitopatología**. 28(1): 44-57.
- Rangel D., García I., Velasco J., Buitrago D., Velazco E. 2001. Actividad antimicrobiana de los extractos etanólico, acetónico y acuoso de *Baccharis nitida* (Ruiz et Pavon) Pers. **Revista de la Facultad de Farmacia**. 42:43-46.
- Reuben, C. 2001. Hass Cultivation in México. *In*: **AvoResearch**, CAC 1(3):9-10.
- Rincón, A., A. Vásquez; F. Padilla. 2005. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cascaras de naranja, mandarina y toronja cultivadas en Venezuela. Unidad de Análisis de Alimentos, Facultad de Farmacia Universidad Central de Venezuela.
- Robbins, R. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51:2866-2887.
- Rodríguez-Saona, C., D. Maynard; S. Phillips. 1999. **Journal of Natural Products**. 62: 191-193.
- Ronquillo, E. 2007. Evaluación del potencial antimicrobiano de películas comestibles con aceites esenciales *in vitro* e *in situ*. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Iztapalapa, D. F., México. pp 46.
- Rumbaoa, R. 2011. Antimicrobial activity of tropical fruit seed kernel methanol extracts. The 12<sup>th</sup> Asean Food Conference 2011. 130:563-569.
- Rusaczonok, A., M. Żebrowska, B. Waszkiewicz-Robak, E. Ślusarczyk. 2007. Evaluation of phenolic compounds content and antioxidant capacity of herbs. **Polish Journal of Food and Nutrition Science**. 57 (4C): 483-488.
- SAGAR, 1994. Guía para el cultivo del aguacate. Guía técnica Núm. 5. Uruapán, Michoacán; México.
- Sánchez, S., M. Rubí. 1994. Situación Actual del Cultivo del Aguacate en México. **California Avocado Society**. Yearbook 78:61-74.

- Sánchez, S.; G. Zapata; E. Campos. 1997. Producción Nacional de Aguacate y su Comercialización. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. (Ver:[http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX\\_1997/Prod\\_Nal\\_Agua.pdf](http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1997/Prod_Nal_Agua.pdf))
- Sanginés, L. 2008. Aguacates en alimentación humana y animal, una reseña corta. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**. 15(3): 211-215.
- Santos, B. 2006. Implicaciones en la Salud de los Polifenoles de la Dieta. Universidad de Salamanca, Facultad de Farmacia.
- Schmidt-Hebbel, H. 1986. Tóxicos químicos en los alimentos. Avances en su identificación, previsión y desintoxicación. Fundación Chile, Santiago, Chile. pp 82.
- Schroeder, C. 1990. Useful fruits of avocado relatives. **California Avocado Society**. Yearbook 74: 243-245.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2008. Producción Agrícola de Aguacate. (Ver:[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&emid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&emid=350))
- Siddhuraju, P. y K. Becker. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51:2144 -2156.
- Siddhuraju, P.; P. Mohan y K. Becker. 2002. Studies on the antioxidant activity of Indian laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 79:61-67.
- Slater, G., S. Shankman; J. Shepherd; R. Alfin-Slater. 1975. Seasonal variation in the composition of California avocados. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 23:468-474.
- Smith, C. Jr. 1966. Archaeological evidence for selection in avocado. **Economic Botany**. 20:169-175.

- Storey, W., B. Bergh, y G. Zentmyer. 1986. The Origin, indigenous range and dissemination of the avocado. **California Avocado Society**. Yearbook 70:127-143.
- Swhisher, H. 1988. Avocado oil from food use to skin care. **Journal of American Oil Chemists Society**. 65:1704-1706.
- Taroco, R.; V. Seija; R. Vignoli. 2008. Métodos de estudio de la sensibilidad antibiótica. En: Temas de Bacteriología y Virología Médica. 36:663-671.
- Téliz, D. 2000. El Aguacate y su Manejo Integrado. Editorial Mundi-Prensa, México, Distrito Federal.
- Velioglu, Y., G. Mazza; L. Gao y B. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 46:4113-4117.
- Victoriano, CP. 2005. Mejorar la imagen del aguacate mexicano ante el mundo. Congreso Mexicano y Latinoamericano del Aguacate; 17 de octubre de 2005; México: Diario digital.
- Villanueva M. y S. Verti. 2007. Book: Avocado: Mexican Green Gold, Michoacan's Pride. Proceedings VI World Avocado Congress. Viña Del Mar, Chile.
- Vinson, J., Dabbag; M. Mamdouh y J. Jang. 1995. Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 43(11):2800-2802.
- Wang, W., T. Bostic; L. Gu. 2010. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food Chemistry**. 122: 1193-1198.
- Williams, L. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea* subg. *Persea*. **Economic Botany**, 31:315-320.
- Wojdylo, A., J. Oszmiński, R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. **Food Chemistry**. 105: 940-949.
- Yen, G. and Chen, H.Y. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 43:27-32.
- Yen, G., Duh, P.D., Chiang, D.Y. 2000. Antioxidant activity of anthraquinones and anthrone. **Food Chemistry**. 70:437-441.

- Yen, G., Duh, P.D. and Tsai, C. L. 1993. Relationship between antioxidant activity and maturity in peanuts hulls. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 41:67-70.
- Yildirim, A., A. Mavi y A. Kara. 2001. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49:4083-4089.
- Yildirim, A., A. Mavi; M. Oktay; A. Kara; O. Algur y V. Bilaloglu. 2000. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of Tilia (*Tilia argentea* Desf. Ex DC), Sage (*Salvia triloba* L.), and Black tea (*Camellia sinensis*) extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48:5030-5034.
- Yilmaz, Y. and R. Toledo. 2004. Health aspects of functional grape seed constituents. **Trends in Food Science and Technology**. 15:422-433.
- Yilmaz, Y. and R. Toledo. 2006. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industries byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed poly-phenols. **Journal of Food Composition and Analysis**. 19(1):41-48.
- Zapata A. G. 1997. Reporte del viaje de estudios del personal de la Fundación a la región aguacatera del Estado de Michoacán. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp 24.
- Zaporozhets, O.; Krushynska, O.; Liprovska, N. and V. Barvinchenko. 2004. A new test method for the evaluation of total antioxidant activity of herbal products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52:21-25.
- Zheng, Wei and Shiow Y. Wang. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 49:5165-5170.