



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
UNIDAD DE BIOTECNOLOGÍA Y PROTOTIPOS  
LABORATORIO DE FARMACOGNOSIA

Estudio sobre la actividad antifúngica de  
*Mangifera indica* L.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G A  
P R E S E N T A:

AURA OROZCO AGUIRRE

Directora de tesis: Dra. Ma. Margarita Canales Martínez

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2013.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## RECONOCIMIENTO

---

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Farmacognosia de la Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO) en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la U.N.A.M.

Fue dirigido por la Dra. María Margarita Canales Martínez.

Fue revisado por el siguiente jurado:

Dr. César Mateo Flores Ortiz

Dra. Ma. Margarita Canales Martínez

Dr. Marco Aurelio Rodríguez Monroy

M. en C. Ángel Durán Díaz

Biól. Luis Barbo Hernández Portilla

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM IN218511. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida. Así como al Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera (PAPCA 2013) con el número de proyecto 9.



## AGRADECIMIENTOS

---

*Primero que nada quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme sus puertas, ya que durante los últimos ocho años me ha brindado un sin fin de satisfacciones, entre las mayores, la de realizar mis estudios de licenciatura.*

*También quiero reconocer el apoyo y la excelente instrucción de mis profesores, entre ellos, a Ángel Lara, por contagiarme su entusiasmo por la biología en cada una de sus clases. A Luis Barbo, por ser tan trabajador y darse un tiempo para sus alumnos. A Irma Manuell Cacheux, por estar siempre al pendiente de sus alumnos y aconsejarlos de la mejor manera. A las profesoras Elena y Carmen, por el empeño en cada una de sus clases de biología del desarrollo. A Rodolfo García Collazo, por su paciencia para explicar un tema una y otra vez. A Dolores Hurtado, por expresarse siempre de manera clara y directa. A Leonor Abundiz, por todo lo que enseñado, dentro y fuera del salón de clases.*

*También agradezco a mis sinodales César Flores y Ángel Durán, ya que, aunque nunca tuve la oportunidad de ser su alumna, sé, por toda la ayuda aportada a este proyecto, que son personas comprometidas con su trabajo y con las personas.*

*Finalmente, agradezco de manera especial a Margarita Canales y a Marco Rodríguez por hacerme saber que “la fama cuesta”, por darme su apoyo, su generosidad, su confianza y su alegría desde el primer día que llegué al laboratorio.*

*También agradezco a todos y cada uno de mis compañeros de laboratorio por hacerme sentir parte de un gran equipo de trabajo. Por eso y más, muchas gracias.*



## DEDICATORIA

---

*Este trabajo, está dedicado principalmente a mi familia, gracias a su apoyo logré finalizar esta etapa de mi vida y gracias a ellos comenzaré muchas otras, sin duda son mi mayor soporte.*

*Lo dedico a mis padres por darme la vida, por darme la libertad de crecer a mi manera y por respetar mis decisiones... simplemente por ser los mejores padres que se pueden tener.*

*Se lo dedico a mi padre, José Antonio, ya que gracias a él no he sufrido ninguna carencia, pues es una persona responsable que ha sabido ordenar sus prioridades a lo largo de su vida y que ha sacrificado algunos sueños por sacar adelante a su familia.*

*Lo dedico a mi madre, Araceli, quien también se ha sacrificado en su vida y de quien he aprendido muchas cosas. Gracias por estar siempre pendiente de las necesidades de la familia y por siempre ayudarme a tomar las mejores decisiones.*

*También lo dedico a mi hermana, Nancy, por aguantarme desde que nació y por crecer conmigo, compartiendo experiencias y la vida.*

*Se lo dedico a Saúl, por ser mi mejor amigo, por aceptarme como soy, con todos mis defectos y mis virtudes, por apoyarme en todos mis proyectos y por avanzar de la mano hacia el futuro.*

*A todos mis amigos Nadia, Angélica, Claudia, Daniela, Meztli, Marisol, Ana Luz, Francisco, Rubí, Windy y a todos mis compañeros con los que compartí risas y prácticas de campo.*





 ÍNDICE GENERAL

---

ÍNDICE GENERAL .....	I
ÍNDICE DE CUADROS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
ANTECEDENTES .....	7
OBJETIVOS .....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos particulares .....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Colecta de material. ....	10
Obtención de los extractos y su rendimiento. ....	10
Evaluación de la actividad antifúngica. ....	10
Evaluación cualitativa. ....	11
Evaluación cuantitativa. ....	11
Análisis estadísticos.....	11
Estadística descriptiva. ....	11
Estadística inferencial.....	11
Caracterización química de los extractos .....	12
Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR).....	12
Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM).....	12
Evaluación Antioxidante.....	13



Determinación de la concentración de fenoles totales .....	13
RESULTADOS.....	14
Rendimiento del extracto.....	14
Evaluación cualitativa de la actividad antifúngica .....	15
Evaluación cuantitativa de la actividad antifúngica.....	16
Efecto sobre las cepas fúngicas. ....	16
Efecto de los extractos. ....	28
Análisis general. ....	48
Caracterización química de los extractos.....	50
Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR).....	50
Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM).....	60
Evaluación antioxidante .....	79
Concentración de fenoles totales .....	81
DISCUSIÓN.....	82
CONCLUSIONES.....	91
PERSPECTIVAS.....	91
APÉNDICES.....	92
Apéndice 1. Descripción botánica de <i>Mangifera indica</i> L. ....	92
Apéndice 2. Técnica de maceración.....	101
Apéndice 3. Inhibición del crecimiento radial (Wang y Bun, 2002).....	102
Método Cualitativo .....	102
Apéndice 4. Inhibición del crecimiento radial (Wang y Bun, 2002).....	103
Método Cuantitativo .....	103
Apéndice 5. Determinación de la composición química de los extractos.....	104

Apéndice 6. Método de reducción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracil (DPPH·). (Método modificado de Murillo, 2006).....	106
Apéndice 7. Método para la determinación de fenoles totales (Método modificado de Singleton et al., 1999).....	108
Apéndice 8. Espectros de luz ultravioleta .....	110
Apéndice 9. Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (CG-EM) .....	129
Apéndice 10. Estadística descriptiva .....	134
Apéndice 11. Saponificación de los extractos .....	134
REFERENCIAS .....	139



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Cepas de hongos filamentosos evaluadas. ....	10
<b>Cuadro 2.</b> Rendimiento de los extractos de cada variedad. ....	14
<b>Cuadro 3.</b> Evaluación cualitativa de la actividad antifúngica de las variedades de <i>M. indica</i> . .....	15
<b>Cuadro 4.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Ataúlfo. ....	29
<b>Cuadro 5.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Ataúlfo. ....	31
<b>Cuadro 6.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Criollo. ....	34
<b>Cuadro 7.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Criollo. ....	36
<b>Cuadro 8.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Manila. ....	38
<b>Cuadro 9.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Manila. ....	40
<b>Cuadro 10.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Niño. ....	42
<b>Cuadro 11.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Petacón. ....	44
<b>Cuadro 12.</b> Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Petacón. ....	46
<b>Cuadro 13.</b> Muestra la CF <sub>50</sub> de los extractos por cepa fúngica. ....	48
<b>Cuadro 14.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Ataúlfo. ....	51
<b>Cuadro 15.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Ataúlfo. ....	52

<b>Cuadro 16.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Criollo .....	53
<b>Cuadro 17.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Criollo. ....	54
<b>Cuadro 18.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Manila. ....	55
<b>Cuadro 19.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Manila. ....	56
<b>Cuadro 20.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Niño. ....	57
<b>Cuadro 21.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Petacón. ....	58
<b>Cuadro 22.</b> Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Petacón. ....	59
<b>Cuadro 23.</b> Presencia de los compuestos más frecuentes entre los nueve extractos. ....	61
<b>Cuadro 24.</b> Composición del extracto de cáscara de mango Ataúlfo. ....	63
<b>Cuadro 25.</b> Composición del extracto de semilla de mango Ataúlfo. ....	65
<b>Cuadro 26.</b> Composición del extracto de la cáscara de mango Criollo. ....	67
<b>Cuadro 27.</b> Composición del extracto de la semilla de mango Criollo. ....	68
<b>Cuadro 28.</b> Composición del extracto de la cáscara de mango Manila. ....	70
<b>Cuadro 29.</b> Composición del extracto de la semilla de mango Manila .....	71
<b>Cuadro 30.</b> Composición del extracto de la semilla de mango Niño. ....	72
<b>Cuadro 31.</b> Composición del extracto de la cáscara de mango Petacón. ....	74
<b>Cuadro 32.</b> Composición del extracto de la semilla de mango Petacón .....	77
<b>Cuadro 33.</b> Actividad antioxidante media de los diferentes extractos de <i>M. indica</i> . ....	80
<b>Cuadro 34.</b> Clasificación taxonómica de <i>Mangifera indica</i> L. ....	92
<b>Cuadro 35.</b> Preparación de las concentraciones de los extractos en ppm. ....	107
<b>Cuadro 36.</b> Concentraciones para preparar las soluciones problema para determinar fenoles totales .....	109


 ÍNDICE DE FIGURAS
 

---

<b>Figura 1.</b> Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de <i>A. niger</i> .	17
<b>Figura 2.</b> Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de <i>Aspergillus</i> sp.	19
<b>Figura 3.</b> Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de <i>F. moniliforme</i> .	21
<b>Figura 4.</b> Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de <i>F. sporotrichioides</i> .	23
<b>Figura 5.</b> Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de <i>R. lilacina</i> .	25
<b>Figura 6.</b> Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de <i>T. mentagrophytes</i> .	27
<b>Figura 7.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre <i>Aspergillus</i> sp.	30
<b>Figura 8.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre <i>F. moniliforme</i> .	30
<b>Figura 9.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre <i>R. lilacina</i> .	30
<b>Figura 10.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre <i>T. mentagrophytes</i> .	30
<b>Figura 11.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre <i>Aspergillus</i> sp.	32
<b>Figura 12.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre <i>F. moniliforme</i> .	32
<b>Figura 13.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre <i>F. sporotrichioides</i> .	32

<b>Figura 14.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre <i>R. lilacina</i> .....	32
<b>Figura 15.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	33
<b>Figura 16.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Criollo sobre <i>F. sporotrichioides</i> .....	35
<b>Figura 17.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Criollo sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	35
<b>Figura 18.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre <i>F. moniliforme</i> .....	37
<b>Figura 19.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre <i>F. sporotrichioides</i> .....	37
<b>Figura 20.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre <i>R. lilacina</i> .....	37
<b>Figura 21.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	37
<b>Figura 22.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre <i>F. moniliforme</i> .....	39
<b>Figura 23.</b> Crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre <i>F.</i> <i>sporotrichioides</i> .....	39
<b>Figura 24.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre <i>R. lilacina</i> .....	39
<b>Figura 25.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	39
<b>Figura 26.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre <i>Aspergillus</i> sp.....	41
<b>Figura 27.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre <i>F. moniliforme</i> .....	41

<b>Figura 28.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre <i>F. sporotrichioides</i> .....	41
<b>Figura 29.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	41
<b>Figura 30.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Niño sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	43
<b>Figura 31.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Petacón sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	45
<b>Figura 32.</b> Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Petacón sobre <i>T. mentagrophytes</i> .....	46
<b>Figura 33.</b> CF <sub>50</sub> del control positivo (Ketoconazol) .....	47
<b>Figura 34.</b> Concentración Fungicida Media para cada extracto por cepa fúngica. ....	49
<b>Figura 35.</b> Cromatograma del extracto de cáscara de Ataúlfo. ....	51
<b>Figura 36.</b> Cromatograma del extracto de semilla de Ataúlfo. ....	52
<b>Figura 37.</b> Cromatograma del extracto de cáscara de Criollo.....	53
<b>Figura 38.</b> Cromatograma del extracto de semilla de Criollo. ....	54
<b>Figura 39.</b> Cromatograma del extracto de cáscara de Manila. ....	55
<b>Figura 40.</b> Cromatograma del extracto de semilla de Manila.....	56
<b>Figura 41.</b> Cromatograma del extracto de cáscara de Niño. ....	57
<b>Figura 42.</b> Cromatograma del extracto de cáscara de Petacón. ....	58
<b>Figura 43.</b> Cromatograma del extracto de semilla de Petacón.....	59
<b>Figura 44.</b> Actividad antioxidante de la Catequina frente al DPPH. ....	79
<b>Figura 45.</b> Concentración antioxidante media de cada extracto.. ....	80
<b>Figura 46.</b> Concentraciones correspondientes al contenido de fenoles totales de los extractos.....	81
<b>Figura 47.</b> Árbol de <i>Mangifera indica</i> L. Marco (Schmidt, 2006). ....	92
<b>Figura 48.</b> Hojas nuevas. (Fotografía: C. Elevitch). ....	93
<b>Figura 49.</b> <i>Mangifera indica</i> L. (Hooker, 1850).....	95

<b>Figura 50.</b> A la izquierda una semilla monoembriónica y a la derecha una semilla poliembriónica (Bally, 2006).....	96
<b>Figura 51.</b> El área sombreada representa la distribución natural aproximada del mango (Parrota, 1993).....	97
<b>Figura 52.</b> Mango Ataúlfo .....	98
<b>Figura 53.</b> Mango Criollo .....	99
<b>Figura 54.</b> Mango Manila .....	99
<b>Figura 55.</b> Mango niño y subdesarrollo del embrión (Gehrke, 2008). .....	100
<b>Figura 56.</b> Mango Petacón .....	100





 RESUMEN

---

Algunos problemas de salud son causados por hongos, que además son identificados como agentes infecciosos en plantas de importancia agrícola. A pesar de la existencia de fármacos antimicóticos, su empleo debe ser restringido en ocasiones debido a su toxicidad o alto costo de producción, por lo tanto, la búsqueda de una alternativa menos agresiva y eficaz atañe al presente estudio, en el cual se ha podido demostrar la capacidad antifúngica que poseen los extractos de las semillas y las cáscaras de cinco variedades de mango (*Mangifera indica* L.).

Se obtuvieron los extractos por el método de maceración y se evaluó la actividad antifúngica mediante el método de inhibición del crecimiento radial. Se emplearon técnicas de CLAR y CG-EM para determinar la composición química de los extractos. Por último, se evaluó la actividad antioxidante por el método de reducción del DPPH· y se determinó la concentración de fenoles totales mediante la técnica de Folin-Ciocalteu.

Los extractos de cáscaras obtuvieron el mayor rendimiento, destacando el extracto de cáscara de mango Ataúlfo (52.18 %). La mejor actividad antifúngica observada fue para el extracto de semilla de mango Ataúlfo, pues fue capaz de inhibir el crecimiento de todas las cepas estudiadas, de éstas, la más vulnerable fue *T. mentagrophytes* ( $CF_{50}=1.35$  mg/mL). Tomando en cuenta el criterio de quienes consideran que 1000 mg/mL es una concentración mínima para considerar a una sustancia natural con efecto fungistático, se puede decir que el extracto de semilla (Ataúlfo) tiene esa cualidad, más aún por tratarse de un extracto crudo. A partir del análisis de los cromatogramas se pudo identificar mayoritariamente resorcinoles, mangiferina, flavonoles y derivados de ácido benzoico. Por otro lado, la CG-EM, develó la presencia de ácidos grasos, tales como ácido palmítico, linoleico y linolénico. La actividad antifúngica se adjudica tanto al resorcinol como a los ácidos grasos, ya que algunos autores han reportado ese efecto para estos compuestos. En la prueba de determinación de fenoles totales, los extractos de semilla de Ataúlfo, de Petacón y de Manila presentaron la mayor concentración de fenoles (75.2, 53.6 y 40.0 mg/g respectivamente), y así mismo, la actividad antioxidante más notable, con una capacidad antioxidante media de 1.18 ppm (semilla Manila), 2.53 ppm (semilla Ataúlfo) y

3.84 ppm (semilla Petacón). Se ha descrito a la mangiferina y los compuestos fenólicos como poderosos antioxidantes, aptos para reducir de manera eficaz los radicales libres que se suelen acumular después de una infección, ayudando al cuerpo a recuperarse más rápidamente.

Los nueve extractos presentaron actividad antifúngica sobre las seis cepas de hongos filamentosos. En su mayoría, los extractos presentaron ácidos grasos de cadena larga y compuestos como el resorcinol y la mangiferina. El extracto que presentó mayor cantidad de fenoles fue el de semilla de Ataúlfo, mientras que el de semilla de Manila presentó la mayor capacidad antioxidante.

---

 INTRODUCCIÓN

---

El empleo de productos de origen vegetal con fines de curación tiene su origen desde la prehistoria, cuando las necesidades de supervivencia del hombre fueron satisfechas y el desarrollo de tecnología fue de la mano con su evolución y nuevas necesidades, tales como la comunicación, generación de ideologías espirituales y la curación de enfermedades, por mencionar algunas. Se cuentan con materiales que describen el uso de medicina botánica en culturas de la antigüedad, un ejemplo, son las tablas de arcilla Sumerias con listas cuneiformes de remedios botánicos. Los antiguos egipcios enlistaron más de 850 plantas medicinales y remedios en el papiro Ebers, donde se expresa que los egipcios tenían la creencia de que el ajo tenía la capacidad de ahuyentar a las serpientes y deshacerse de parásitos intestinales (*Taenia*). Más hacia el oriente, en India, el poema Rig Veda da detalles sobre la medicina, describiendo la “serpiente de raíz”, planta utilizada para tratar mordeduras de serpiente, enfermedades mentales y como sedante (Summer, 2000). De manera particular, en Mesoamérica, las culturas prehispánicas, empleaban materiales de origen vegetal, animal y mineral para el tratamiento de enfermedades comunes, los que cimentaron las bases de la actual medicina tradicional (Rojas, 2009). Legado de ello, es el Códice Florentino, escrito por Fray Bernardino de Sahagún en 1557, en donde describe los nombres y usos de plantas medicinales y productos de origen animal empleados para tratar diversos padecimientos (Cortez et al., 2004).

En la actualidad, la población aún se enfrenta a problemas de salud, algunos de estos causados por microorganismos, como son bacterias, amibas y hongos, por mencionar algunos; se sabe que éstos últimos están involucrados en cuestiones de salud pública y también son identificados como los principales agentes infecciosos en plantas de importancia agrícola. Entre los géneros implicados se encuentran *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Fusarium* y el grupo de los dermatofitos (Mesa et al., 2004). Los mohos del género *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* causan el deterioro de muchos productos alimenticios y sus productos metabólicos suelen ser muy tóxicos, tanto para el hombre como para otros animales (Carrillo, 2003). Por otro lado, las micosis cutáneas se

encuentran entre las principales infecciones por hongos y son causadas por hongos dermatofitos como *Trichophyton mentagrophytes* que utilizan la queratina proveniente de la piel, cabello y uñas como fuente de nutrientes (Peres et al., 2010).

En los últimos 22 años las infecciones provocadas por algunos de los hongos mencionados anteriormente han aumentado (Hudson, 2001), esto se ve reflejado en la incidencia de contagios en pacientes inmunodeprimidos, como consecuencia de quimioterapias contra el cáncer, del sida o por haber sido sometidos a terapias inmunosupresoras tras un trasplante. Otro problema, es el control de hongos fitopatógenos, el cual es difícil de lograr debido a que tiene un costo elevado, ya que implica el desarrollo de nuevos pesticidas (Zavaleta, 1987, citado por López et al., 2005) que son causa de severos problemas de contaminación ambiental y de alimentos, con los consecuentes daños a la salud humana.

Desafortunadamente, a pesar de la existencia de antifúngicos, éstos suelen ser tóxicos o con un espectro de acción limitado, esto aunado a que la mayoría de los fármacos son fungistáticos y que se han empleado de manera prolongada, ha ocasionado que las cepas fúngicas se hayan seleccionado resistentes.

A todo lo anterior, se debe de agregar el hecho de que debido a que gran porcentaje de la población mexicana vive en situaciones socioeconómicas desfavorables, es común el desarrollo y diversificación de enfermedades gastrointestinales y respiratorias, que son la causa principal de decesos entre las poblaciones rurales, donde la adquisición de medicamentos se vuelve inasequible por los precios que estos tienen (Estrada y Morales, 2002).

Los motivos expuestos previamente plantean un desafío tras la búsqueda de alternativas antimicóticas menos invasivas, de menor costo, menor impacto ambiental y, por supuesto, eficaz. Y es por ello que se ha venido valorando la medicina tradicional como una alternativa para curar enfermedades, principalmente a través del empleo de plantas.

La mayoría de las plantas sintetizan metabolitos secundarios como las fitoanticipinas (compuestos antifúngicos preformados) y las fitoalexinas (compuestos antifúngicos de síntesis inducida), como parte de su desarrollo o en respuesta al estrés o al ataque de patógenos, entre ellos los hongos. La diversidad estructural de los compuestos antifúngicos es enorme y sólo se conoce una pequeña parte de ellos, puesto que las plantas estudiadas representan un pequeño porcentaje del total de las plantas del planeta. Por esta razón, dichas moléculas pueden ser candidatas para estudios *in vitro* contra agentes micóticos implicados en infecciones humanas y vegetales (Morrissey y Osbourn, 1999; Montes et al., 2000; Mesa et al., 2004).

Es bien conocido que la ubicación geográfica de nuestro país, aunado a sus características fisiográficas y climáticas le han concedido una gran diversidad faunística y florística. Gracias a esta megadiversidad, la población ha sido capaz de emplear estos recursos naturales a su favor. En México, existen registros del empleo de plantas para uso medicinal desde épocas prehispánicas, y se estima que en la actualidad, entre el 70 y 80% de la población las utiliza para combatir padecimientos tales como resfriados hasta enfermedades de tipo gastrointestinal. Sin embargo, sólo el 10% de las plantas utilizadas con fines terapéuticos han sido estudiadas a nivel farmacológico, microbiológico y/o fitoquímico (Didier, 1995).

Pero las plantas también han sido aprovechadas en el ramo agrícola, dando como resultado una variedad de cultivos, entre el que se encuentra una de las especies vegetales que es ampliamente conocida por su exótico fruto: el mango (*Mangifera indica* L.). Cuenta con un poco más de mil variedades que se distribuyen en el mundo (Bally, 2006) y se cultiva comercialmente en las áreas tropicales en altitudes desde el nivel del mar, hasta 600 metros (Gobierno del Estado de Colima, 2005). El fruto se desarrolla en climas cálidos y secos, que se encuentran desde la zona costera del oriente, centro y occidente del país hasta zonas de media altura con una temperatura de 26 a 32 °C y una precipitación promedio de 1,000 a 1,500 mm (Financiera rural, 2010). Los mangos se han

utilizado como un fruto comestible, consumido no sólo por su placentero sabor, sino por su valor nutricional y medicinal, pues contienen carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas (particularmente beta caroteno y ácido ascórbico). En adición a estos valores, el mango es utilizado para el tratamiento de trastornos gastrointestinales, biliares y de la sangre, así como escorbuto. También se emplea la semilla molida para tratar diarrea en islas del Pacífico (Bally, 2006). Su fruto es principalmente utilizado a nivel industrial para la producción de jugos y néctares, de modo que se desechan la cáscara y la semilla, los cuales pueden llegar a constituir entre el 15 a 18% y el 13 a 29%, respectivamente, del peso total del fruto (Bangerth y Carle, 2002, citado por Sumaya et al., 2012). Estas características del mango lo convierten en un buen candidato para la investigación sobre su posible capacidad antimicótica.

---

 ANTECEDENTES

---

El nombre *Mangifera indica* proviene del Tamil man-kay o man-gay, que se convirtió en manga en Portugués, y del Latín fer-fero, que significa producir (Scartezzini y Speroni, 2000), lo que se podría interpretar como árbol que produce mango. Por otro lado, *indica* hace alusión a su país de origen: India.

El empleo de extractos provenientes de hojas, raíces, corteza, semillas y pulpa de los frutos de mango con propósitos medicinales en ciertos países ha sido ampliamente reportado (Napralert Data Base, 2002, citado por Núñez, 2005).

Basados en estos reportes etnofarmacológicos, se ha determinado la presencia de metabolitos secundarios a los que se les atribuye en gran medida la propiedad medicinal del mango. Entre ellos se mencionan la mangiferina, una C-glucosilxantona con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, cardiotónicas, diuréticas y muchas otras; el ácido gálico y quercetina, han mostrado una fuerte actividad antiviral.

Conforme a lo anterior, Guevara et al., (2004) realizaron estudios químicos empleando el extracto acuoso de la corteza de mango en los que identificaron ácidos fenólicos, ésteres fenólicos, mangiferina y micronutrientes como el selenio, a los que se les confiere propiedades antioxidantes, así como analgésicas y antiinflamatorias.

Por otro lado, López et al., (2005) evaluaron el efecto inhibitorio de extractos vegetales acuosos, entre los que figura el de *M. indica*, contra hongos como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*.

Benites et al. (2010) evaluaron la actividad antibacterial, antioxidante y analgésica de extractos de *M. indica*; estas dos últimas relacionadas con la presencia de polifenoles.

Siguiendo esta línea, en 2010, Qudisia et al., evaluaron la actividad antifúngica de flavonoides aislados de *M. indica*.



Por su parte, Cojocarú et al. (1986) evaluaron la actividad antifúngica de la cáscara de *M. indica* contra *Alternaria alternata*.

En el año 2004, Guevara et al. valoraron el efecto del extracto acuoso de la corteza de *Mangifera indica* en pacientes con diferentes padecimientos, entre ellos, cervicitis, polineuropatías, hemorroides y pústulas, resultando en la curación de éstas y una mejoría general en la salud de los enfermos.

A pesar de que el mango es una planta con mucho potencial para ser empleada como agente contra infecciones fúngicas en plantas y en el humano, y del hecho que México es el quinto productor y primer exportador a nivel mundial, en este país se desconocen sus cualidades medicinales y por ende, sus desechos industriales (cáscara y semilla) no son aprovechados. Por otra parte, no hay estudios del valor antifúngico de las variedades de mango que se emplean en la presente investigación.

Lo mencionado con anterioridad, cimienta la importancia de la realización del presente estudio.

## OBJETIVOS

---

### **Objetivo general**

Evaluar y comparar la actividad antifúngica de los extractos de cinco variedades de la especie *Mangifera indica* L.

### **Objetivos particulares**

1. Obtener mediante maceración los extractos metanólicos de las variedades de *M. indica* L., así como determinar su rendimiento.
2. Evaluar cualitativamente la actividad antifúngica de los extractos mediante la técnica de inhibición del crecimiento radial.
3. Determinar la Concentración Fungicida Media (CF<sub>50</sub>) y la Concentración Fungicida Mínima (CFM) de los extractos de *M. indica* sobre las especies de hongos filamentosos.
4. Caracterizar químicamente los extractos mediante el empleo de cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM).
5. Evaluar la actividad antioxidante de los extractos de *M. indica* utilizando el método de reducción del DPPH.
6. Determinar la concentración de fenoles totales (Folin-Ciocalteu).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de material

Las cinco variedades vegetales con las que se trabajaron fueron adquiridas el mes de febrero de 2011 en la Central de Abasto de la Ciudad de México, procedentes de Cuetzala del Progreso, estado de Guerrero, y corresponden a las variedades Ataúlfo, Criollo, Manila, Niño y Petacón de la especie *M. indica* L. (Apéndice 1).

### Obtención de los extractos y su rendimiento

Para obtener los extractos, se cortaron en trozos pequeños las semillas y las cáscaras de cada uno de los frutos de mango y se secaron; una vez cortados se obtuvo el extracto metanólico mediante la técnica de maceración (Domínguez, 1973) (Apéndice 2). Posteriormente se calculó el porcentaje de rendimiento del extracto con base al peso inicial del material vegetal seco.

### Evaluación de la actividad antifúngica

Para la evaluación de la actividad antifúngica se utilizaron las siguientes cepas de hongos filamentosos (Cuadro 1):

<b>Cuadro 1.</b> Cepas de hongos filamentosos evaluadas.	
1. <i>Aspergillus niger</i>	CDBB-H-179
2. <i>Aspergillus</i> sp.	
3. <i>Fusarium moniliforme</i>	CDBB-H-265
4. <i>Fusarium sporotrichioides</i>	ATTC NRLL3299
5. <i>Rhizoctonia lilacina</i>	CDBB-H-306.
6. <i>Trichophyton mentagrophytes</i>	CDBB-H-1112

- Evaluación cualitativa

Para el análisis cualitativo se empleó la técnica de inhibición del crecimiento radial de Wang y Bun (2002), usando una concentración de 4000 µg por sensidisco del extracto a probar y 7 µg Ketoconazol como control positivo y, como control negativo se utilizaron sensidiscos impregnados con 10 µL de metanol. Los ensayos se realizaron por triplicado (Apéndice 3).

- Evaluación cuantitativa

Para la determinación de la concentración fungicida media (CF<sub>50</sub>) y la concentración fungicida mínima (CFM), se realizó mediante el método de inhibición del crecimiento radial reportado por Wang y Bun, 2002 (Apéndice 4). Las concentraciones que se emplearon para los bioensayos fueron: 8000, 6000, 4000, 2000, 1000, 500 y 250 µg/mL, cada bioensayo se realizó por triplicado.

### **Análisis estadísticos**

- Estadística descriptiva

Se calcularon la media, la desviación estándar, el mínimo y el máximo, así como los cuartiles (Q1, mediana y Q3) de los datos obtenidos a partir del crecimiento radial de cada cepa fúngica, bajo los distintos tratamientos (Apéndice 10).

También se elaboraron diagramas de caja para cada cepa, variedad, parte del fruto (cáscara o semilla) y concentración del extracto.

- Estadística inferencial

A partir de los resultados obtenidos de la actividad antifúngica cuantitativa, se realizó un análisis de varianza factorial para determinar si existían diferencias significativas entre la cepa fúngica, la variedad, la parte del fruto y la concentración.

Para lo anterior, se empleó el software Minitab versión 16.

## Caracterización química de los extractos (apéndice 5)

- Cromatografía líquida de alta resolución (CLAR)

El análisis CLAR se realizó en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución marca Hewlett Packard, Agilent Technologies series 1100 con un detector de arreglo de diodos (DAD por sus siglas en inglés y equipado con el software Agilent Chem-Station for LC and LC/MS systems. Como fase estacionaria se empleó una columna Allsphere ODS-1 de 250 mm de longitud por un diámetro interno de 4.6 mm y un tamaño de partícula de 5  $\mu\text{m}$ . La fase móvil estuvo conformada por metanol grado HPLC, acetonitrilo y agua destilada (25:25:50). Se estableció una longitud de onda de 254 nm, realizando un barrido completo de 200-400 nm a un flujo constante de 1 mL/min, y un tiempo de corrida de 15 minutos.

- Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM).

Para llevar a cabo el análisis en CG-EM se empleó un cromatógrafo 6850 Network GC System de Agilent Technologies acoplado a un espectrómetro de masas 5975C VL MSD con detector de triple eje, de la misma marca, equipado con una columna capilar RTX de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25  $\mu\text{m}$  de grosor, compuesta de dimetil polisiloxano (95 %) y fenil polisiloxano (5 %).

El modo de inyección utilizado fue un Split, radio 80:1, flujo de split 79.7mL/min, flujo de corrida 37cm/s. La temperatura del horno se programó de la siguiente forma: una temperatura inicial de 70 °C durante dos minutos tras lo cual se incrementó a 8 °C/min hasta alcanzar los 270°C y después a 10 °C/min durante seis minutos. El tiempo total fue de 30 minutos; temperatura de la línea de transferencia 290 °C.

Los espectros de masas que fueron obtenidos por Impacto Electrónico (EI) se obtuvieron con una energía de ionización de 70 eV (electrón Volts) y se detectaron en un rango de masa desde 35 a 600 m/z. Se empleó helio como gas de arrastre.

La identificación de los compuestos se llevó a cabo por medio de la base de datos de la biblioteca NIST (Linstrom y Mallard, 2013) y la PubMed Compound del Nacional Center of Biotechnology Information (NCBI).

### **Evaluación Antioxidante**

La evaluación antioxidante se llevó a cabo mediante el método de reducción del radical 2,2-Difenil-1-Picrilhidracil (DPPH·), método modificado de Murillo (2006) (Apéndice 6). Se evaluaron los extractos a diferentes concentraciones (1-100ppm).

### **Determinación de la concentración de fenoles totales**

Se llevó a cabo con todos los extractos mediante el método de Folin-Ciocalteu (modificado de Singleton et al., 1999), el cual está sustentado en una reacción de óxido reducción (Apéndice 7).


**RESULTADOS**
**RENDIMIENTO DEL EXTRACTO**

El peso obtenido de cada uno de los extractos fue contrastado contra el peso de la planta seca recolectada, con lo cual se halló el porcentaje de rendimiento (Cuadro 2). El extracto que obtuvo el mayor rendimiento fue el de la cáscara de Ataúlfo.

**Cuadro 2.** Rendimiento de los extractos de cada variedad.

Extracto	Peso (g)	Rendimiento (%)
<b>Ataúlfo cáscara</b>	<b>113.76</b>	<b>52.18</b>
Ataúlfo semilla	14.04	19.71
<b>Criollo cáscara</b>	<b>115.42</b>	<b>41.38</b>
Criollo semilla	17.14	8.97
Manila cáscara	49.4	15.97
Manila semilla	5.06	4.61
Niño cáscara	120.61	35.51
<b>Petacón cáscara</b>	<b>69.94</b>	<b>38.38</b>
Petacón semilla	2.28	2.76

**Nota:** Se resalta en negrita los extractos con mayor porcentaje de rendimiento.

### EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA

Se determinó que todos los extractos tuvieron actividad antifúngica sobre las seis cepas, siendo *T. mentagrophytes* la más sensible y *A. niger* la más resistente. Por otro lado, los extractos obtenidos de las semillas fueron más eficaces respecto a los de cáscaras (Cuadro 3), especialmente los de mango Ataúlfo, Manila y Petacón, y de manera opuesta, la cáscara de mango criollo solamente tuvo efecto sobre *F. sporotrichioides* y *T. mentagrophytes*. Todas las cepas fueron sensibles al control positivo (Ketoconazol), mientras que el control negativo (MeOH) no tuvo ningún efecto sobre el crecimiento de las cepas.

**Cuadro 3.** Evaluación cualitativa de la actividad antifúngica de las variedades de *M. indica*.

Variedad	Parte del fruto	Cepa fúngica					
		An	As	Fm	Fs	RI	Tm
Ataúlfo	Cáscara	✓	✓	✓	×	✓	✓
	Semilla	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Criollo	Cáscara	×	×	×	✓	×	✓
	Semilla	×	×	✓	✓	✓	✓
Manila	Cáscara	×	×	✓	✓	✓	✓
	Semilla	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Niño	Cáscara	×	✓	✓	✓	✓	✓
Petacón	Cáscara	✓	✓	×	×	×	✓
	Semilla	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = Inhibición, × = Sin inhibición, An= *Aspergillus niger*, As= *Aspergillus* sp., Fm= *Fusarium moniliforme*, Fs= *Fusarium sporotrichioides*, RI= *Rhizoctonia lilacina*, Tm= *Trichophyton mentagrophytes*.



## EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA

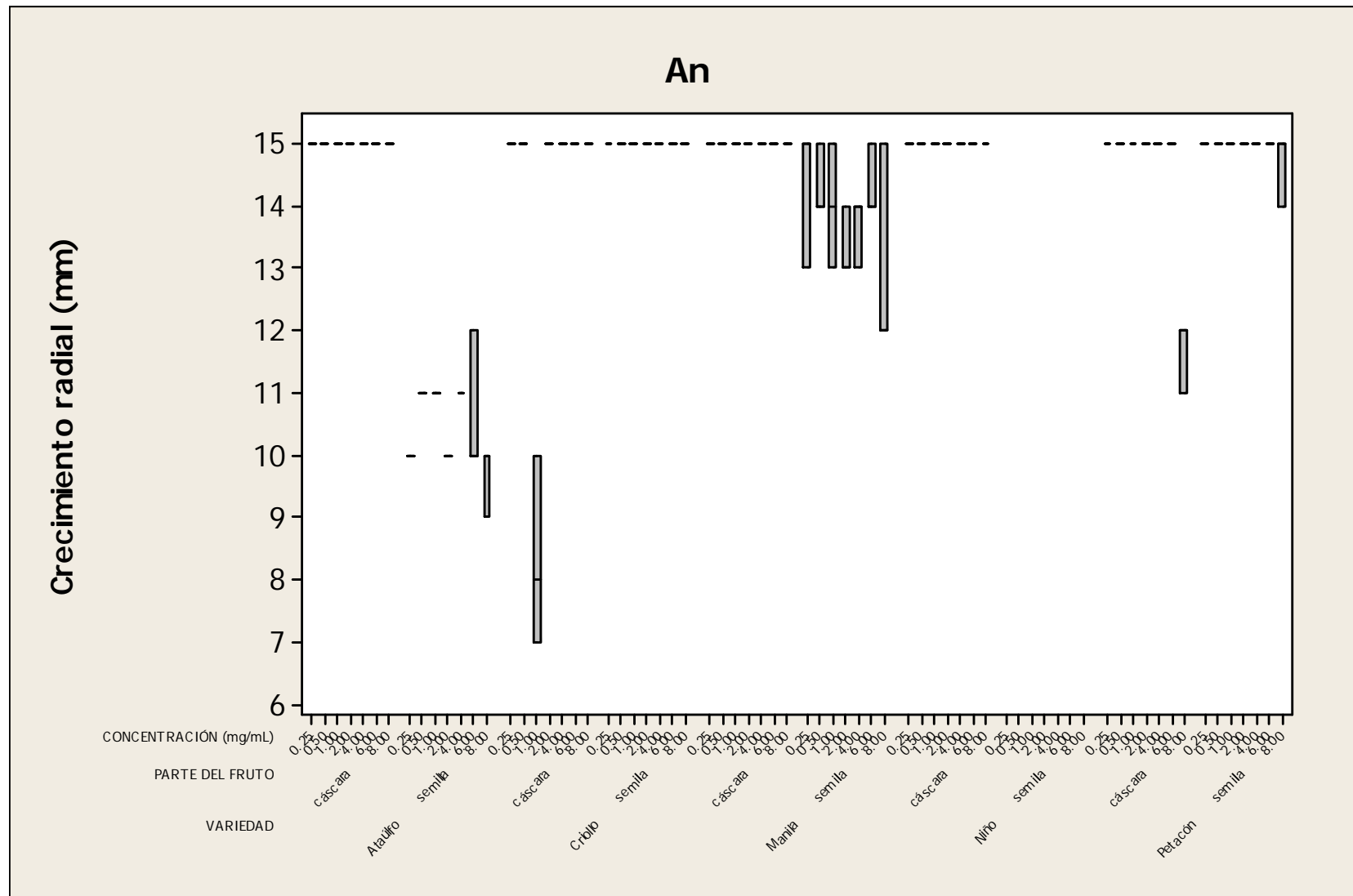
Los nueve extractos presentaron comportamientos diferentes respecto al efecto en el crecimiento radial de las seis cepas fúngicas y se describen a continuación.

### A) EFECTO SOBRE LAS CEPAS FÚNGICAS

El género *Aspergillus* fue el menos afectado al no ser inhibido por ningún extracto (Figuras 1 y 2), en contraparte *T. mentagrophytes* fue inhibido en su totalidad por los seis extractos (Figura 6). El género *Fusarium* y *R. lilacina* fueron inhibidos pero no de manera marcada, como el caso de *T. mentagrophytes*.

#### 1. *Aspergillus niger*

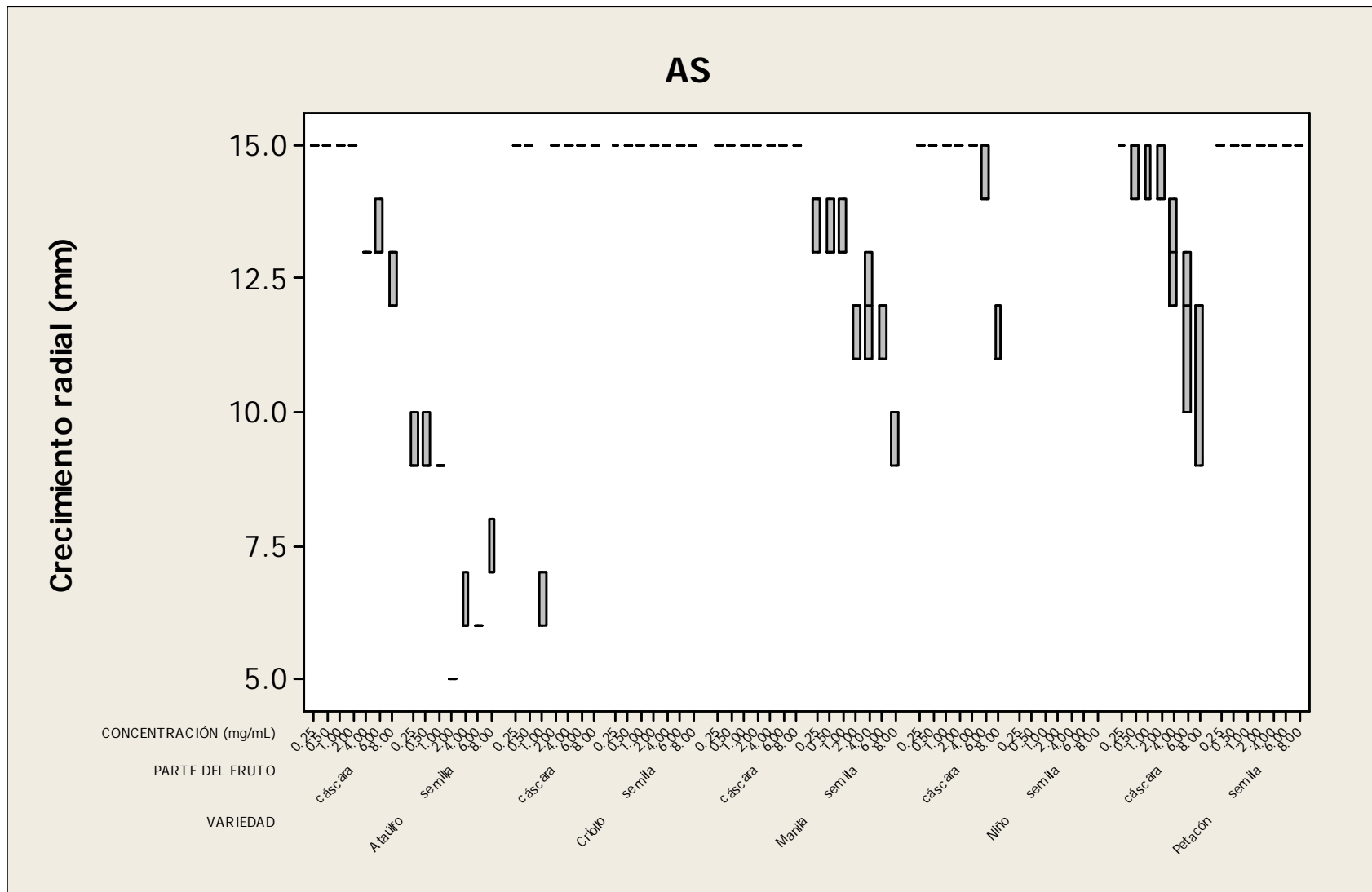
Cinco de los extractos evaluados no tuvieron un efecto inhibitorio, pues el diámetro de los micelios fue de 15 mm, es decir, el máximo diámetro posible, debido a las dimensiones de los pozos en donde se desarrolló el ensayo. A pesar de lo anterior, el extracto de semilla de Ataúlfo tuvo un crecimiento radial con medidas de diámetro de 9.6 mm en promedio, para la concentración más alta empleada (8 mg/mL), por lo que se puede decir fue el que tuvo la mejor acción antifúngica contra esta cepa. Por su parte, el extracto de semilla de Manila, tuvo halos de 13 a 14 mm en promedio con las siete concentraciones empleadas. Por último, los extractos de Petacón (cáscara y semilla) tuvieron una ligera inhibición, presentando, respectivamente halos de 12 y 14.6 mm en promedio para la concentración de 8mg/mL (Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de *A. niger*.

## 2. *Aspergillus* sp.

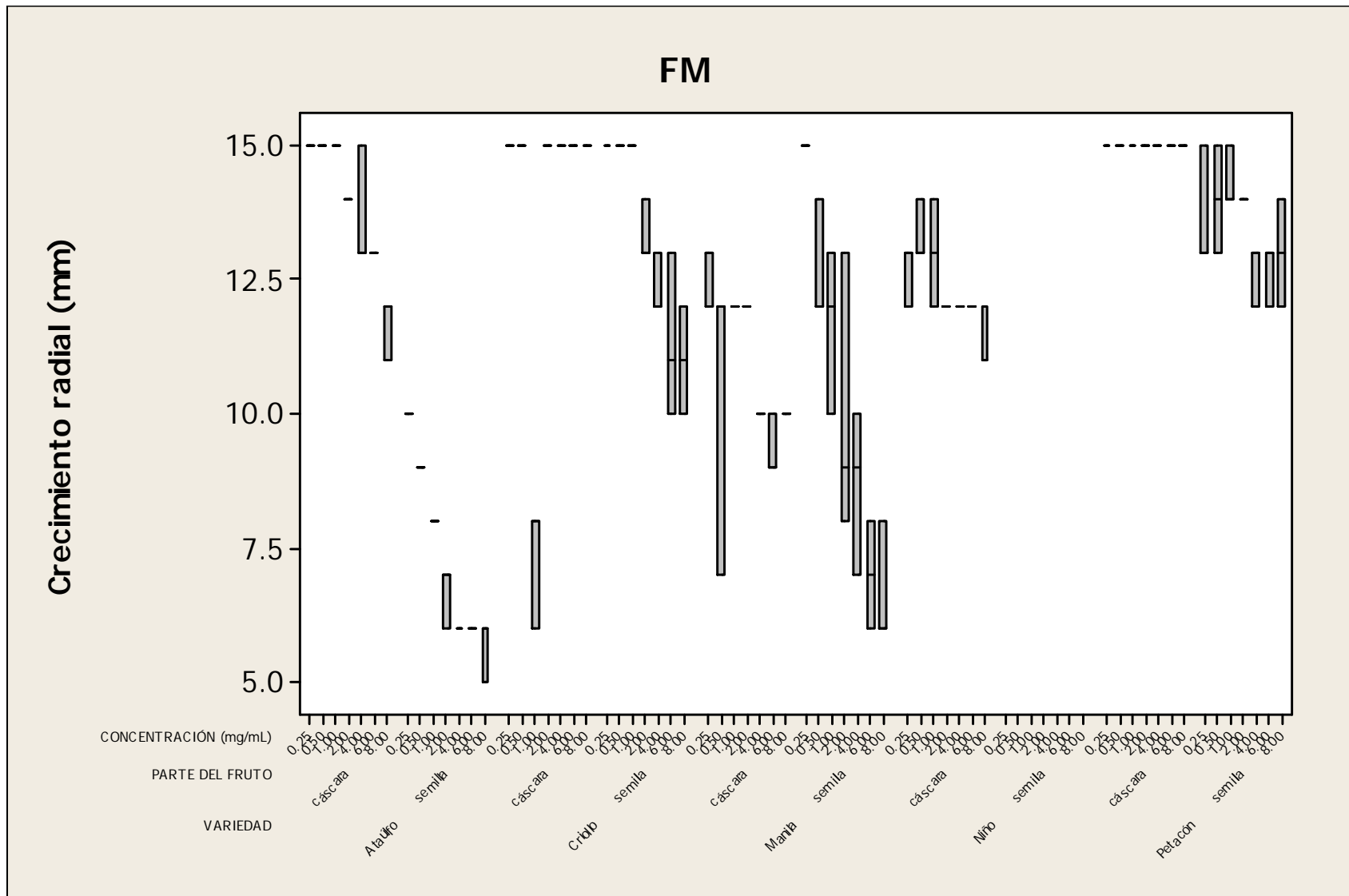
Cuatro de los extractos no tuvieron algún efecto sobre *Aspergillus* sp. (cáscara de Criollo y Manila, y las semillas de Criollo y Petacón), mientras que el resto presentaron una tendencia a disminuir el diámetro de micelio conforme se incrementaba la concentración y el caso más notorio es el de cáscara de Petacón, donde a partir de la concentración de 2 mg/mL, el tamaño en diámetro comienza a decrecer, de 15 mm a los 11 mm, en promedio. A pesar de lo anterior, el extracto que se puede considerar más activo es el de semilla de Ataúlfo, pues con 0.25 mg/mL, fue capaz de inhibir el crecimiento, presentando un crecimiento radial que oscila de los 7 a los 9.3 mm de diámetro (Figura 2).



**Figura 2.** Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de *Aspergillus* sp.

### 3. *Fusarium moniliforme*

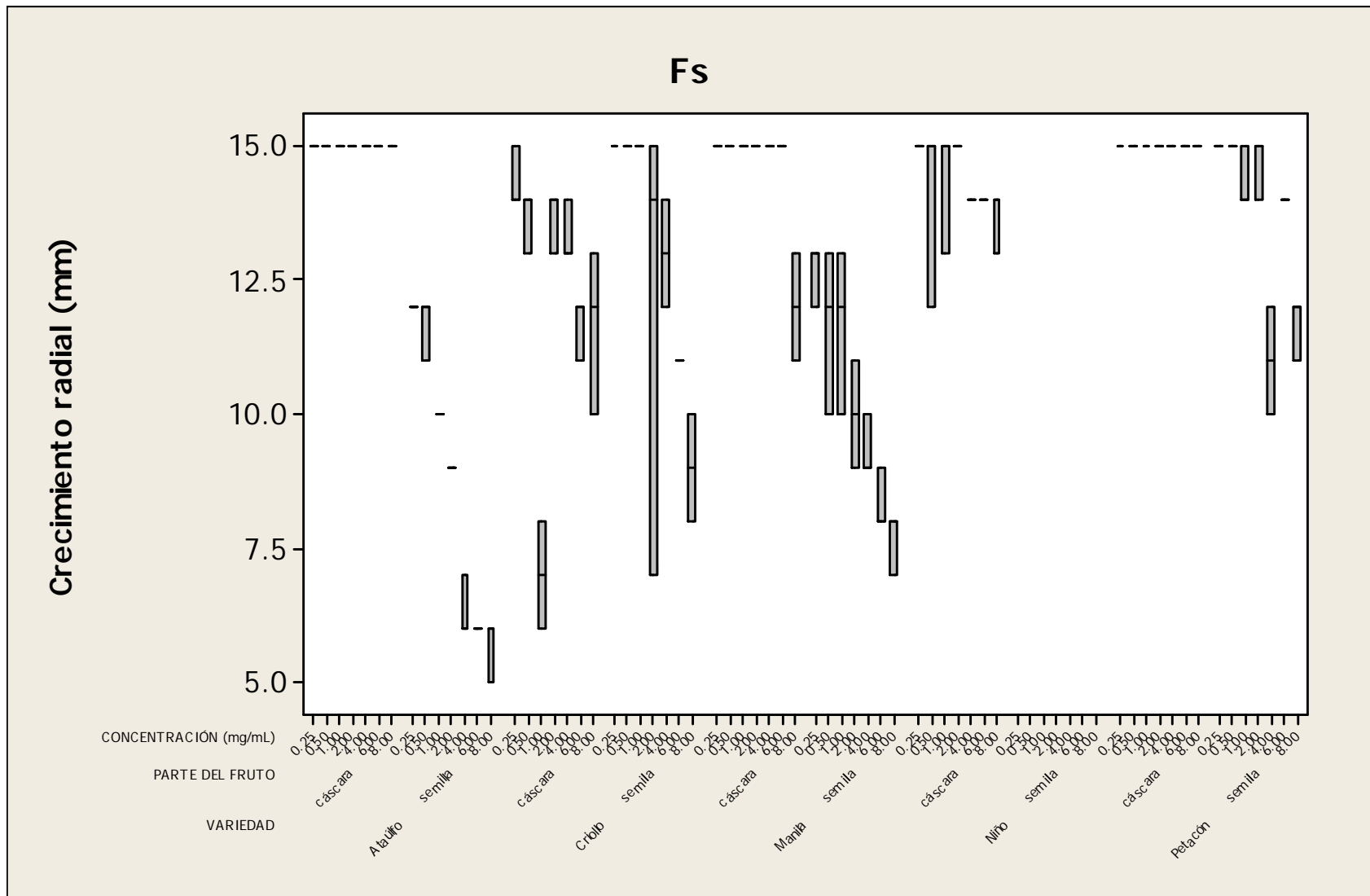
Existen variaciones en el crecimiento del micelio, éste fue reducido en diámetro conforme se aumentó la concentración de los extractos, siendo seis de ellos los que tuvieron dicho efecto y entre estos destacó el extracto de semilla de Ataúlfo pues produjo micelios con diámetros de 5.6 mm en promedio, con la concentración de 8 mg/mL. También hay que destacar la actividad de semilla de Manila, pues a la concentración más alta empleada alcanzó 6.6 mm en promedio. Ni la cáscara de Criollo, ni la de Petacón tuvieron un efecto positivo (Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de *F. moniliforme*.

#### 4. *Fusarium sporotrichioides*

Respecto al crecimiento radial, se observó un comportamiento similar al de *F. moniliforme*, es decir, que la medida del diámetro disminuyó conforme se aumentó la concentración de los extractos, e incluso, fue el mismo extracto (semilla de Ataúlfo) el más efectivo para la misma concentración 8 (mg/mL), dando por resultado micelios de 5.6 mm, en promedio. Tampoco fue afectado por los extractos de cáscara de Criollo y Petacón (Figura 4).

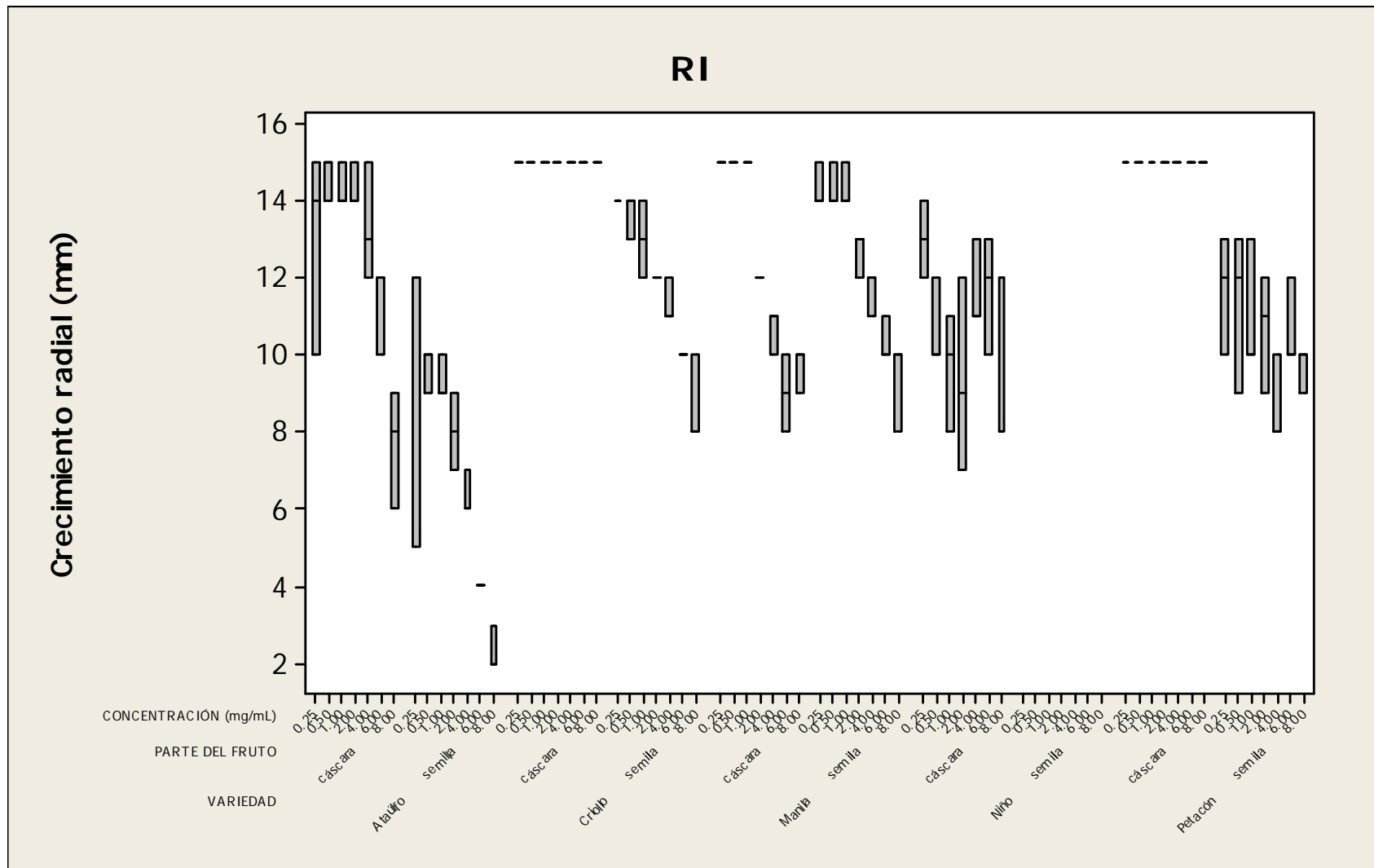


**Figura 4.** Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de *F. sporotrichioides*.



### 5. *Rhizoctonia lilacina*

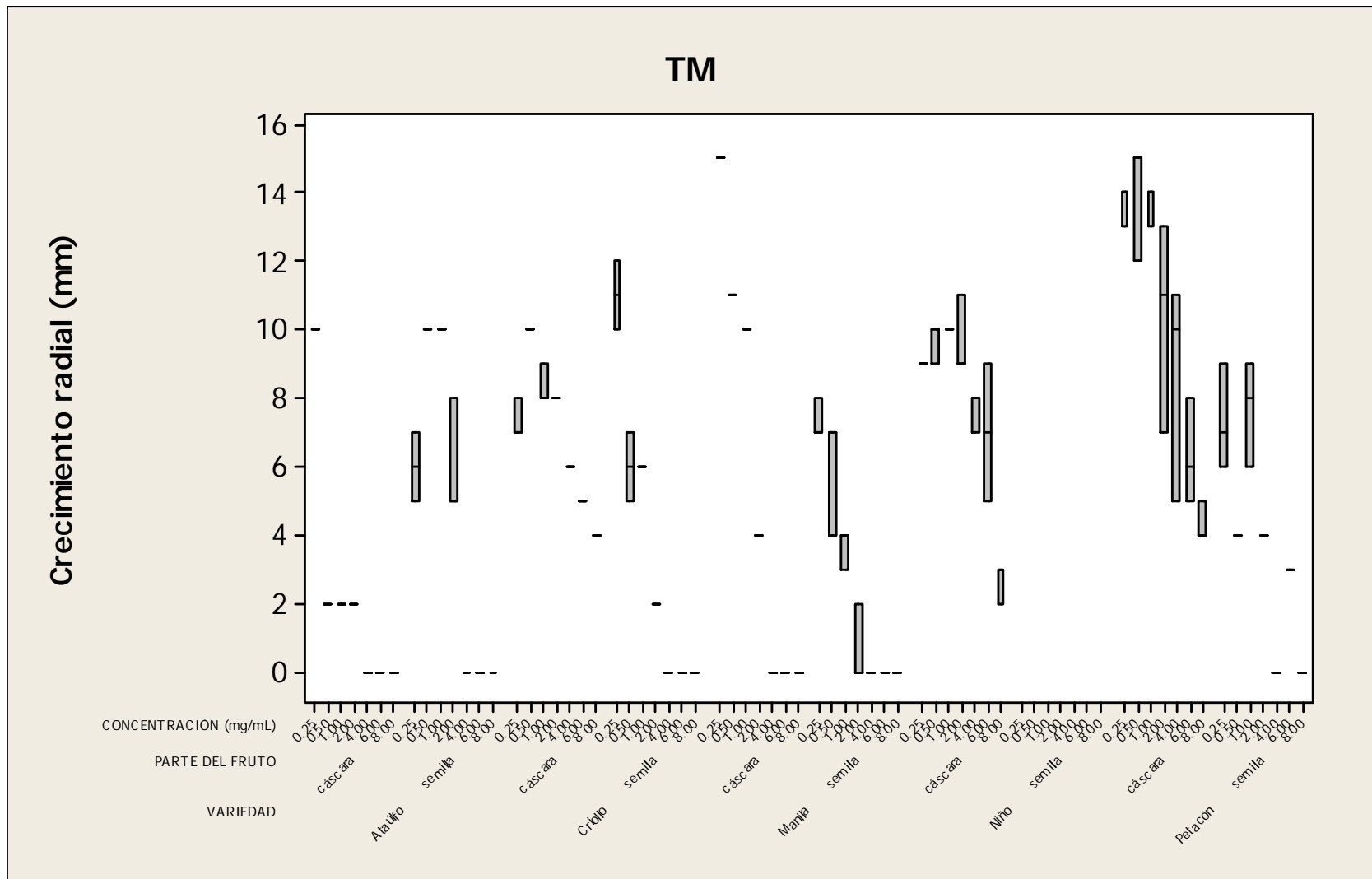
Se continúa observando la tendencia de encontrar micelios de menor diámetro conforme se incrementa la concentración para los nueve extractos, a excepción de las cáscaras de Criollo y Petacón en donde no hubo actividad antifúngica. Nuevamente el extracto de efecto más marcado fue el de semilla de Ataúlfo, donde el tamaño de diámetro se disminuyó desde los 9.6 (0.25 mg/mL) a los 2.3 mm (8 mg/mL) en promedio (Figura 5).



**Figura 5.** Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de *R. lilacina*.

#### 6. *Trichophyton mentagrophytes*

Esta cepa fue sensible a todos los extractos, de manera tal que se logró inhibir por completo su crecimiento con seis extractos (0.0 mm de diámetro) con las concentraciones de 4.0, 6.0 y 8.0 mg/mL. El extracto que tuvo más actividad fue el de cáscara de Ataúlfo, pues desde la concentración de 0.50 mg/mL se alcanzaron diámetros de 2 mm en promedio. Por su parte, el extracto de semilla de Manila inhibió un 100 % a partir de la concentración de 4 mg/ mL. Los tres extractos restantes (cáscara de Criollo, Niño y Petacón) alcanzaron su máximo efecto a los 8 mg/mL desarrollando respectivamente micelios con 4, 2.6 y 4.3 mm de diámetro, en promedio (Figura 6).



**Figura 6.** Diagrama de caja de la actividad los extractos sobre el crecimiento radial de *T. mentagrophytes*.

## B) EFECTO DE LOS EXTRACTOS

Los nueve extractos presentaron comportamientos diferentes respecto al efecto en el crecimiento radial de las seis cepas fúngicas. Por un lado, de entre los extractos de semillas, el de Ataúlfo fue el de mejor actividad antifúngica, al inhibir el crecimiento de todas las cepas, incluso el de *A. niger*, acción que el resto de los extractos no logró (excepto el de semilla de Manila, pero en menor proporción); además de inhibir en su totalidad a *T. mentagrophytes* (Cuadro 5).

Por el lado de los extractos de cáscara, el de Petacón destaca por su acción contra las cepas del género *Aspergillus* (Figuras 1 y 2), sin embargo, el extracto que tuvo un efecto positivo sobre la mayoría de las cepas fue el de Niño, aunque se necesitan grandes concentraciones de extracto para alcanzar la  $CF_{50}$ . Por su parte el extracto de Ataúlfo obtuvo las menores  $CF_{50}$  para este grupo (Figura 34), en especial contra *T. mentagrophytes* ( $CF_{50}=0.16$  mg/mL) por lo que se puede decir que en comparación con el resto de los extractos, tiene mejor actividad antifúngica.

Al contrastar los resultados del Ketoconazol (control positivo) contra el extracto de mejor desempeño en la actividad antifúngica (semilla de Ataúlfo) se puede observar que tienen comportamientos semejantes, pues se necesita una menor concentración para inhibir el crecimiento de *T. mentagrophytes* (1.16  $\mu$ g/mL y 1.35 mg/mL respectivamente) que el de *A. niger*, la única variación se presenta con *R. lilacina*, el cual, para ser inhibido por el Ketoconazol requiere concentraciones mayores que *A. niger*, lo que no sucede con nuestro extracto (Cuadro 13).

A continuación se explican los resultados obtenidos por cada uno de los extractos sobre cada cepa.

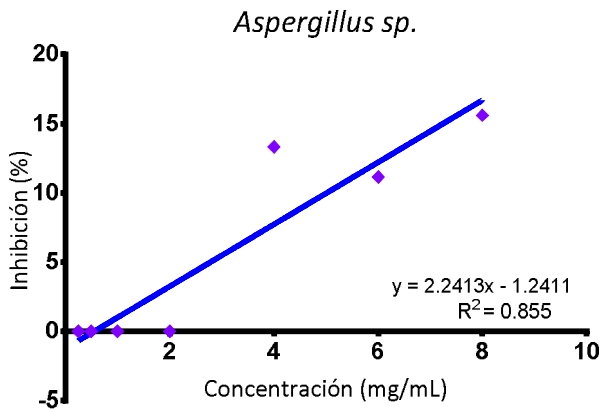
## 1. Cáscara de mango Ataúlfo

En el cuadro 4 se puede observar el porcentaje de inhibición de cada cepa fúngica ligada a la concentración del extracto en cuestión. El dato más sobresaliente fue sobre *T. mentagrophytes*, la cual fue inhibida en un 100% a partir de los 4 mg/mL (Figura 10), además de alcanzar la  $CF_{50}$  a 0.16 mg/mL del extracto (Figura 34). No hubo inhibición de *A. niger* ni de *F. sporotrichioides* (Cuadro 4).

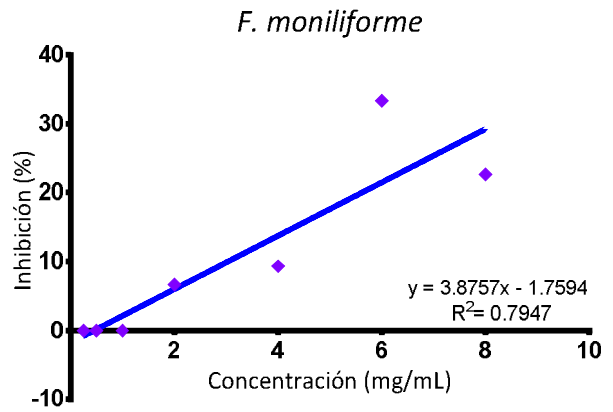
**Cuadro 4.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Ataúlfo.

Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	RI	Tm
0.25	0	0	0	0	13.33	33.33
0.5	0	0	0	0	2.26	86.66
1	0	0	0	0	4.46	86.66
2	0	0	6.66	0	4.46	86.66
4	0	13.33	9.33	0	11.13	100
6	0	11.13	33.33	0	24.46	100
8	0	15.6	22.66	0	48.93	100

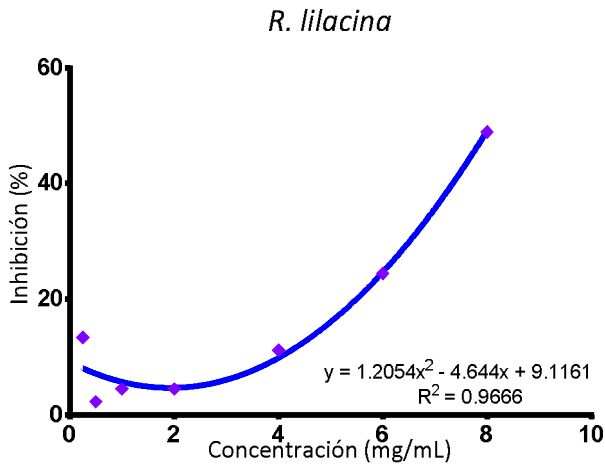
Por su parte, las figuras 7 a 9 muestran el comportamiento de *Aspergillus* sp., *F. moniliforme* y *R. lilacina*, cuyo mayor porcentaje de inhibición se dio con la concentración más alta empleada (8 mg/mL).



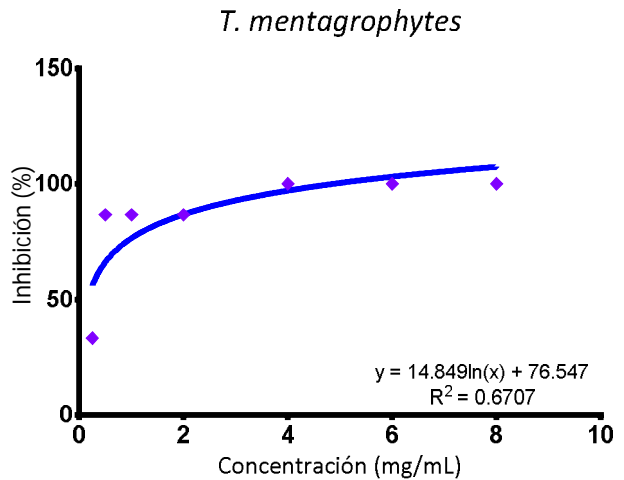
**Figura 7.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre *Aspergillus sp.*



**Figura 8.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre *F. moniliforme*.



**Figura 9.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre *R. lilacina*.



**Figura 10.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Ataúlfo sobre *T. mentagrophytes*.

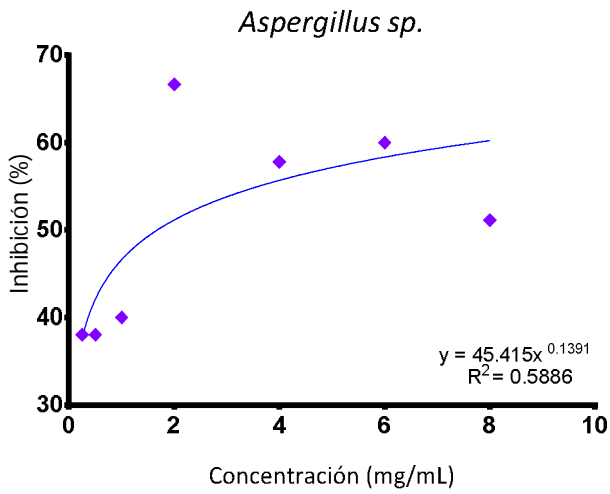
## 2. Semilla de mango Ataúlfo

El género *Aspergillus* fue el más resistente al extracto (Figura 11) y *A. niger* no alcanzó la  $CF_{50}$  con la concentración más alta ensayada. Se inhibió en un 100% a *T. mentagrophytes* a partir de la concentración de 4 mg/mL del extracto (Cuadro 5, figura 15), convirtiéndola en la cepa más sensible con una  $CF_{50}$  de 1.35 mg/mL (Figura 34), seguida de *F. moniliforme*, *R. lilacina* y *F. sporotrichioides* (Figuras 12-14) con concentraciones fungicidas medias de 1.51, 2.62 y 3.71 mg/mL respectivamente.

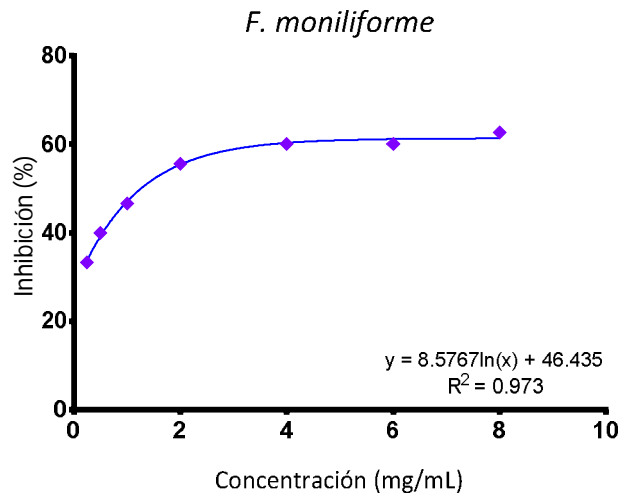
**Cuadro 5.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Ataúlfo.

Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	RI	Tm
<b>0.25</b>	33.33	38	33.33	20	35.6	26.66
<b>0.5</b>	26.66	38	40	22.66	36	33.33
<b>1</b>	26.66	40	46.66	33.33	38	33.33
<b>2</b>	33.33	66.66	55.6	40	46.66	60
<b>4</b>	26.66	57.8	60	58	58	100
<b>6</b>	29.33	60	60	60	73.33	100
<b>8</b>	36	51.13	62.66	62.66	84.66	100

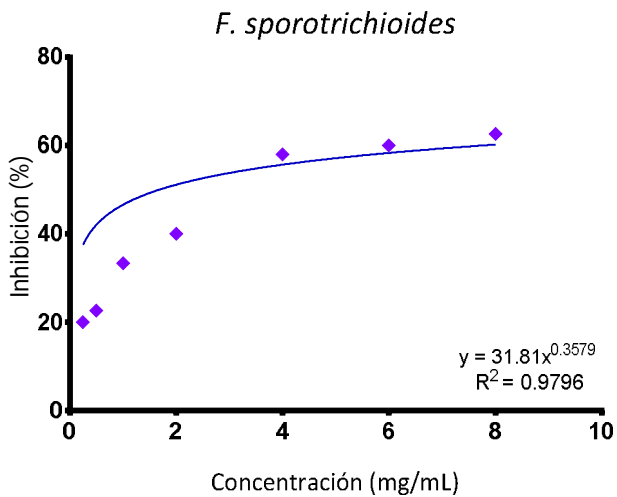




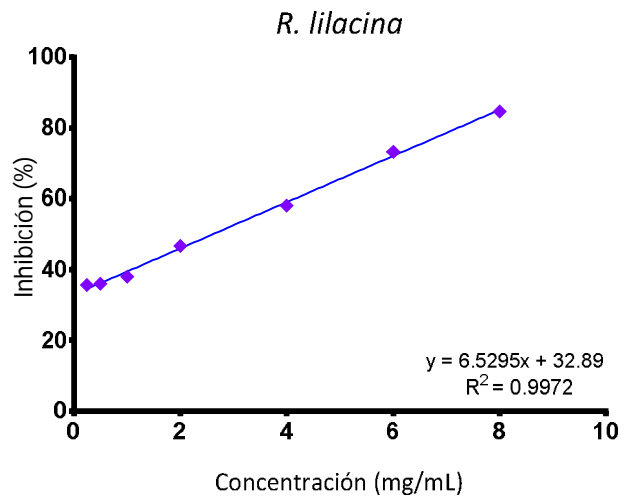
**Figura 11.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre *Aspergillus sp.*



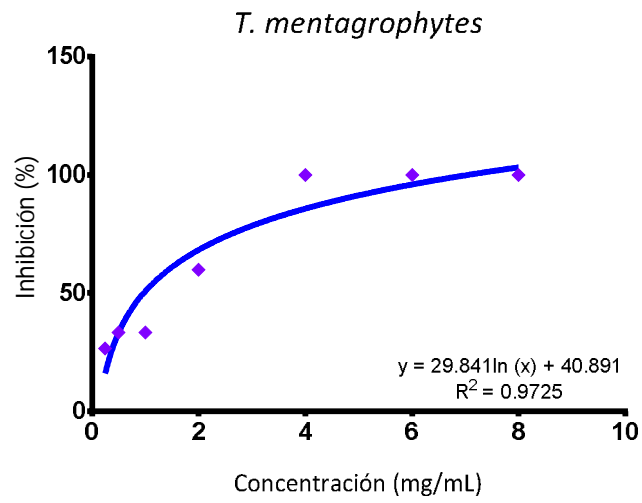
**Figura 12.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre *F. moniliforme*.



**Figura 13.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre *F. sporotrichioides*.



**Figura 14.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre *R. lilacina*.



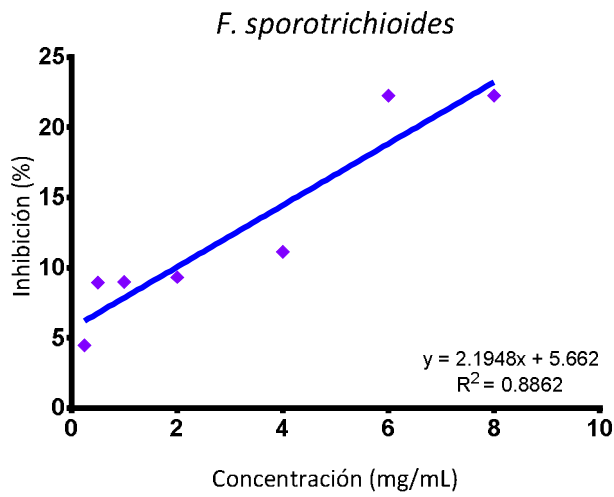
**Figura 15.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Ataúlfo sobre *T. mentagrophytes*.

### 3. Cáscara de mango Criollo

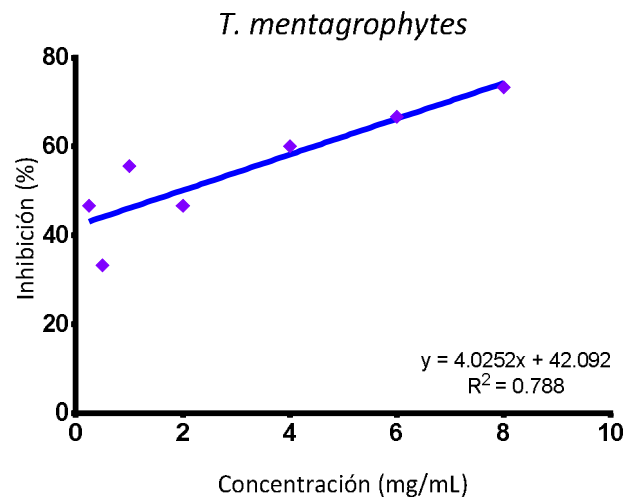
Este extracto únicamente actuó sobre dos cepas: *T. mentagrophytes* y *F. sporotrichioides* (Figuras 16 y 17). Su mayor efecto inhibitorio fue sobre el crecimiento de *T. mentagrophytes*, sin embargo, esta inhibición no alcanzó el 100% (Cuadro 6), como sucedió con la mayoría de los extractos. La menor  $CF_{50}$  fue de 1.19 mg/mL para *T. mentagrophytes* (Figura 34).

**Cuadro 6.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Criollo.

Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	Rl	Tm
0.25	0	0	0	4.46	0	46.66
0.5	0	0	0	8.93	0	33.33
1	0	0	0	9	0	55.55
2	0	0	0	9.33	0	46.66
4	0	0	0	11.13	0	60
6	0	0	0	22.26	0	66.66
8	0	0	0	22.26	0	73.33



**Figura 16.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Criollo sobre *F. sporotrichioides*.



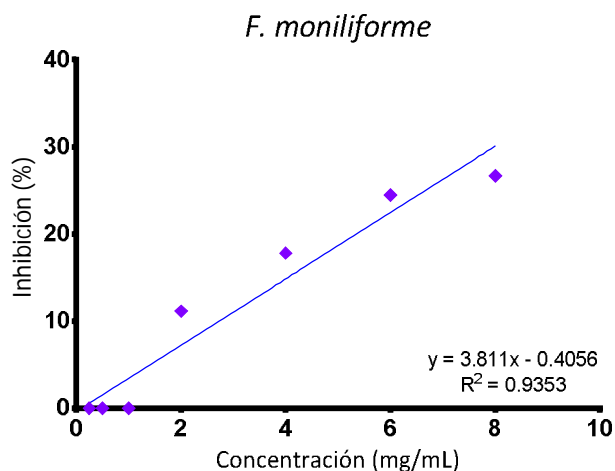
**Figura 17.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Criollo sobre *T. mentagrophytes*.

## 4. Semilla de mango Criollo

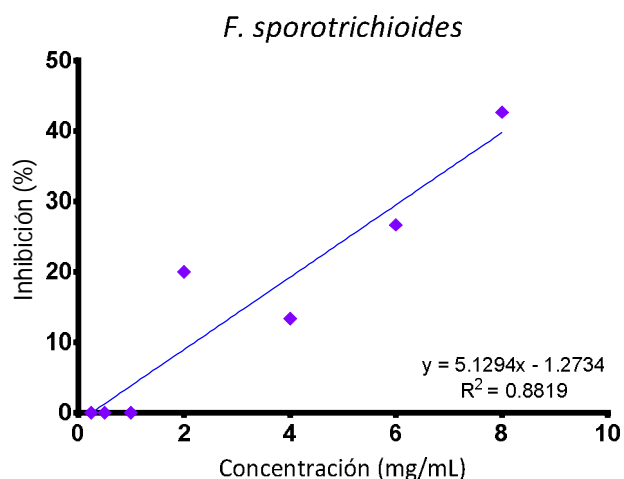
A similitud del efecto del extracto de cáscara, no se presentó inhibición del género *Aspergillus*, pero sí del resto de las cepas (Cuadro 7), las cuales no alcanzaron siquiera el 50% de inhibición (Figuras 18-20), a excepción de *T. mentagrophytes*, cuya inhibición de crecimiento fue del 100% (CFM) a partir de la concentración de 4 mg/mL, y su  $CF_{50}$  de 0.49 mg/mL (Figuras 21 y 34).

Cuadro 7. Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Criollo.

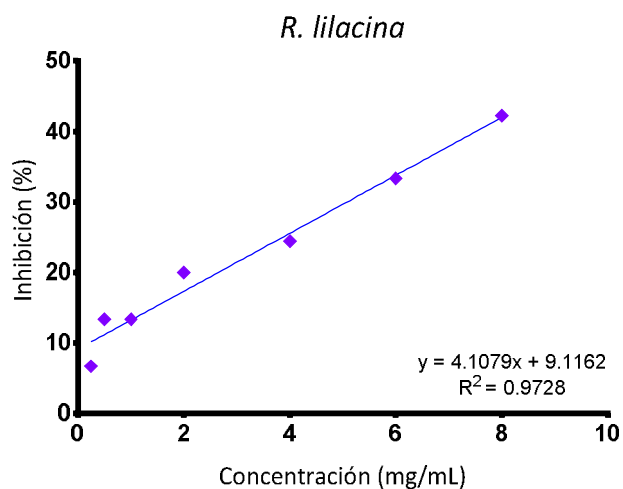
Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	RI	Tm
0.25	0	0	0	0	6.66	26.66
0.5	0	0	0	0	13.3	60
1	0	0	0	0	13.3	60
2	0	0	11.13	20	20	86.66
4	0	0	17.8	13.33	24.4	100
6	0	0	24.46	26.66	33.3	100
8	0	0	26.66	42.66	42.2	100



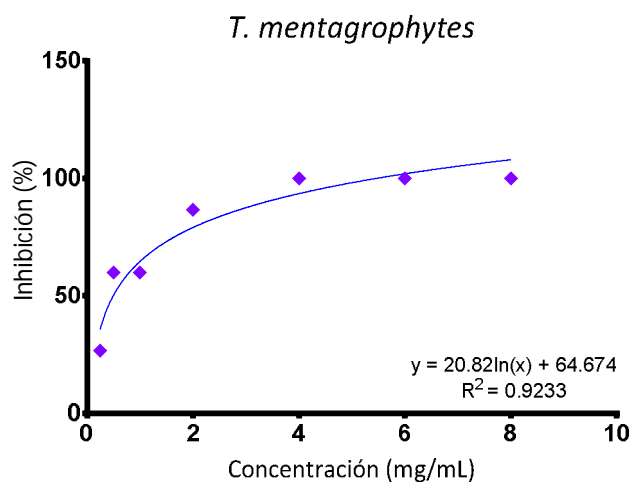
**Figura 18.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre *F. moniliforme*.



**Figura 19.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre *F. sporotrichioides*.



**Figura 20.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre *R. lilacina*.



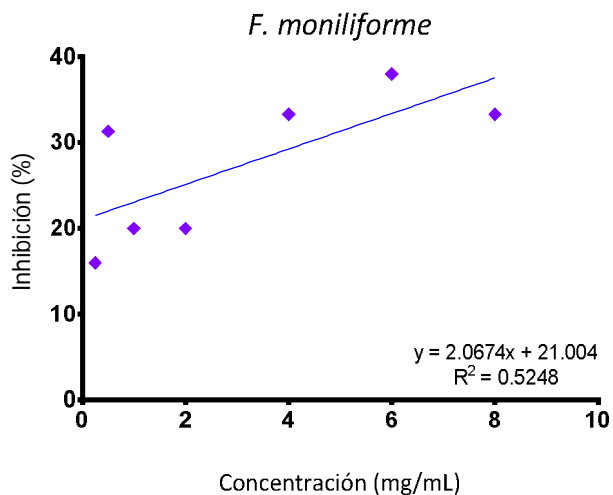
**Figura 21.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Criollo sobre *T. mentagrophytes*.

## 5. Cáscara de mango Manila

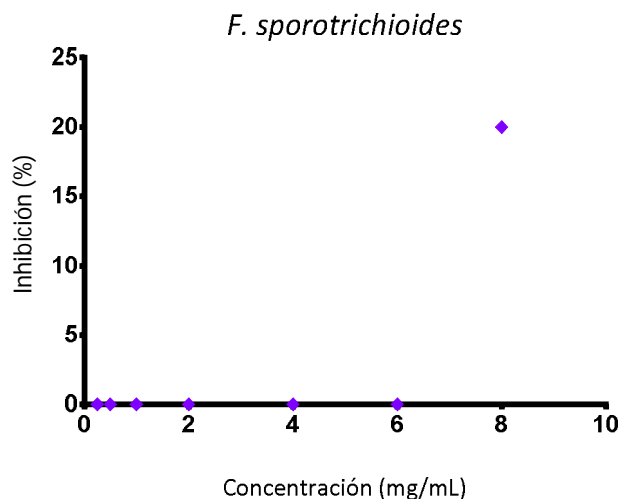
El efecto de este extracto fue nulo sobre las cepas del género *Aspergillus* (Cuadro 8), no así para el género *Fusarium*, ni para la cepa de *R. lilacina*, sin embargo, no alcanzaron el 50% de inhibición (Figuras 22-24) Hay que aclarar que no se pudo emplear un modelo de regresión en la figura 23 dadas las altas concentraciones que se necesitan para observar un efecto inhibitorio, por lo que se recomienda realizar un ensayo en donde se empleen concentraciones que permitan visualizar mejor su comportamiento. Por otro lado, *T. mentagrophytes* fue la única cepa que obtuvo una inhibición mayor al 50%, alcanzando la CFM a partir de la concentración de 4 mg/mL y una  $CF_{50}$  de 1.18 (Figuras 25 y 34).

**Cuadro 8.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Manila.

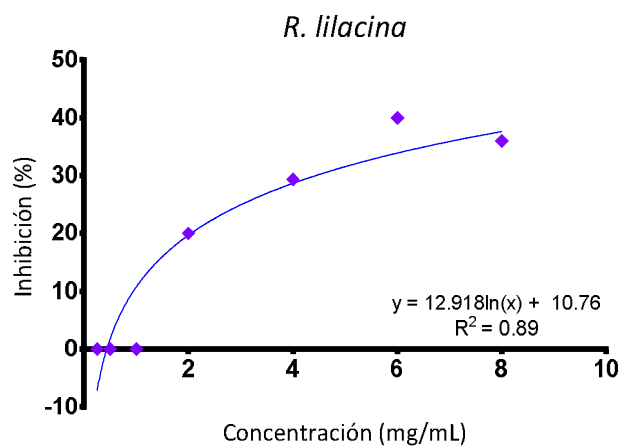
Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	Rl	Tm
0.25	0	0	16	0	0	0
0.5	0	0	31.33	0	0	26.7
1	0	0	20	0	0	33.3
2	0	0	20	0	20	73.33
4	0	0	33.33	0	29.33	100
6	0	0	38	0	40	100
8	0	0	33.33	20	36	100



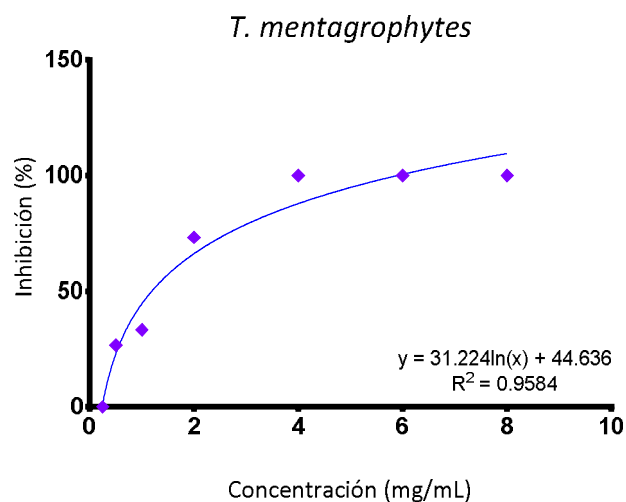
**Figura 22.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre *F. moniliforme*.



**Figura 23.** Crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre *F. sporotrichioides*.



**Figura 24.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre *R. lilacina*.



**Figura 25.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Manila sobre *T. mentagrophytes*.

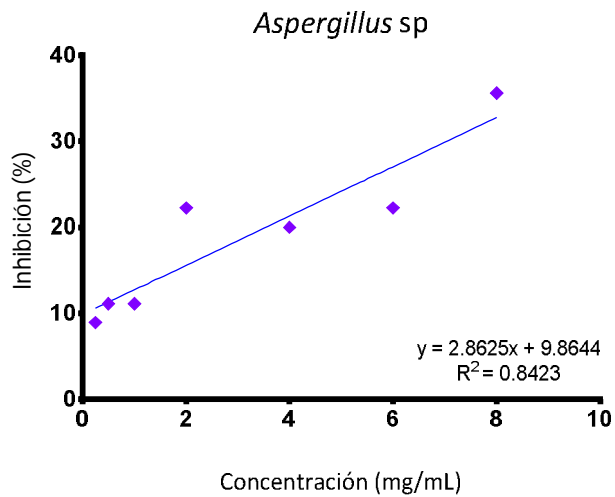


## 6. Semilla de mango Manila

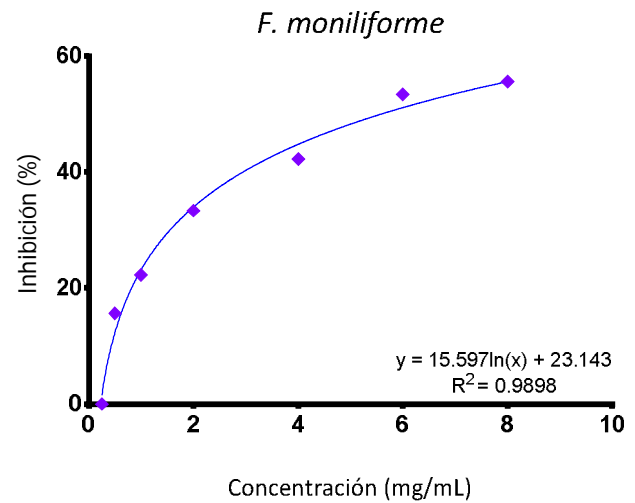
Este extracto tuvo un efecto en la inhibición del crecimiento de las seis cepas estudiadas, sin embargo, únicamente *T. mentagrophytes* obtuvo la CFM a partir de los 4 mg/mL (Cuadro 9) y del mismo modo, obtuvo la CF<sub>50</sub> más baja de tan sólo 0.21 mg/mL (Figura 34). El resto de las cepas no alcanzaron una inhibición mayor al 50 % (Figuras 26 y 28), a excepción de *F. moniliforme* con 55.6 % a los 8 mg/mL (Figura 27). A las concentraciones más altas ensayadas no se alcanzó la CF<sub>50</sub> para el género *Aspergillus*.

**Cuadro 9.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Manila.

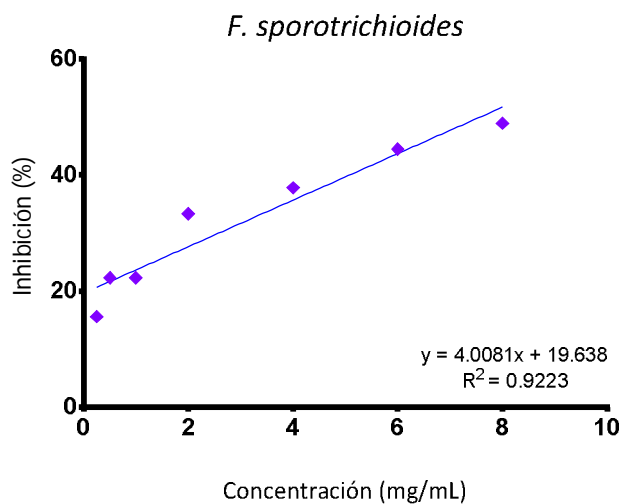
Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	Rl	Tm
0.25	4.46	8.93	0	15.6	13.33	51.33
0.5	4.46	11.13	15.6	22.26	13.33	60
1	6.66	11.13	22.26	22.26	13.33	76
2	11.13	22.26	33.33	33.33	15.53	86.66
4	8.93	20	42.26	37.8	22.2	100
6	4.46	22.26	53.33	44.46	31.06	100
8	13.33	35.6	55.6	48.93	37.73	100



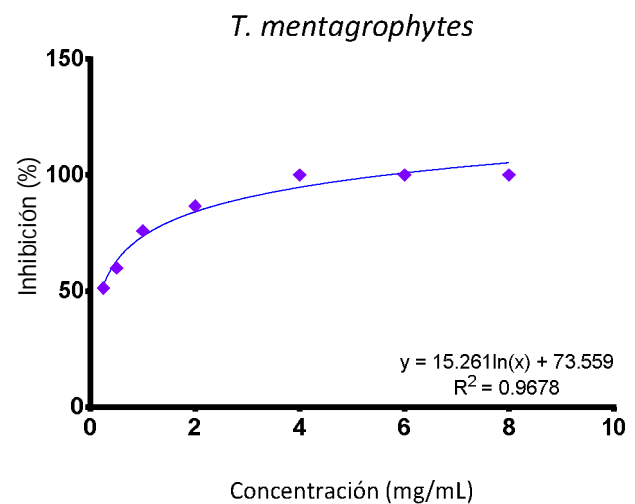
**Figura 26.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre *Aspergillus sp*.



**Figura 27.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre *F. moniliforme*.



**Figura 28.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre *F. sporotrichioides*.



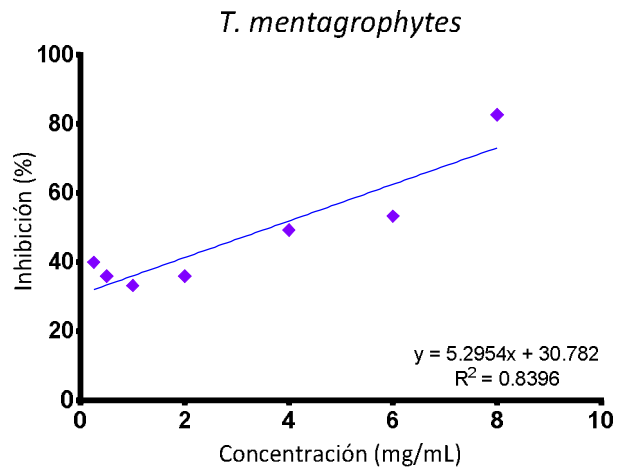
**Figura 29.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Manila sobre *T. mentagrophytes*.

## 7. Cáscara de mango Niño

De las cepas empleadas, sólo cinco presentaron un efecto sobre su crecimiento radial, pero ninguna alcanzó la CFM (Cuadro 10). El mayor porcentaje de inhibición de crecimiento radial fue de 82.66 (Figura 30) y la  $CF_{50}$  de 3.62 mg/mL, que corresponden a la cepa *T. mentagrophytes* (Figura 34). El porcentaje de inhibición del resto de las cepas fue menor al 30% y su  $CF_{50}$  no se alcanzó a la mayor concentración ensayada (8 mg/mL).

**Cuadro 10.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Niño.

Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	RI	Tm
0.25	0	0	15.6	0	13.33	40
0.5	0	0	11.13	6.66	28.93	36
1	0	0	13.33	4.46	35.6	33.33
2	0	0	20	0	37.8	36
4	0	0	20	6.66	22.26	49.33
6	0	4.46	20	6.66	22.26	53.33
8	0	22.26	24.46	8.93	28.93	82.66



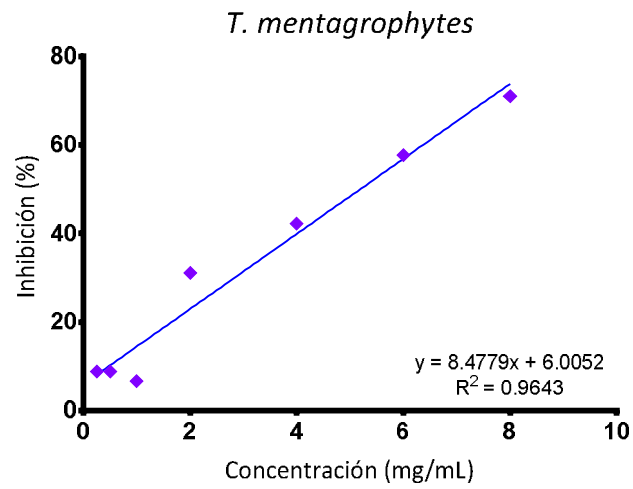
**Figura 30.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Niño sobre *T. mentagrophytes*.

## 8. Cáscara de mango Petacón

Se presentó efecto inhibitorio solamente en tres de las cepas estudiadas: *A. niger*, *Aspergillus* sp. y *T. mentagrophytes*, siendo ésta última la más sensible al extracto, pues su porcentaje de inhibición fue de 71.06% (Cuadro 11, Figura 31) y su  $CF_{50}$  de 5.18 mg/mL (Figura 34). Las otras dos cepas no alcanzaron siquiera el 30 % de inhibición (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de cáscara de mango Petacón.

Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	Rl	Tm
0.25	0	0	0	0	0	8.86
0.5	0	2.26	0	0	0	8.86
1	0	4.46	0	0	0	6.66
2	0	4.46	0	0	0	31.06
4	0	13.33	0	0	0	42.2
6	0	22.26	0	0	0	57.73
8	22.26	26.66	0	0	0	71.06



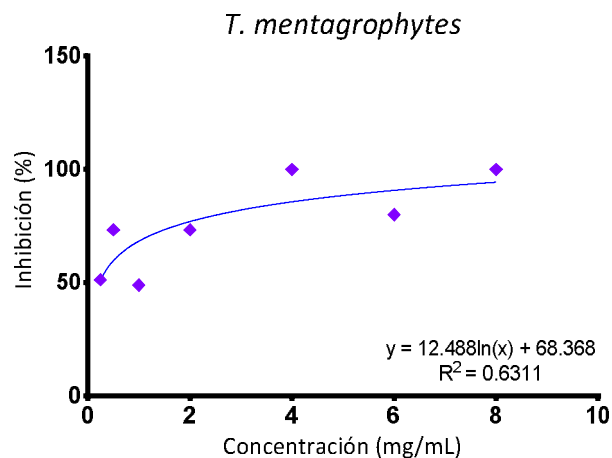
**Figura 31.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de cáscara de mango Petacón sobre *T. mentagrophytes*.

## 9. Semilla de mango Petacón

Las seis cepas fúngicas sufrieron una inhibición de su crecimiento; *T. mentagrophytes* fue la más afectada por el extracto, alcanzando la CFM a partir de la concentración de 4 mg/mL del extracto (Figura 32). El resto de las cepas no tuvieron un porcentaje de inhibición mayor al 36% (Cuadro 12) y su CF<sub>50</sub> no se alcanzó a la mayor concentración ensayada (8 mg/mL). La CF<sub>50</sub> de *T. mentagrophytes* fue menor al de la concentración más baja empleada, esto es 0.22 mg/mL (Figura 34).

**Cuadro 12.** Porcentaje de inhibición de las cepas fúngicas por el extracto de semilla de mango Petacón.

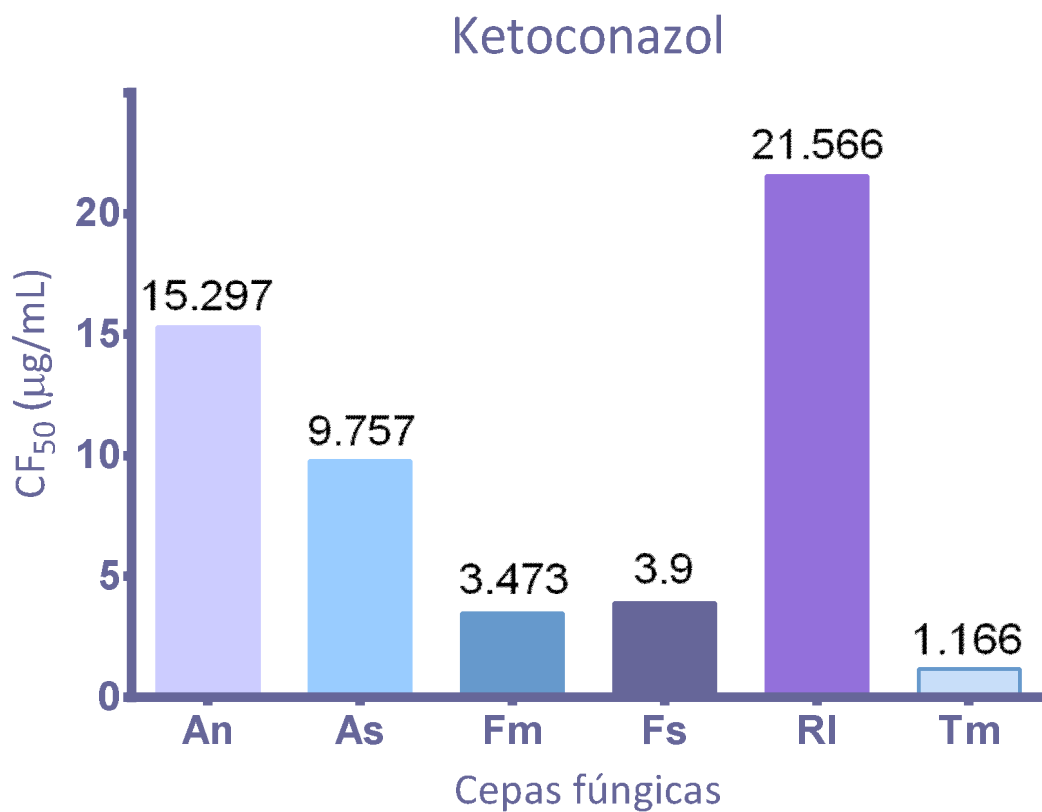
Concentración (mg/mL)	Inhibición (%)					
	An	As	Fm	Fs	RI	Tm
0.25	0	0	8.93	0	22.26	51.33
0.5	0	0	6.66	0	24.46	73.33
1	0	0	4.46	4.46	26.66	48.93
2	0	0	6.66	2.26	28.93	73.33
4	0	0	15.6	26.66	42.26	100
6	0	4.46	15.6	6.66	28.93	80
8	2.26	22.26	13.33	22.26	35.6	100



**Figura 32.** Análisis de regresión del crecimiento radial del extracto de semilla de mango Petacón sobre *T. mentagrophytes*.

## 10. Ketoconazol

Tuvo un efecto sobre el crecimiento radial de todas las cepas de hongos filamentosos, en especial en *T. mentagrophytes*. En la siguiente figura se pueden apreciar las  $CF_{50}$  correspondiente a las cepas empleadas



**Figura 33.**  $CF_{50}$  del control positivo (Ketoconazol).



## C) ANÁLISIS GENERAL

Como se muestra en el cuadro 13, la cepa más vulnerable fue *T. mentagrophytes* cuyos valores de  $CF_{50}$  fueron los más bajos registrados, en especial con el extracto de cáscara de Ataúlfo, seguido de la semilla de Manila ( $CF_{50}=0.16$  y  $0.21$  mg/mL, respectivamente). Por el lado opuesto, *A. niger* presentó menor susceptibilidad a la mayoría de los extractos, al no tener ningún efecto en su crecimiento al contacto con cinco de los nueve extractos, así como una de las  $CF_{50}$  más altas ( $CF_{50}=24.80$  mg/mL). También se observa un efecto similar al del control positivo respecto a los valores de  $CF_{50}$ .

**Cuadro 13.** Muestra la  $CF_{50}$  de los extractos por cepa fúngica.

	An	As	Fm	Fs	RI	Tm
Ataúlfo cáscara	-	21.75*	12.44*	-	10.77*	0.16
Ataúlfo semilla	10.34*	4.98	1.51	3.71	2.62	1.35
Criollo cáscara	-	-	-	20.20*	-	1.96
Criollo semilla	-	-	13.01*	9.49*	9.95*	0.49
Manila cáscara	-	-	14.02*	12.51*	20.89*	1.18
Manila semilla	10.97*	14.02*	5.60	7.57	11.97*	0.21
Niño cáscara	-	12.00*	27.28*	27.86*	8.60*	3.62
Petacón cáscara	12.57*	14.31*	-	-	-	5.18
Petacón semilla	24.80*	12.00*	36.21*	18.87*	6.52	0.22
Ketoconazol	15.297*	9.757*	3.473	3.9	21.566*	1.166

Concentraciones en mg/mL, a excepción de Ketoconazol, la cual está dada en  $\mu$ g/mL; (-)= sin inhibición; \*= valores extrapolados.

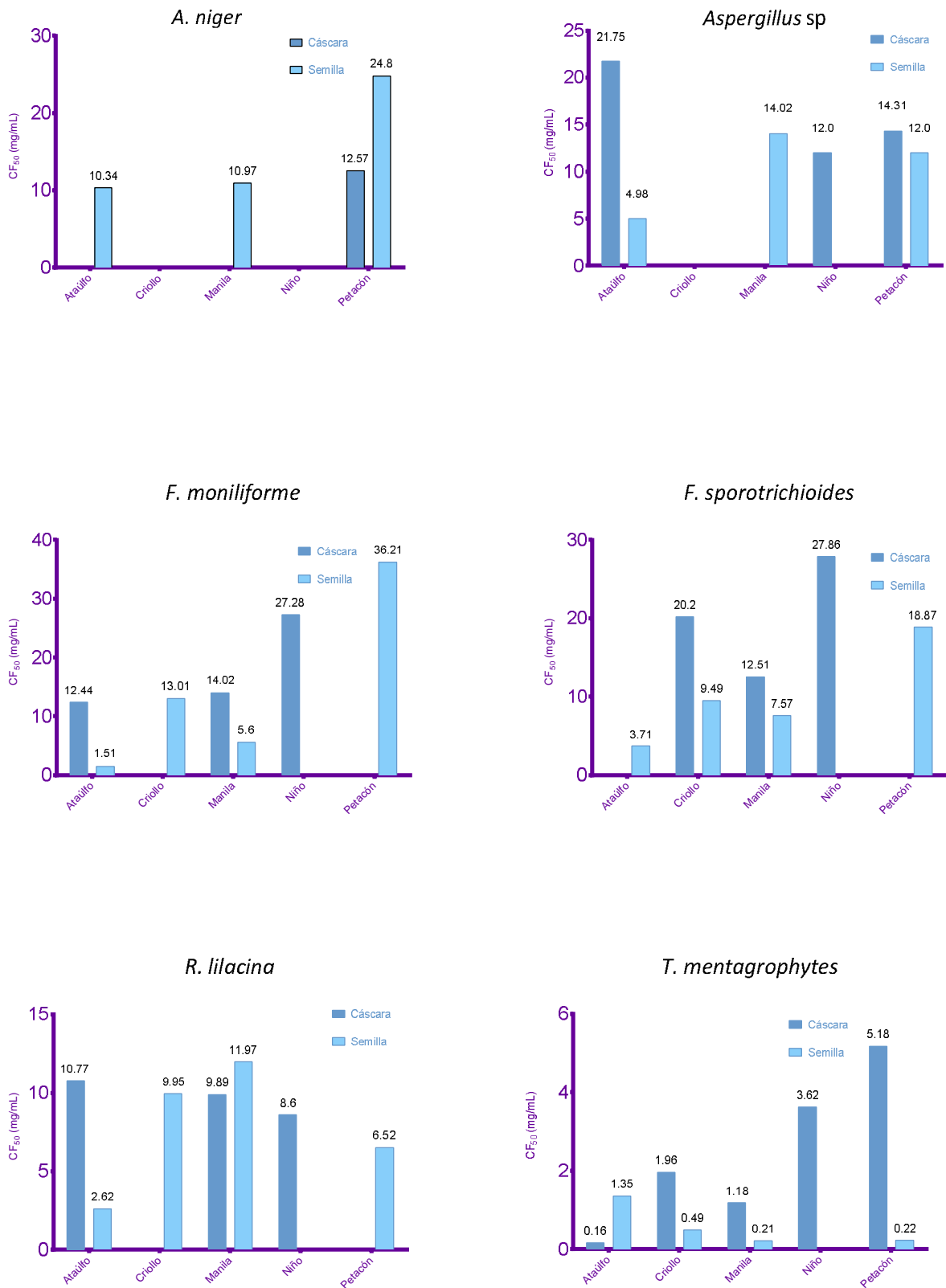


Figura 34. Concentración Fungicida Media para cada extracto por cepa fúngica.

Con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los factores estudiados (variedad de fruto, parte del fruto, concentración empleada y cepa fúngica) se realizó un análisis de varianza factorial. Éste mostró que en efecto, existen diferencias significativas entre variedades estudiadas ( $F= 130.64, P=0.0$ ), la parte del fruto empleadas ( $F= 408.82, P= 0.0$ ), la concentración aplicada ( $F= 71.41, P= 0.0$ ) y la cepa fúngica ( $F= 562.30, P=0.0$ ).

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS EXTRACTOS

### A) CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (CLAR)

Tras la interpretación de todos los cromatogramas obtenidos se pudo identificar, en su mayoría, diferentes clases de fenoles, tales como ácidos fenólicos, xanthonas y flavonoles. Todo esto de acuerdo a los picos de absorción y los espectros de luz UV de los compuestos y su comparación con la literatura (Schieber et al., 2003; Dey y Harborne, 1989).

En el apéndice 8 se incluyen los espectros de absorción de luz UV correspondientes a cada compuesto detectado.

#### 1. Cáscara de Ataúlfo

Se pudieron observar nueve compuestos en el cromatograma, de acuerdo a las absorbancias registradas (Figura 35). De estos nueve picos, sólo siete pudieron ser identificados, dos de ellos como derivados de ácido benzoico, cuatro como derivados de resorcinol y por último, mangiferina (Cuadro 14).

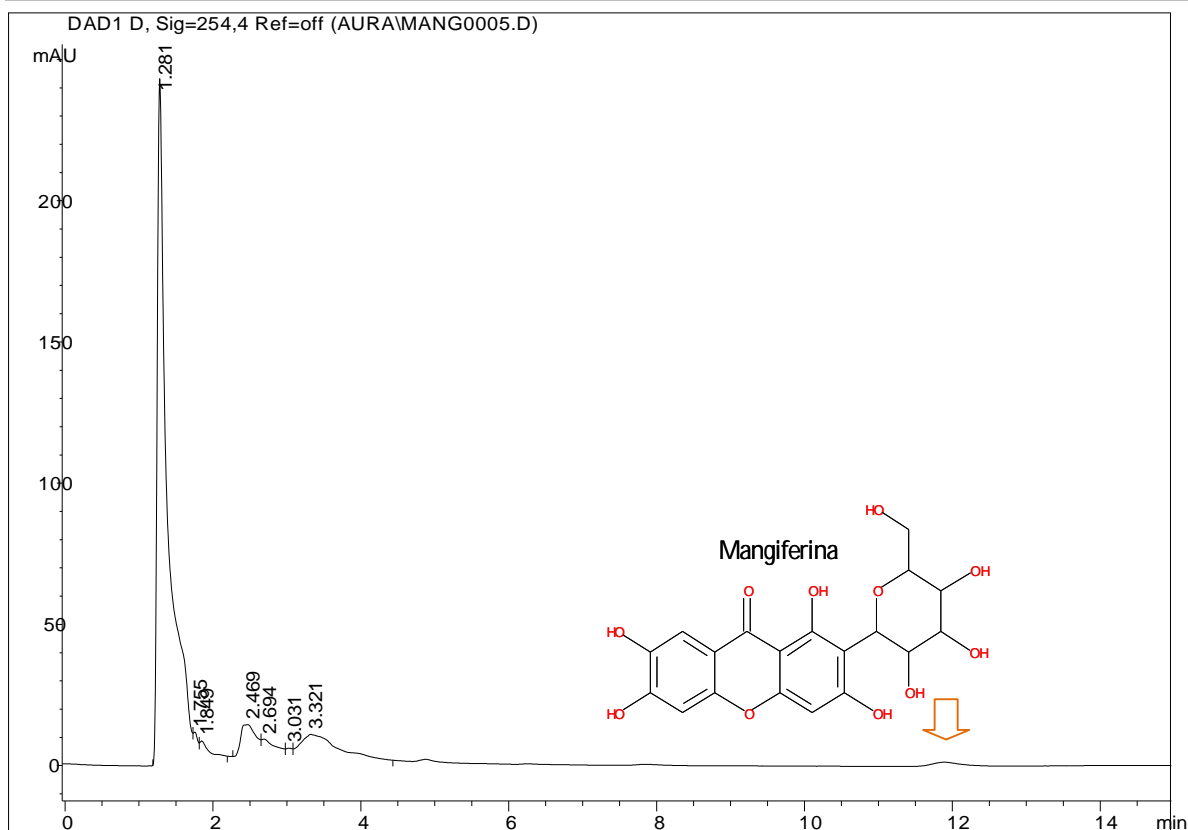


Figura 35. Cromatograma del extracto de cáscara de Ataulfo.

**Cuadro 14.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Ataulfo.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
1	1.287	272	Derivado de ácido benzoico
2	1.74	272	Derivado de ácido benzoico
4	2.447	210, 278	Derivado de resorcinol
5	2.68	212, 278	Derivado de resorcinol
6	3.027	216, 274	Derivado de resorcinol
7	3.287	218, 274	Derivado de resorcinol
9	11.88	230, 266, 328, 364	Mangiferina

TR= Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.

## 2. Semilla de Ataúlfo

Es el extracto con la mayor actividad antifúngica y su cromatograma únicamente presentó un pico de absorción bien definido, con un tiempo de retención (TR) de 14.13 min y una absorción bajo luz UV de 230 y 290 nm identificable como mangiferina (Figura 36, cuadro 15).

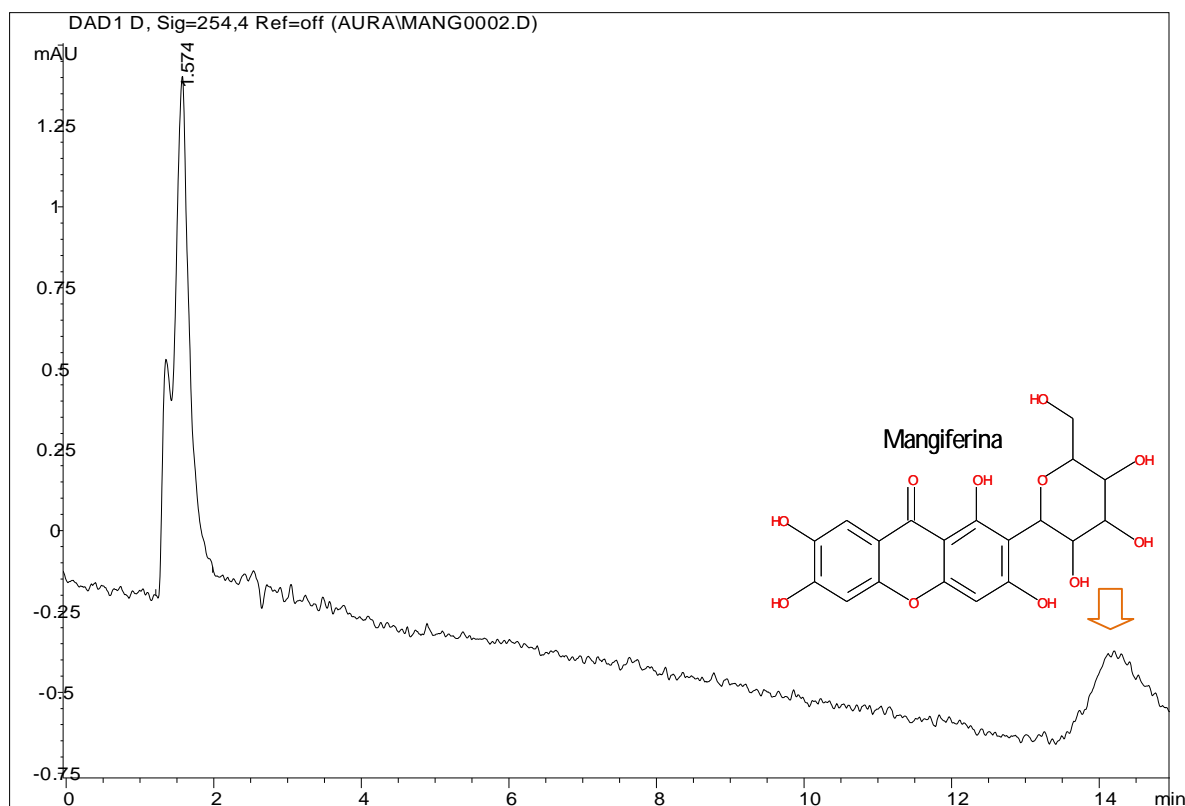


Figura 36. Cromatograma del extracto de semilla de Ataúlfo.

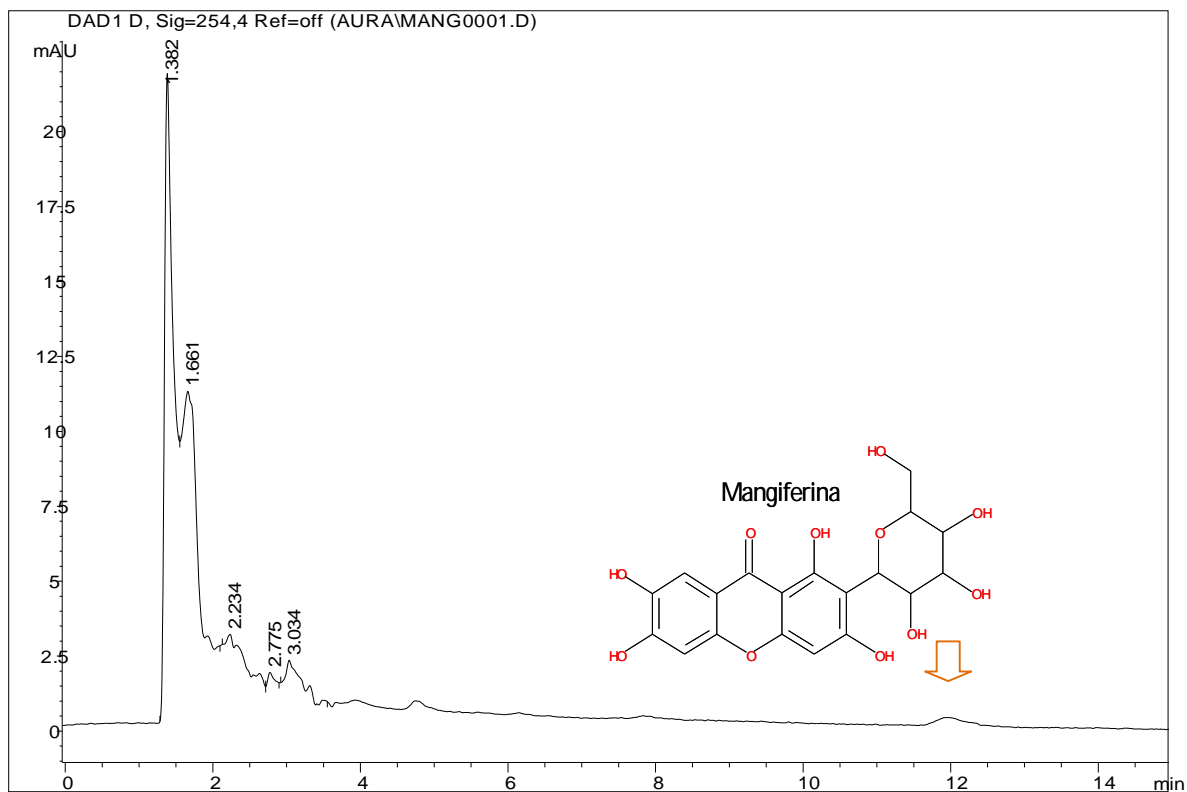
**Cuadro 15.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Ataúlfo.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
3	14.13	230, 290, 320, 362	Mangiferina

TR= Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.

## 3. Cáscara de Criollo

Se observaron seis picos de absorción de los cuales solamente uno fue identificado como mangiferina (Figura 37, cuadro 16).



**Figura 37.** Cromatograma del extracto de cáscara de Criollo.

**Cuadro 16.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Criollo.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
6	11.984	242, 288, 330, 262	Mangiferina

TR= Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.

## 4. Semilla de Criollo

De los diez compuestos que se observaron en la muestra, dos no pudieron ser identificados y del resto, uno corresponde a un flavonol, seis a derivados de resorcinol y el restante a mangiferina (Figura 38, cuadro 17).

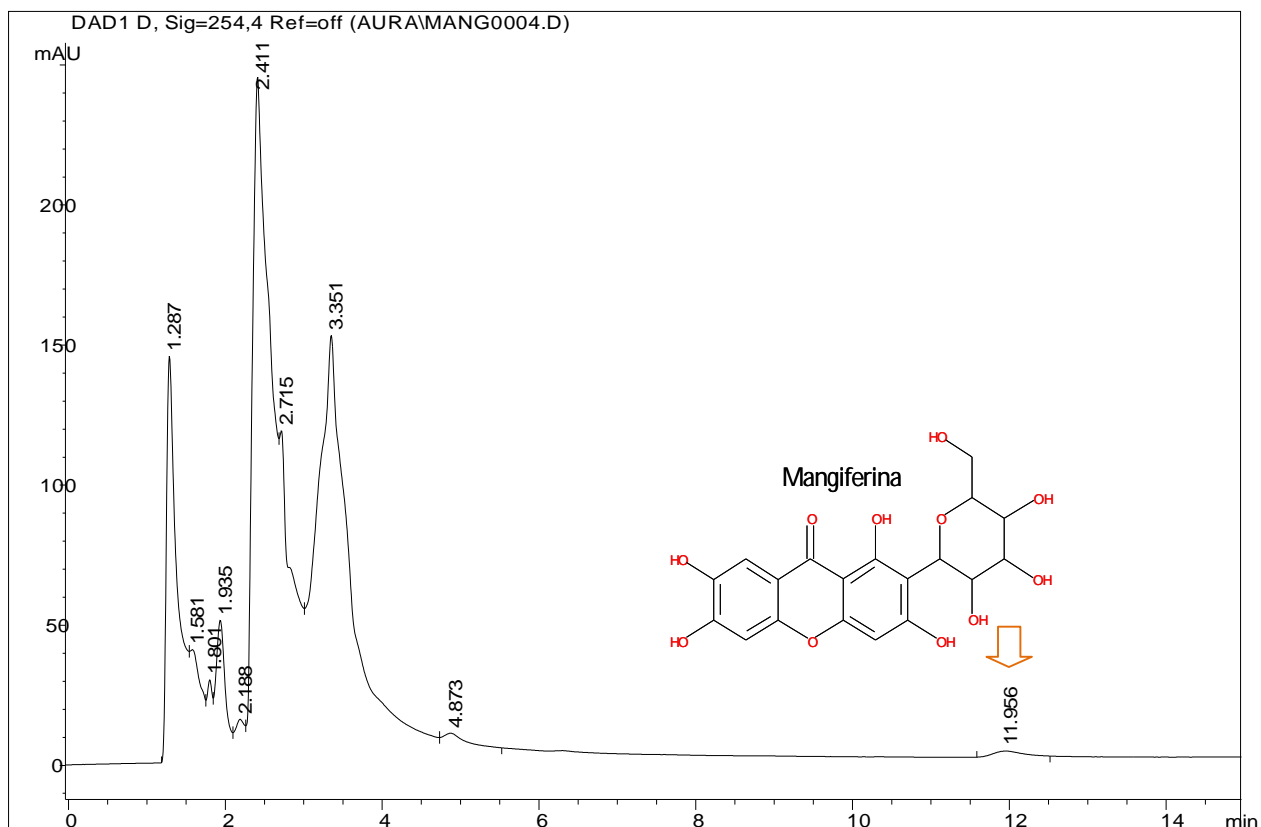


Figura 38. Cromatograma del extracto de semilla de Criollo.

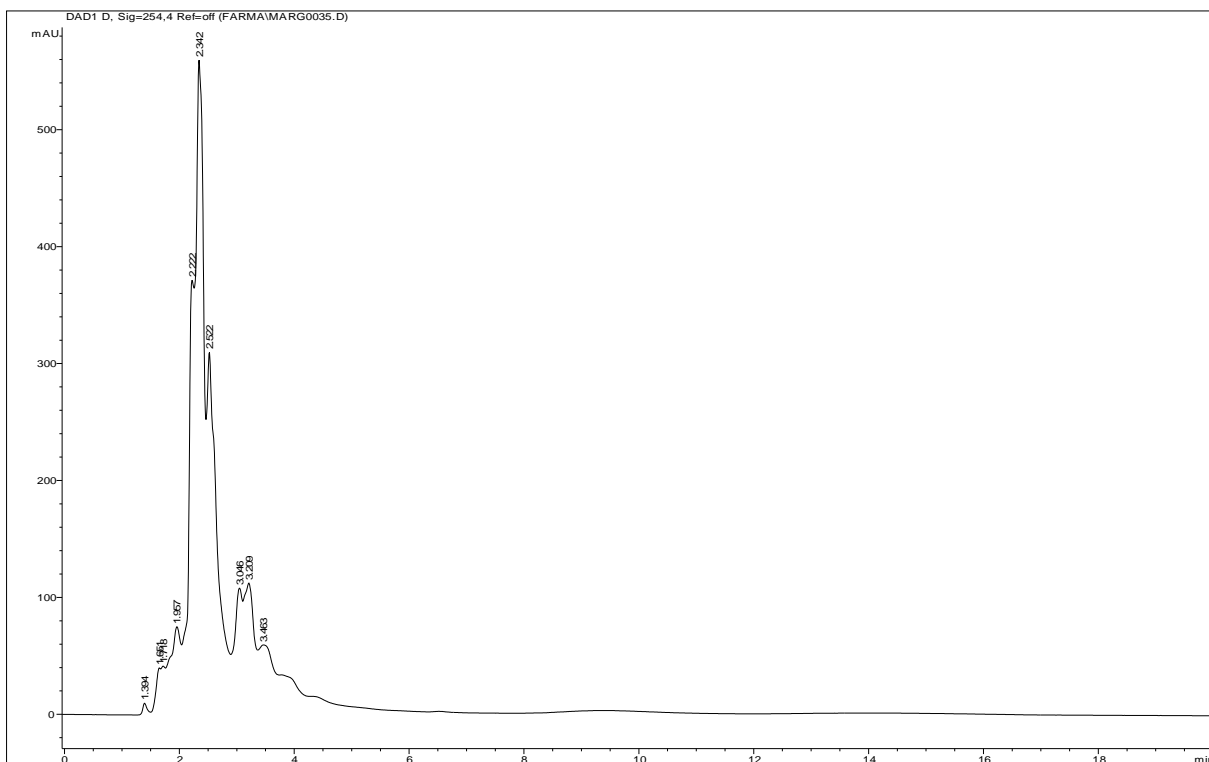
Cuadro 17. Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Criollo.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
3	1.799	210, 280	Derivado de resorcinol
4	1.959	214, 260	Derivado de resorcinol
5	2.200	274, 360	Flavonol
6	2.420	218, 280	Derivado de resorcinol
7	2.706	218, 280	Derivado de resorcinol
8	3.346	218, 276	Derivado de resorcinol
9	4.886	216, 276	Derivado de resorcinol
10	11.960	224, 276, 326, 360	Mangiferina

TR= Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= presado en nanómetros.

## 5. Cáscara de Manila

Se encontraron 12 picos en este extracto, que en su mayoría fueron identificados como derivados de resorcinol y sólo uno como flavonol (Figura 39, cuadro 18).



**Figura 39.** Cromatograma del extracto de cáscara de Manila.

**Cuadro 18.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Manila.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
1	1.637	204, 276	Derivado de resorcinol
2	1.717	204, 276	Derivado de resorcinol
3	1.957	214, 274	Derivado de resorcinol
4	2.217	216, 276	Derivado de resorcinol
5	2.337	216, 278	Derivado de resorcinol
6	2.523	216, 276	Derivado de resorcinol
7	3.043	216, 276	Derivado de resorcinol
8	3.203	216, 276	Derivado de resorcinol
9	3.457	216, 274	Derivado de resorcinol
10	3.770	214, 272	Derivado de resorcinol
11	4.383	216, 272	Derivado de resorcinol
12	6.577	276, 374	Flavonol

TR=Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.



## 6. Semilla de Manila

Es el segundo extracto más efectivo y tuvo diez picos bien definidos, de los cuales, dos no pudieron ser identificados, seis corresponden a derivados de resorcinol, mientras que el resto son flavonoles (Figura 40); el pico máximo se dio en el TR 2.541 min y una absorción de 216 y 280 nm (Cuadro 19).

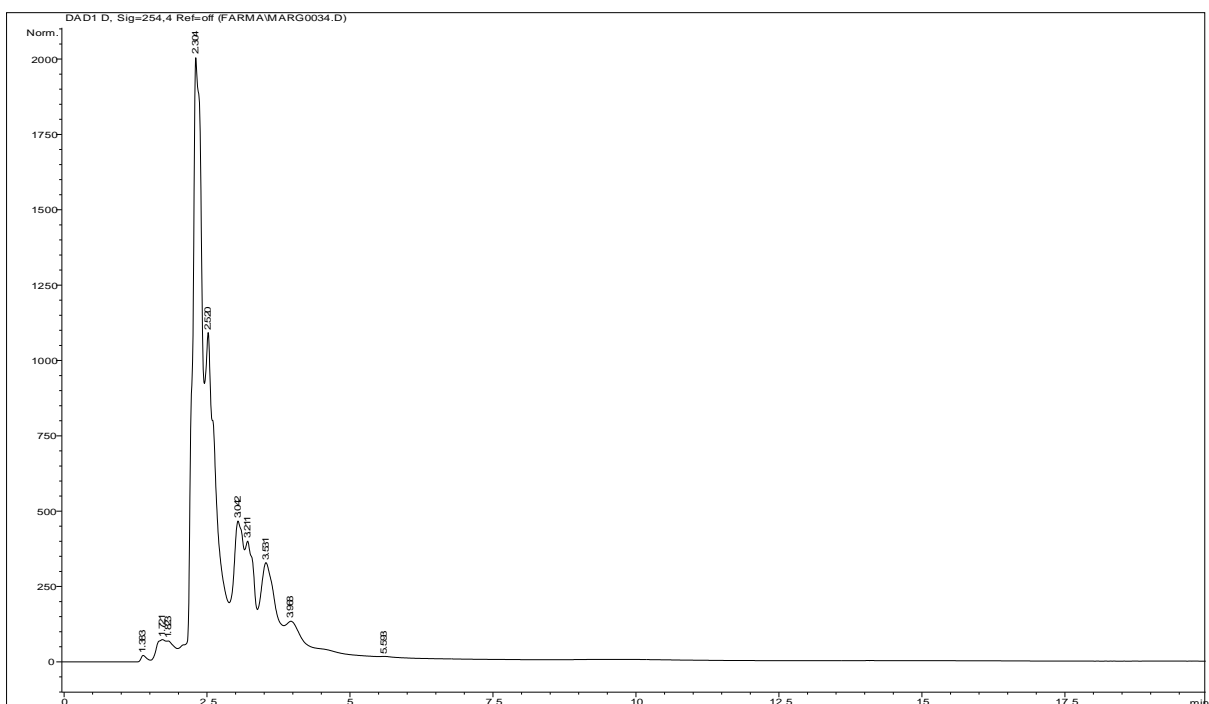


Figura 40. Cromatograma del extracto de semilla de Manila.

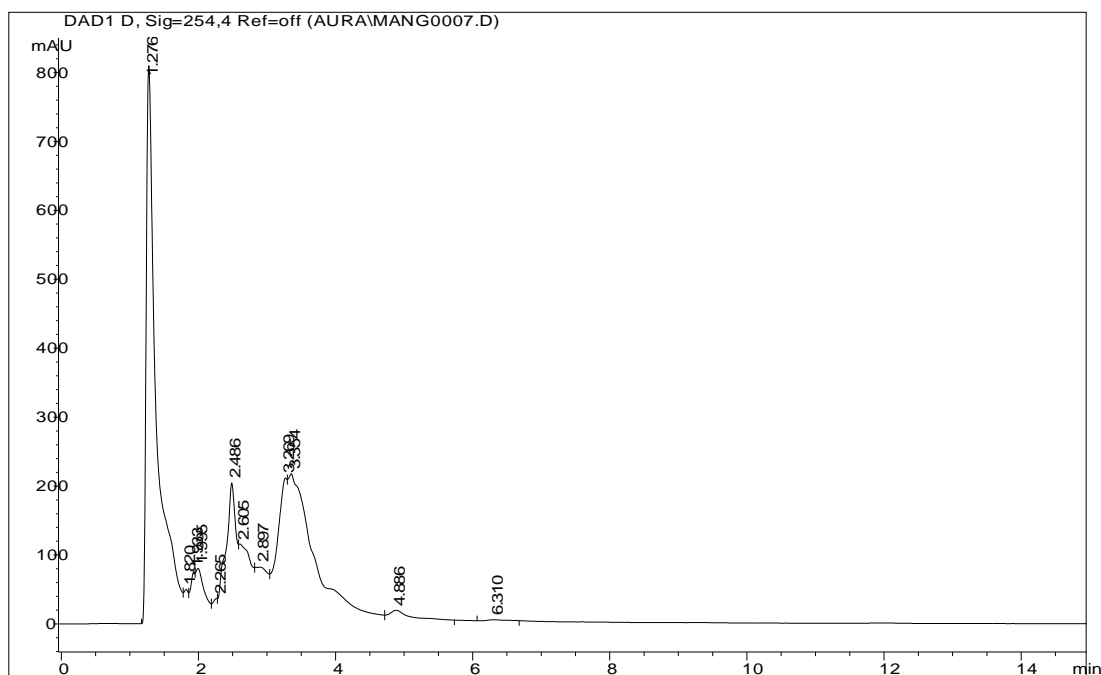
**Cuadro 19.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Manila.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
2	1.714	216, 278	Derivado de resorcinol
3	1.827	216, 276	Derivado de resorcinol
5	2.541	216, 280	Derivado de resorcinol
6	3.041	216, 280	Derivado de resorcinol
7	3.241	218, 278	Derivado de resorcinol
8	3.561	216, 266, 366	Flavonol
9	3.961	216, 270, 368	Flavonol
10	5.594	216, 280	Derivado de resorcinol

TR=Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros

## 7. Cáscara de Niño

Se registraron 12 compuestos, de ellos, dos no fueron identificables, ocho son derivados de resorcinol y dos son derivados de ácido benzoico (Figura 41, cuadro 20).



**Figura 41.** Cromatograma del extracto de cáscara de Niño.

**Cuadro 20.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Niño.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
2	1.805	202, 278	Derivado de resorcinol
3	1.919	204, 276	Derivado de resorcinol
4	1.985	262	Derivado de ácido benzoico
5	2.252	262	Derivado de ácido benzoico
6	2.478	216, 280	Derivado de resorcinol
7	2.605	216, 278	Derivado de resorcinol
8	2.892	216, 276	Derivado de resorcinol
9	3.279	218, 274	Derivado de resorcinol
10	3.352	216, 274	Derivado de resorcinol
11	4.872	212, 276	Derivado de resorcinol

TR= Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.

## 8. Cáscara de Petacón

En total se observan siete picos de absorción, de los cuales dos no pudieron ser identificados, cuatro son derivados de resorcinol y uno es mangiferina (Figura 42). El pico mayoritario tiene un TR de 3.302 minutos y una absorción de 216 y 274 nm y corresponde a un derivado de resorcinol (Cuadro 21).

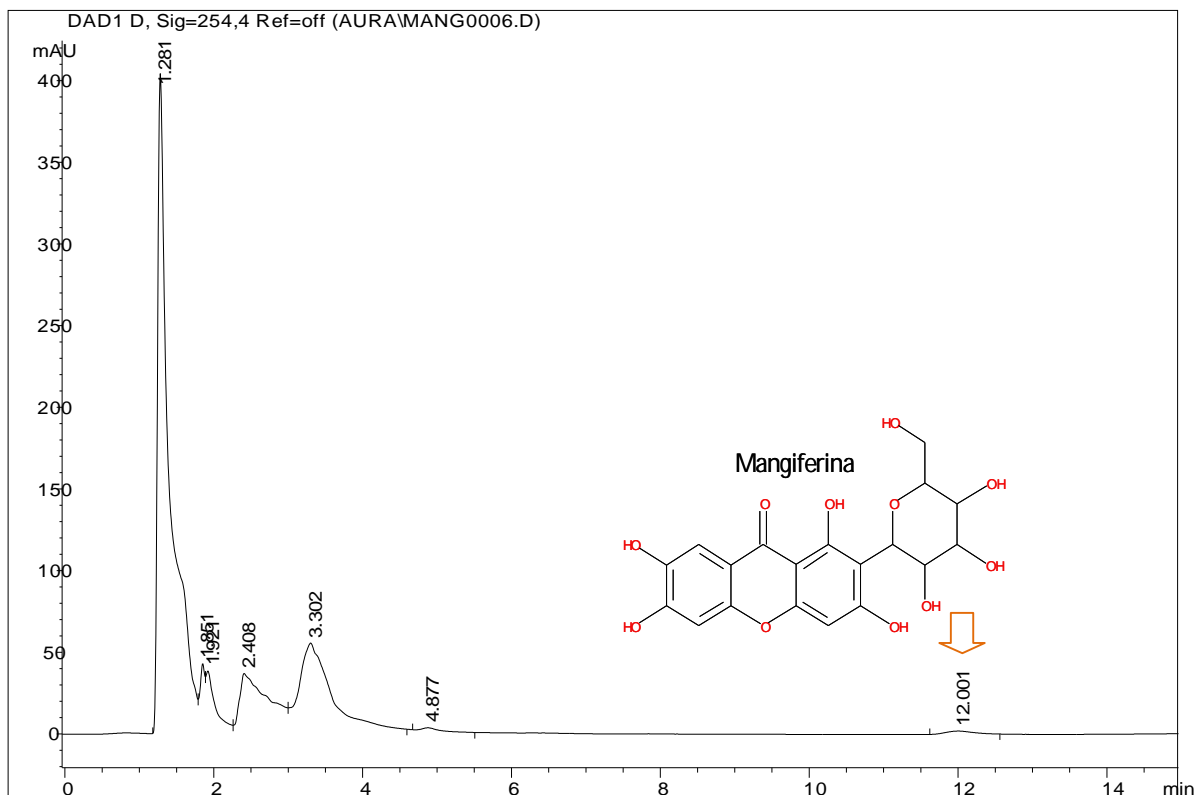


Figura 42. Cromatograma del extracto de cáscara de Petacón.

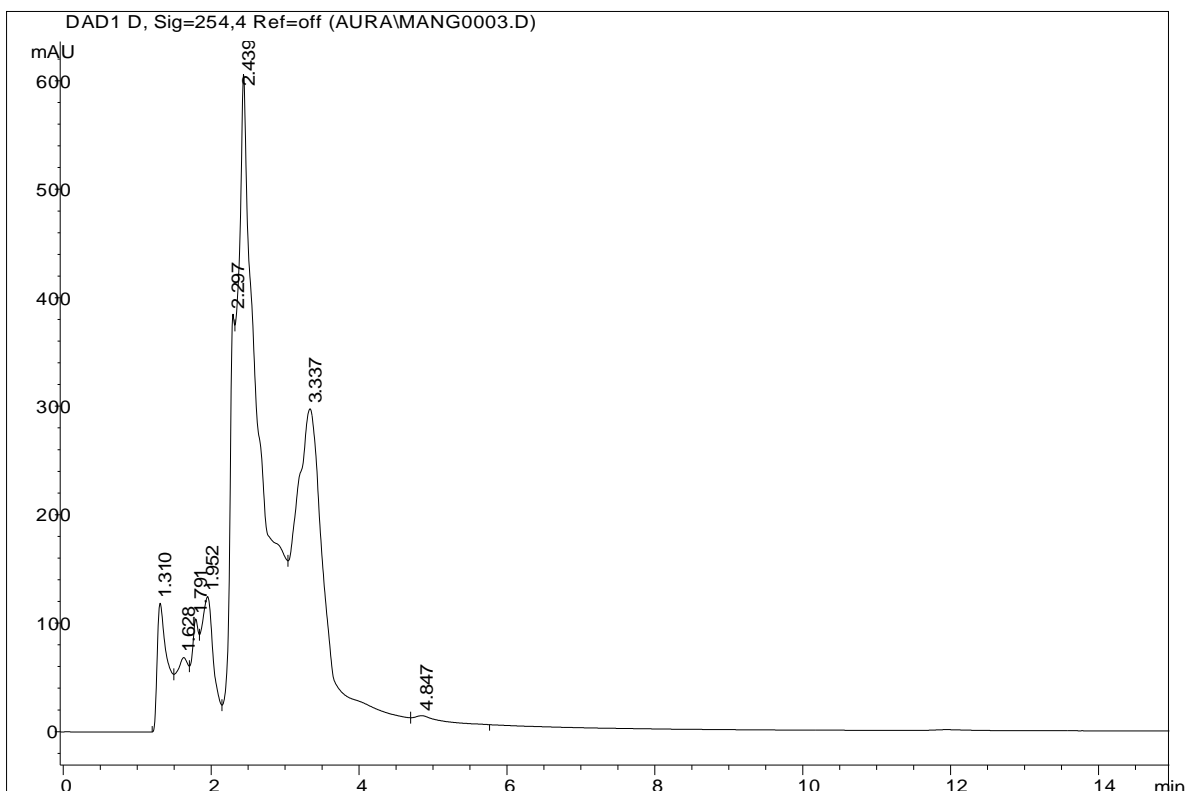
**Cuadro 21.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de cáscara de Petacón.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
3	1.961	210, 260	Derivado de resorcinol
4	2.394	216, 280	Derivado de resorcinol
5	3.301	216, 274	Derivado de resorcinol
6	4.894	216, 272	Derivado de resorcinol
7	11.994	208, 228, 270, 328	Mangiferina

TR=Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.

## 9. Semilla de Petacón

Es el último extracto con efecto sobre las seis cepas y presentó ocho picos de absorción, de ellos, tres no se pudieron identificar, el resto pertenecen a derivados de resorcinoles. El pico mayoritario, en un TR de 2.444 min y una absorción de 214 y 280 nm (Figura 43, cuadro 22).



**Figura 43.** Cromatograma del extracto de semilla de Petacón.

**Cuadro 22.** Tiempo de retención y máximo de absorción en el espectro UV de los compuestos detectados en el extracto de semilla de Petacón.

Pico	TR (min)	UV $\lambda$ máxima (nm)	Compuesto
3	1.784	214, 276	Derivado de resorcinol
4	1.957	212, 260	Derivado de resorcinol
5	2.297	216, 280	Derivado de resorcinol
6	2.444	214, 280	Derivado de resorcinol
8	4.83	216, 276	Derivado de resorcinol

TR= Tiempo de retención (minutos); UV  $\lambda$  máxima= Expresado en nanómetros.

## B) CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADA A ESPECTROMETRÍA DE MASAS (CG-EM)

El método de CG-EM desarrollado permitió la identificación de los principales compuestos volátiles presentes en las muestras de los nueve extractos de mango.

Tras una revisión global de los resultados, se puede decir que el compuesto más frecuente entre los extractos fue el ácido palmítico etil éster (ácido hexadecanoico etil éster), al hallarse en ocho de los nueve extractos, la única excepción se presentó en el extracto de semilla de mango Petacón. Seguido en frecuencia, se encuentra el ácido palmítico metil éster (ácido hexadecanoico metil éster), presente en siete de los nueve extractos. Los compuestos ácido palmítico (ácido n-hexadecanoico) y ácido cis-vaccenico estuvieron presentes en seis de los nueve extractos. El compuesto pirogalol (1,2,3-Benzenotriol), piranona (4H -piran-4-ona, 2,3)-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil) y estearato de metilo (ácido octadecanoico, metil éster) se encontraron en cinco de los nueve extractos; lo anterior se indica en el cuadro 23. El resto de los extractos estuvieron presentes en menos de la mitad de los extractos.

En el apéndice 9 se presentan los cromatogramas obtenidos, correspondientes a cada extracto.

**Cuadro 23.** Presencia de los compuestos más frecuentes entre los nueve extractos.

Extracto	Compuestos						
	Ácido palmítico, etil éster	Ácido palmítico, metil éster	Ácido palmítico	Ácido cis-vaccénico	Pirogalol	Piranona	Estearato de metilo
<b>Ataúlfo cáscara</b>	✓	✓	✓	✓	×	×	×
<b>Ataúlfo semilla</b>	✓	✓	×	✓	✓	×	✓
<b>Criollo cáscara</b>	✓	✓	×	×	×	✓	×
<b>Criollo semilla</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Manila cáscara</b>	✓	×	×	×	×	×	×
<b>Manila semilla</b>	✓	×	✓	✓	×	×	×
<b>Niño semilla</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Petacón cáscara</b>	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
<b>Petacón semilla</b>	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓= presencia; ×= ausencia

Por otro lado, los tres compuestos de mayor porcentaje de abundancia fueron el etil oleato (42.066%), el ácido hexadecanoico etil éster de (40.829%) y metil éster de ácido 11-octadecenoico (32.713%).

Por último, se puede decir que los extractos presentaron una variedad de compuestos, de los cuales, en su mayoría correspondieron a ésteres de ácidos grasos insaturados y saturados.

En lo concerniente al contenido específico de cada uno de los extractos empleados, se da una breve explicación sobre los resultados obtenidos en los cuadros a continuación.

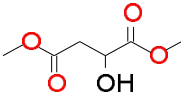
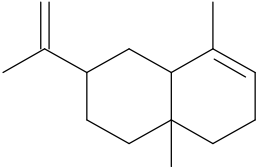
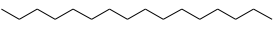
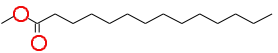
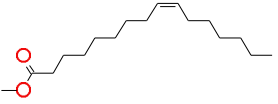
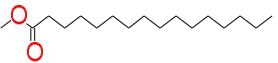
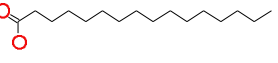
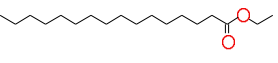
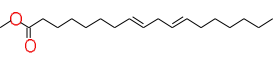
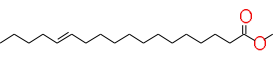
## 1. Cáscara de mango Ataúlfo

Se detectaron un total de 28 compuestos, pero cabe aclarar, que para fines de un mejor análisis de éste y el resto de los extractos, únicamente se consideraron aquellos compuestos con un porcentaje fiable de identificación (86-100%).

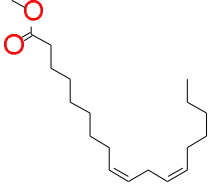
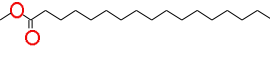
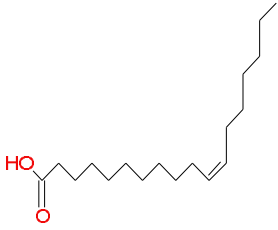
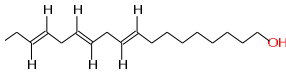
Por lo anterior, en total se contabilizaron 14 compuestos (Cuadro 24), entre ácidos grasos, un ácido orgánico (malato de dimetilo), un sesquiterpeno (selineno) y un hidrocarburo (cetona), de ellos, el ácido palmítico metil éster, ácido linolénico metil éster y metil éster de ácido trans-13-Octadecenoico fueron los tres compuestos más abundantes de la muestra (28.398%, 18.533% y 10.575% respectivamente).

Los compuestos malato de dimetilo, selineno, hexadecano, ácido palmitoleico metil éster, metil éster de ácido 8, 11-Octadecadienoico, metil éster de ácido trans-13-Octadecenoico, isoestearato de metilo y linolenil alcohol sólo estuvieron presentes en este extracto.

**Cuadro 24.** Composición del extracto de cáscara de mango Ataúlfo.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
11	7.180	Ácido DL-málico dimetil éster	Malato de dimetilo	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>		1.925
15	12.183	Naftaleno, 1, 2, 3, 4, 4a, 5, 6, 8a-octahidro-4a, 8-dimetil-2-(1-metiletenil) -, [2R-(2.alpha, 4a.alpha, 8.. a.beta)]. -	Selineno	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>		1.029
16	13.306	Hexadecano	Cetano	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>		0.869
17	14.769	Metil tetradecanoato	Ácido mirístico, metil éster	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>		0.861
18	16.674	Ácido (Z)-9 octadecenoico, metil éster	Ácido palmitoleico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		3.410
19	18.867	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		28.398
20	17.239	Ácido n-hexadecanoico	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		2.402
21	17.521	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		0.933
22	18.560	Ácido 8,11-Octadecadienoico, metil éster	Metilo (8E, 11E) -8,11-octadecadienoato	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		3.410
23	18.592	Ácido trans-13-Octadecenoico, metil éster	Ácido trans 13-Octadecenoico metil éster	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		10.575



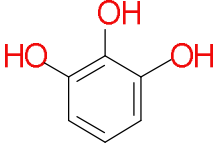
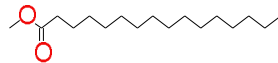
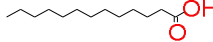
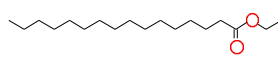
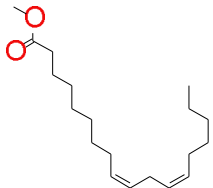
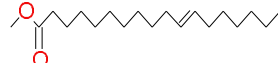
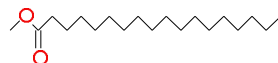
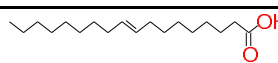
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
24	18.772	Ácido (Z, Z, Z)-9, 12, 15-Octadecatrienoico, metil éster	Ácido linolénico, metil éster	$C_{19}H_{32}O_2$		18.533
25	18.926	Metil 16-metil-heptadecanoato	Isoestearato de metilo	$C_{19}H_{38}O_2$		0.868
26	18.964	Ácido cis-vaccénico	Ácido (Z)-11-Octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$		1.892
27	19.189	(Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrien-1-ol	Linolenil alcohol	$C_{18}H_{32}O$		0.931

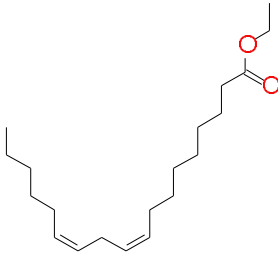
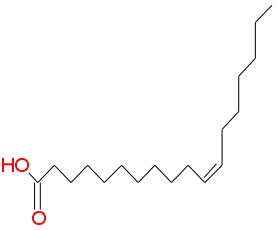
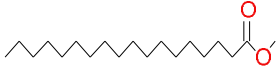
N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## 2. Extracto de la semilla de mango Ataúlfo

De los 11 compuestos detectados en este extracto, predomina la presencia de ácidos grasos, los tres más abundantes fueron el vaccenato de metilo (32.713 %), ácido linolénico metil éster (16.334 %) y ácido palmítico metil éster (15.194 %). El ácido tridecanoico y el ácido eláidico sólo fueron detectados en este extracto (Cuadro 25). También se halló un fenol (pirogalol).

Cuadro 25. Composición del extracto de semilla de mango Ataúlfo.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
8	10.849	1,2,3-Bencenotriol	Pirogalol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		2.070
11	16.879	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		15.194
12	17.251	Ácido tridecanoico	Ácido tridecílico	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>		1.692
13	17.534	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		1.609
14	18.528	Ácido 9,12-octadecadienoico metil éster	Ácido linolénico, metil éster	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		16.334
15	18.579	Ácido 11-Octadecenoico, metil éster	Vaccenato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		32.713
16	18.785	Ácido octadecanoico, metil éster	Estearato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		8.924
17	18.939	Ácido E-9-Octadecenoico	Ácido eláidico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		1.800

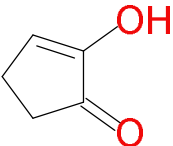
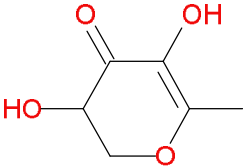
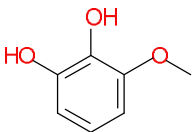
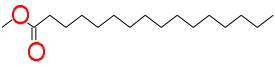
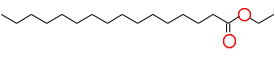
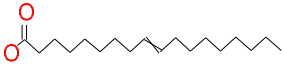
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
18	19.131	Ácido linoleico, etil éster	Linoleato de etilo	$C_{20}H_{36}O_2$		1.916
19	19.170	Ácido cis- vaccénico	Ácido (Z)-11- Octadecenoic o	$C_{18}H_{34}O_2$		3.393
20	19.381	Ácido octadecanoico, etil éster	Ácido esteárico, etil éster	$C_{20}H_{40}O_2$		1.088

N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## 3. Extracto de la cáscara de mango Criollo

Este extracto contiene seis compuestos, de ellos, los compuestos 2-hidroxi-1 ona-2-ciclopenteno (13.352 %) y piranona (5.645 %) fueron más abundantes en comparación al resto de los componentes de la muestra y corresponden a cetonas cíclicas. El compuesto 1,2-bencenodiol-3-metoxi únicamente estuvo presente en éste extracto y corresponde a un fenol (Cuadro 26).

**Cuadro 26.** Composición del extracto de la cáscara de mango Criollo.

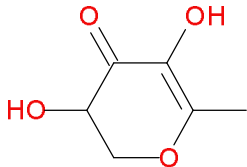
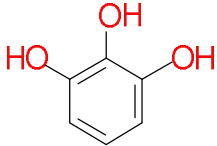
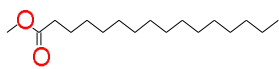
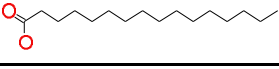
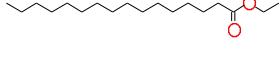
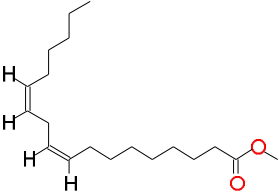
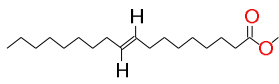
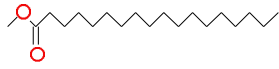
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
3	4.158	2-hidroxi-1 ona-2-ciclopenteno	Ciclopent-2-hidroxi 2-en-1-ona	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>		13.352
15	7.475	4H-piran-4-ona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	Piranona	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>		5.645
20	9.194	1,2-bencenodiol-3-metoxi	Pirocatecol, 3-metoxi-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>		2.176
22	16.873	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		1.614
25	17.534	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		1.616
26	18.573	Ácido Octadec-9-enoico	Ácido elaidico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		1.487

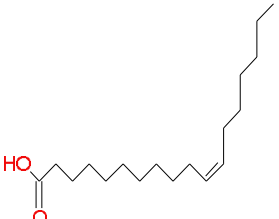
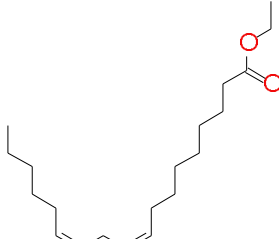
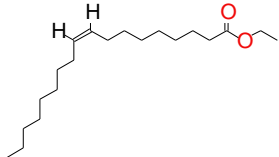
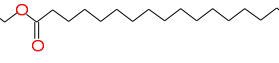
N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## 4. Extracto de la semilla de mango Criollo

Del total de 13 compuestos, 10 corresponden a ácidos grasos, entre ellos, el oleato de etilo (26.724 %), el ácido elaidico metil éster (13.787%) y el linoleato de etilo (12.574%) fueron los principales componentes del extracto, mientras que el linoleato de metilo es exclusivo de este extracto (Cuadro 27).

Cuadro 27. Composición del extracto de la semilla de mango Criollo.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
2	7.487	4H-piran-4-ona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	Piranona	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>		0.666
3	10.811	1,2,3-Bencenotriol	Pirogalol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		3.833
4	16.873	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		4.771
5	17.245	Ácido n-hexadecanoico	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		0.421
7	15.540	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		9.543
8	18.528	Éster metílico del ácido (Z, Z)-9, 12-Octadecadienoico	Linoleato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		5.573
9	18.580	(E)-9-octadecenoico, metil éster	Ácido elaidico, etil éster	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		13.787
10	18.778	Ácido octadecanoico, metil éster	Estearato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		5.023

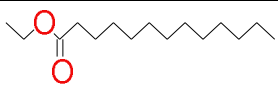
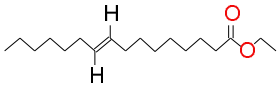
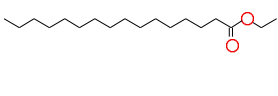
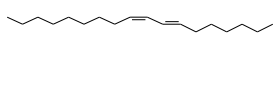
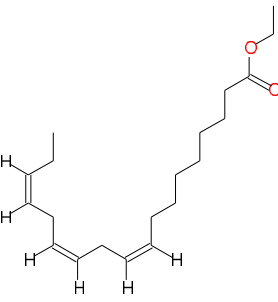
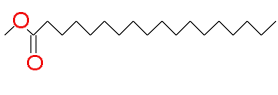
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
11	18.952	Ácido cis-vaccénico	Ácido (Z)-11-Octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$		1.828
12	19.138	Ácido linoleico, etil éster	Linoleato de etilo	$C_{20}H_{36}O_2$		12.574
13	19.189	Oleato de etilo	Ácido oleico, etil éster	$C_{20}H_{38}O_2$		26.724
14	19.381	Ácido octadecanoico, etil éster	Ácido esteárico, etil éster	$C_{20}H_{40}O_2$		9.839

N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## 5. Extracto de la cáscara de mango Manila

De entre un total de seis compuestos, el ácido palmítico etil éster fue el compuesto más abundante con 40.829 %, seguido del ácido linolénico etil éster (26.019%) y el tridecanoato de etilo (5.159 %). Empatado al extracto de la cáscara de mango Criollo, sólo se cuantificaron seis compuestos. El etilo 9. cis., 11. trans.-octadecadienoato, el tridecanoato de etilo y el etilo 9-hexadecenoato no fueron hallados en otros extractos (Cuadro 28).

**Cuadro 28.** Composición del extracto de la cáscara de mango Manila.

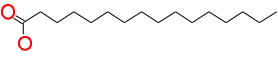
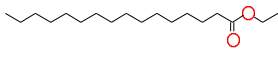
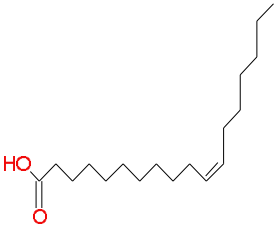
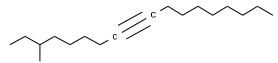
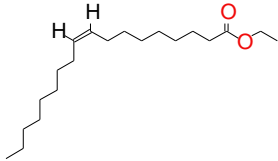
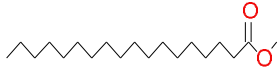
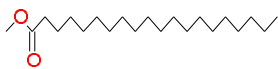
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
1	15.538	Tridecanoato de etilo	Ácido tridecanoico, etil éster	$C_{15}H_{30}O_2$		5.159
2	17.367	Etilo 9-hexadecenoato	Etilo hexadec-9-enoato	$C_{18}H_{34}O_2$		3.450
3	17.598	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	$C_{18}H_{36}O_2$		40.829
6	19.144	Etilo 9. cis., 11. trans.-octadecadienoato	Etilo 9. cis., 11. trans.-octadecadienoato	-----		1.351
7	17.361	Ácido (Z, Z, Z)- 9, 12, 15-Octadecatrienoico, metil éster.	Ácido linolénico, etil éster	$C_{20}H_{34}O_2$		26.019
9	19.388	Metil 17-Octadecanoato de metilo	Ácido esteárico, metil éster.	$C_{19}H_{38}O_2$		1.637

N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## 6. Extracto de la semilla de mango Manila

Al igual que en el extracto de la semilla de mango Criollo, el Oleato de etilo fue el compuesto presente en mayor proporción (42.066 %), seguido del R-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol (21.814 %) y el ácido esteárico etil éster (15.464 %). De entre los siete compuestos cuantificados, el R-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol sólo estuvo presente en este extracto (Cuadro 29).

Cuadro 29. Composición del extracto de la semilla de mango Manila.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
1	17.309	Ácido n-hexadecanoico	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		0.689
2	17.579	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		14.849
5	19.061	Ácido cis-vaccénico	Ácido (Z)-11-Octadecenoico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		1.399
6	19.189	R-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol	-----	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O		21.814
7	19.260	Oleato de etilo	Ácido oleico, etil éster	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		42.066
8	19.433	Ácido octadecanoico, etil éster	Ácido esteárico, etil éster	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>		15.464
9	21.107	Metil 19-eicosanoato de metilo	Araquidato de metilo	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>		0.643

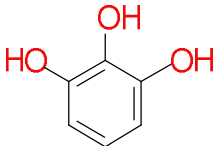
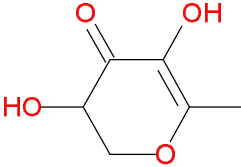
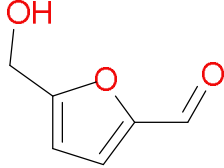
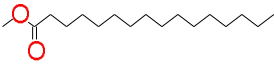
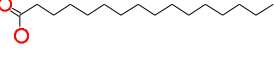
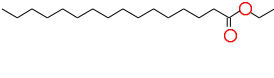
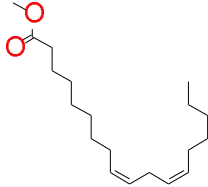
N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

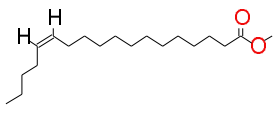
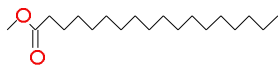
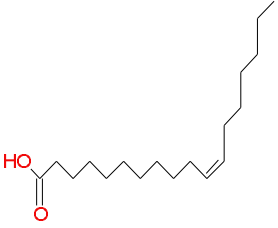
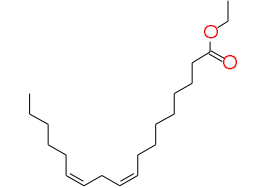
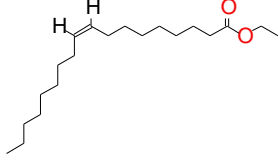
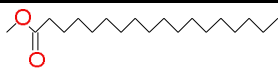


## 7. Extracto de la cáscara de mango Niño

Tiene un total de 13 compuestos y se constituye de 10 ácidos grasos, principalmente de pirogalol (31.840 %), un fenol, seguido de metil éster del ácido 13-octadecenoico (18.433 %) y Hidroximetilfurfural (9.913 %), este último identificado como furanona (Cuadro 30).

Cuadro 30. Composición del extracto de la semilla de mango Niño.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinónimas	Fórmula molecular	Estructura	%
7	6.345	1,2,3-Bencenotriol	Pirogalol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		31.840
4	7.276	4H-piran-4-ona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	Piranona	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>		0.503
6	8.738	5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehido	Hidroximetilfurfural	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		9.913
10	16.886	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		8.041
11	17.251	Ácido n-hexadecanoico	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		1.037
12	17.540	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		1.086
13	18.534	Ácido 9,12-octadecadienoico metil éster	Ácido linolénico, metil éster	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		8.213

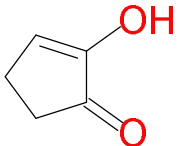
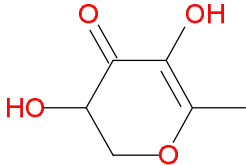
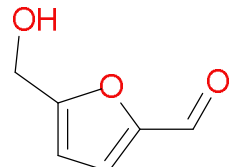
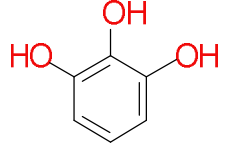
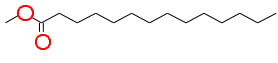
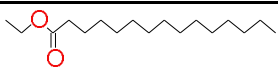

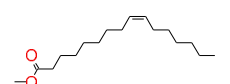
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
14	18.579	Metil éster del ácido cis-13-octadecenoico	Metil éster del ácido cis-13-octadecenoico	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		18.433
15	18.791	Ácido octadecanoico, metil éster	Estearato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		5.326
16	18.951	Ácido cis-vaccénico	Ácido (Z)-11-Octadecenoico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		3.331
17	19.131	Ácido linoleico, etil éster	Linoleato de etilo	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		2.005
18	19.176	Oleato de etilo	Ácido oleico, etil éster	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		2.341
19	19.388	Metil 17-Octadecanoato de metilo	Ácido esteárico, metil éster	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		0.694

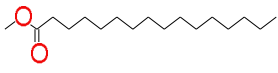
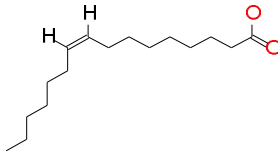
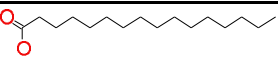
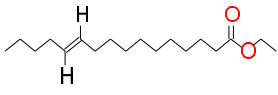
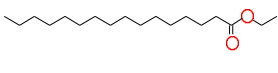
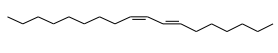
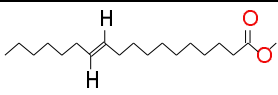
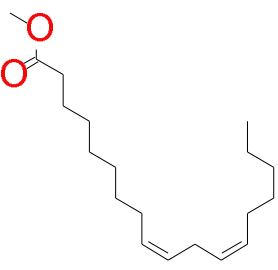
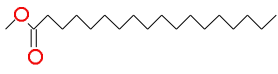
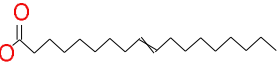
N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

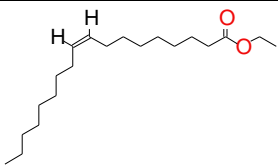
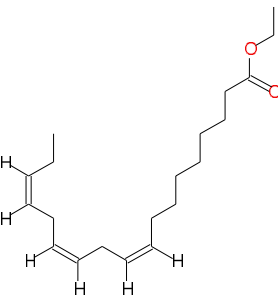

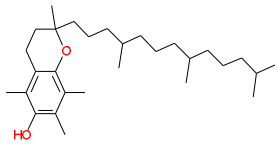
## 8. Extracto de la cáscara de mango Petacón

Fue el extracto con mayor número de compuestos (22), en su mayoría ácidos grasos, de los cuales predominó el metil éster del ácido palmítico (14.397 %), el éster etílico del ácido palmítico (9.934%) y alcohol cetílico (9.681 %). Los compuestos 1-Hexadecanol (alcohol cetílico) y la vitamina E, fueron hallados únicamente en el presente extracto (Cuadro 31).

Cuadro 31. Composición del extracto de la cáscara de mango Petacón.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
2	4.106	2-hidroxi-1-ona-2-ciclopenteno	Ciclopent-2-hidroxi 2-en-1-ona	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>		2.045
9	7.455	4H-piran-4-ona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	Piranona	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>		4.342
10	8.725	5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehido	Hidroximetilfurfural	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		8.102
11	10.894	1,2,3-Bencenotriol	Pirogalol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		0.905
12	14.788	Metil tetradecanoato	Ácido mirístico, metil éster	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>		1.161
13	15.526	Ácido pentadecanoico, etil éster	Pentadecanoato de etilo	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		2.121
14	16.475	1- Hexadecanol	Alcohol cetílico	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O		9.681
15	16.693	Ácido (Z)-9 octadecenoico, metil éster	Ácido palmítoleico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		5.833

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o Sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
16	16.886	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		14.397
17	17.521	Ácido cis-9-Hexadecenoico	Ácido palmitolinoleico	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>		1.112
18	17.271	Ácido n-hexadecanoico	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		3.644
19	17.360	Ácido E-11-hexadecenoico, etil éster	Etilo E-11-hexadecenoato	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		2.507
20	17.547	Ácido hexadecanoico etil éster	Ácido palmítico, etil éster	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		9.934
21	18.534	9-cis,11-trans, metil octadecadienoato	9-cis,11-trans, metil octadecadienoato	-----		2.549
22	18.579	Ácido 11-Octadecenoic, metil éster	Vaccenato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>		6.861
23	18.611	Ácido (Z, Z, Z)-9, 12, 15-Octadecatrienoico, metil éster	Ácido linolénico, metil éster	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		3.259
24	18.791	Ácido octadecanoico, metil éster	Estearato de metilo	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>		1.118
25	18.945	Ácido Octadec-9-enoico	Ácido elaidico	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		0.786

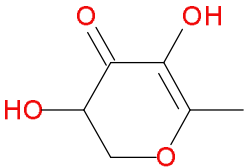
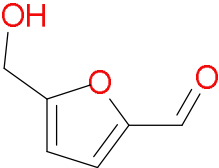
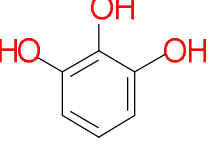
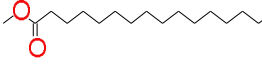
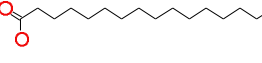
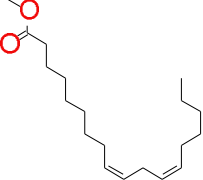
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinónimas	Fórmula molecular	Estructura	%
26	19.176	Oleato de etilo	Ácido oleico, etil éster	$C_{20}H_{38}O_2$		1.488
27	19.208	Ácido (Z, Z, Z)- 9, 12, 15-Octadecatrienoico, metil éster	Ácido linolénico, etil éster	$C_{20}H_{34}O_2$		0.880
28	23.615	Eicosano	Icosano	$C_{20}H_{42}$		1.002
29	27.407	$\alpha$ -Tocoferol	Vitamina E	$C_{29}H_{50}O_2$		6.777

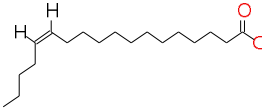
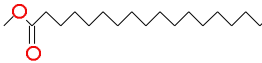
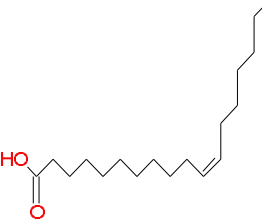
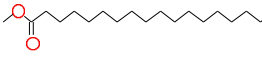
N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## 9. Extracto de la semilla de mango Petacón

Cuenta con un total de diez compuestos y todos son ácidos grasos, de ellos, el pirogalol (23.116 %), el metil éster del ácido 13-octadecenoico (16.379 %) y el ácido cis-vaccénico (13.453 %) fueron los de mayor abundancia. El ácido esteárico sólo estuvo presente en este extracto (Cuadro 32).

Cuadro 32. Composición del extracto de la semilla de mango Petacón.

N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
9	7.449	4H-piran-4-ona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	Piranona	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>		3.829
10	8.584	5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehido	HMF	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		1.492
12	10.778	1,2,3-Bencenotriol	Pirogalol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>		23.116
16	16.879	Ácido hexadecanoico, metil éster	Ácido palmítico, metil éster	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>		5.420
17	17.251	Ácido n-hexadecanoico	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		3.048
18	17.534	Ácido 9,12-octadecadienoico o metil éster	Ácido linolénico, metil éster	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>		5.742

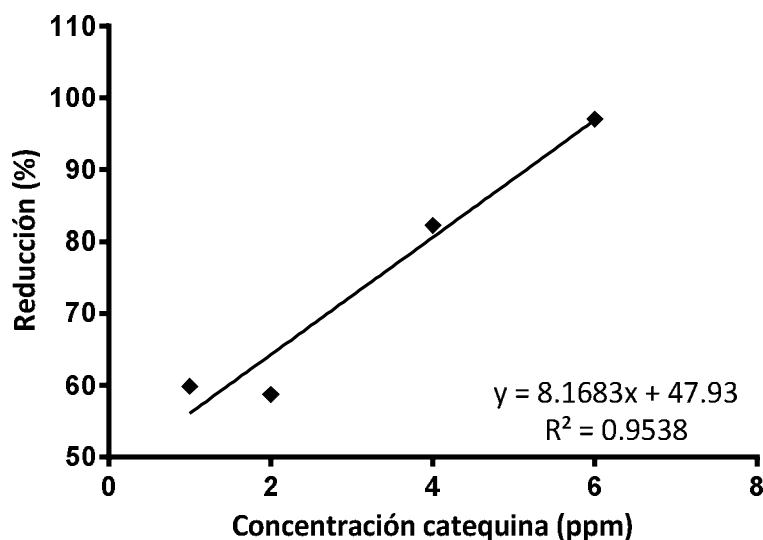
N°	TR (min.)	Nombre sistemático	Nombre común o sinonimias	Fórmula molecular	Estructura	%
19	18.579	Metil éster del ácido cis-13-octadecenoico	Metil éster del ácido cis-13-octadecenoico	$C_{19}H_{36}O_2$		16.379
20	18.785	Ácido octadecanoico, metil éster	Estearato de metilo	$C_{19}H_{38}O_2$		5.251
21	18.958	Ácido cis-vaccénico	Ácido (Z)-11-Octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$		13.453
22	19.138	Ácido octadecanoico	Ácido esteárico	$C_{18}H_{36}O_2$		3.051

N°= Número de pico; TR= Tiempo de Retención; %= Porcentaje del total

## EVALUACIÓN ANTIOXIDANTE

Determinación de la actividad antioxidante del control positivo: Catequina

Se puede observar en la figura 44 los resultados de la evaluación de la capacidad antioxidante del estándar de referencia (catequina), a partir del cual se comparó la capacidad antioxidante de todos los extractos de las variedades de mangos.



**Figura 44.** Actividad antioxidante de la Catequina frente al DPPH.

Actividad antioxidante de los nueve extractos

Tras su evaluación mediante el método de reducción del radical 2,2-Difenil-1-Picrilhidracil (DPPH·), se obtuvo el valor de la actividad antioxidante media ( $CA_{50}$ ) para cada extracto y los resultados se muestran en el cuadro 33. El extracto con la mayor actividad antioxidante fue el extracto de semilla de Manila con una  $CA_{50}$  de 1.18 ppm, seguido del resto de los extractos de semillas, y por el contrario el extracto de cáscara de Niño tuvo la menor capacidad antioxidante ( $CA_{50}=38.36$  ppm).

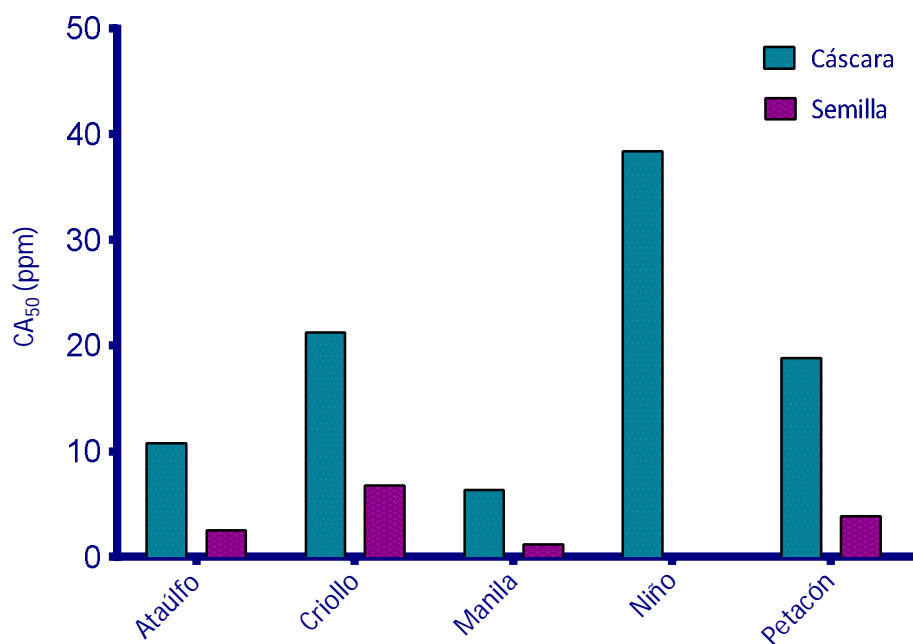


**Cuadro 33.** Actividad antioxidante media de los diferentes extractos de *M. indica*.

Extractos	CA <sub>50</sub> (ppm)
<b>Catequina*</b>	0.78
<b>Ataúlfo cáscara</b>	10.75
<b>Ataúlfo semilla</b>	<b>2.53</b>
<b>Criollo cáscara</b>	21.22
<b>Criollo semilla</b>	6.73
<b>Manila cáscara</b>	6.34
<b>Manila semilla</b>	<b>1.18</b>
<b>Niño cáscara</b>	38.36
<b>Petacón cáscara</b>	18.80
<b>Petacón semilla</b>	3.84

\*Control positivo. Se resalta en negrita los extractos con mejor actividad antioxidante.

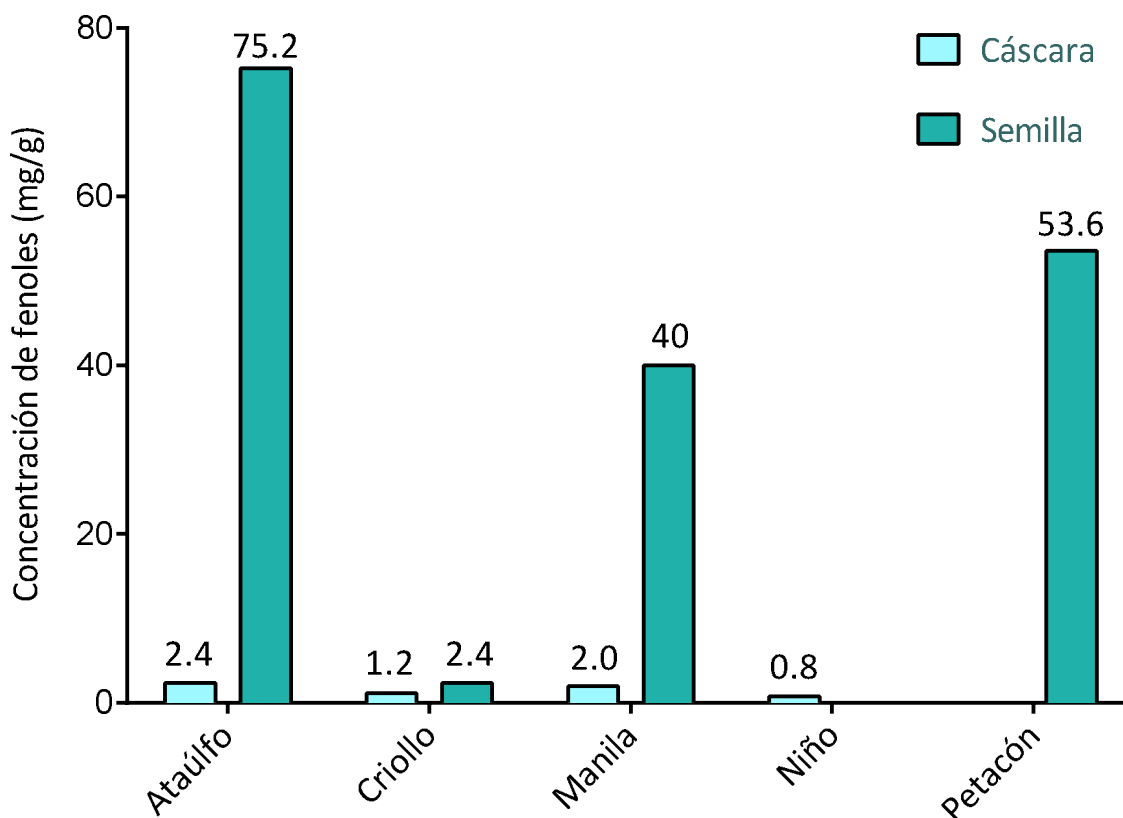
A continuación se muestra el comportamiento de la actividad antioxidante de cada uno de los extractos de las nueve variedades de mango (Figura 45)



**Figura 45.** Concentración antioxidante media de cada extracto.

**CONCENTRACIÓN DE FENOLES TOTALES**

Tras la prueba cuantitativa para fenoles, se pudo saber que todos los extractos poseen compuesto fenólicos, a excepción del extracto de cáscara de mango Petacón. En contraparte, el extracto de semilla de Ataulfo (75.2 mg/g), seguido del extracto de semilla de Petacón (53.6 mg/g) y de semilla de Manila (40 mg/g) presentaron la mayor concentración de fenoles (Figura 46). También se hace notorio que los extractos obtenidos a partir de las semillas tienen más fenoles en contraste con las cáscaras.



**Figura 46.** Concentraciones correspondientes al contenido de fenoles totales de los extractos.

 DISCUSIÓN

---

En la actualidad, estamos en una continua búsqueda de antimicóticos específicos, de acción rápida y de bajo costo, capaces de evadir los mecanismos de resistencia de las células fúngicas, que puedan contribuir a la eliminación o control de hongos causantes de daños directos o indirectos hacia el ser humano. A través de años de investigaciones, hemos aprendido que las plantas son una ventana hacia el mejoramiento de los medicamentos y agroquímicos empleados para prevenir o remediar el detrimento provocado por los hongos microscópicos, es por ello que este estudio se ha enfocado a probar las propiedades antifúngicas de *Mangifera indica* L, obteniendo resultados positivos en este aspecto los cuales se describen a continuación.

En lo referente al rendimiento de los extractos empleados, el de cáscara de Ataúlfo fue abundante (52.18 %) y, de manera semejante, el resto de los extractos provenientes de cáscaras (Cuadro 2). En contraparte, el extracto de semilla de Petacón fue menor con 2.76%. Las diferencias de rendimiento encontradas pueden atribuirse a la diferencia en la contenido de compuestos sólidos presentes en el tejido vegetal, de tal manera que ésta fue mayor para las cáscaras que para las semillas, estos resultados son equiparables a los reportados por Chan et al. (2008), quienes a partir de 28.8 Kg de fruto, obtuvieron 4.8 Kg de cáscara y 1.81 Kg de semilla.

El alto porcentaje en rendimiento es posible que sea gracias al método de extracción que fue utilizado para obtener los principios activos, la maceración exhaustiva, ya que permite la obtención de la mayoría de compuestos presentes en el material vegetal (Arraiza, s/a), lo que con otro método (la percolación, por ejemplo) no se hubieran podido obtener. También se debe considerar la naturaleza de los compuestos que conforman los extractos, en este caso, se hallaron ácidos grasos, lo cual es congruente con el hecho de que suelen representar entre el 10 y 70 % del peso seco, sobre todo en semillas (Hitchcock y Nichols, 1971).

Se puede notar que no se tiene un dato para el rendimiento de la semilla de mango Niño, esto es debido a que una gran parte de la masa de la semilla corresponde al embrión, y en esta variedad de mango el embrión está subdesarrollado (Figura 50) y no alcanza su tamaño normal y, por ende, su semilla es escasa (Gehrke, 2008).

Los datos obtenidos a partir de la prueba cualitativa revelaron que los nueve extractos presentaron comportamientos diferentes sobre el crecimiento de las seis cepas empleadas en este trabajo, siendo el extracto de semilla de Ataúlfo el de la actividad más evidente, puesto que tuvo un efecto positivo en la totalidad de cepas (Cuadro 3). Posteriormente, las pruebas cuantitativas permitieron corroborar lo anterior y determinar la concentración Fungicida Mínima (CFM) y la Concentración Fungicida Media (CF<sub>50</sub>).

Todos los extractos tuvieron actividad sobre *T. mentagrophytes*, de modo que la CF<sub>50</sub> más baja registrada fue de 0.16 mg/mL, correspondiente al extracto de cáscara de mango Ataúlfo (Cuadro 13). Las cepas menos afectadas fueron las del género *Aspergillus*; el mayor efecto sobre su crecimiento se observó con el extracto de semilla de mango Ataúlfo, arrojando una CF<sub>50</sub> de 4.98 y 10.34 mg/mL para *Aspergillus* sp. y *A. niger* respectivamente. Los resultados obtenidos concuerdan con los de quienes han empleado el extracto de plantas de la familia *Anacardiaceae* (*Lithrea molleoides*), tales como Muschietti et al. (2005) quienes lograron la inhibición del crecimiento de *T. mentagrophytes*, no así el de *A. niger*. Por su parte, Mansour et al. (2012) registraron actividad fungicida a una CMI de 0.068 mg/mL de un extracto hidro-alcohólico de *Pistacia lentiscus* contra *T. mentagrophytes*.

Una de las principales vías de acción de los antifúngicos es mediante el anclaje de moléculas a la membrana, específicamente al esterol ergosterol; este anclaje provoca la formación de poros a través de los cuales pueden escapar pequeños iones como el potasio, lo que eventualmente termina con la vida de la célula (Moore et al., 2000). Una explicación sobre la resistencia que presentó el género *Aspergillus* puede estar dada a

través del hecho de que se pueden presentar modificaciones de la membrana fúngica, específicamente a un decremento del contenido de ergosterol en la bicapa de fosfolípidos, de este modo, la célula debe recurrir a la producción de intermediarios diferentes al ergosterol, lo que dificulta el anclaje de la molécula antimicótica a la célula (Moore et al., 2000). De cualquier manera no hay que perder de vista que existen otras vías de resistencia como lo son la modificación molecular de blancos enzimáticos, alteraciones en la fluidez de los antifúngicos para penetrar al interior de las células y la implementación de vías metabólicas alternas, entre otras que podrían estar interviniendo (Loeffler y Stevens, 2003).

Por su parte, es posible que *T. mentagrophytes* sea tan propenso al efecto de los extractos porque los mecanismos de defensa que posee pueden ser diferentes a los descritos para *Aspergillus*, puesto que ambos hongos son parásitos de organismos con estructuras celulares distintas (células animales y vegetales, respectivamente), y han tenido que desarrollar estrategias que les permitan establecerse sobre los tejidos de sus hospederos, dejando vulnerable a *T. mentagrophytes* ante el efecto de compuestos de origen vegetal que no han de encontrarse en células animales; sin embargo, es una hipótesis que se debe dilucidar en otra investigación.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta la acción de las concentraciones empleadas, estas concentraciones pueden considerarse altas si se comparan con las utilizadas en el control positivo, sin embargo, se debe sopesar la naturaleza química de los extractos, es decir, que no son sustancias puras, sino una mezcla de compuestos que están presentes en cantidades pequeñas, pues es así como se encuentran en la naturaleza (Espinosa-García, 2001). Bajo el criterio de Muschietti et al. (2005), quienes consideran que 1000 µg/mL es una concentración mínima para considerar a una sustancia natural con efecto fungistático, se puede decir que el extracto de semilla (Ataúlfo) tiene esa cualidad, más aún por tratarse de un extracto crudo. Otra observación concerniente a lo anterior, es que el efecto antifúngico de los extractos es mejorado tras incrementar la concentración de

estos. Los hallazgos concuerdan con el reporte de Banso y Adeyemo (2000) de que a mayor concentración de una sustancia antimicrobiana se muestra un incremento en la inhibición del crecimiento.

No se deben de perder de vista otros factores, tales como el sitio donde se sintetizan los metabolitos en la planta, es posible que algunos se produzcan en toda la planta, mientras que otros pueden ser específicos para cada órgano en la planta (Montes, 2009), por lo anterior, no es extraño que en las semillas de mango se hallaran triglicéridos de manera abundante, ya que éstos pueden llegar a representar más del 50% de la masa seca (Bruneton, 2001) debido a que constituyen materiales de reserva, y más aún por tratarse de muestras obtenidas a partir de semillas maduras, que suelen tener una mayor proporción de ácidos grasos en contraste con las inmaduras (Hitchcock y Nichols, 1971).

El estadio de maduración del fruto también juega un papel importante, ya que se reportan cambios en las concentraciones de compuestos bioactivos como vitaminas, fenoles y flavonoides, los cuales suelen decrecer después de la maduración del fruto (Robles et al., 2006). Ahora bien, respecto a los resultados del trabajo de Drovy et al. (1986), en donde se observó que la concentración de resorcinoles antifúngicos hallados en la cáscara del fruto decrece en relación con estadios de mayor maduración, se puede pensar que los extractos hubieran tenido un mayor efecto antifúngico si se hubieran empleado frutos inmaduros, pues tendrían mayores concentraciones de resorcinoles y, por ende, más actividad.

Finalmente, el hecho de que los extractos hayan mostrado su mayor actividad contra un hongo dermatofito, apoya el uso farmacológico del fruto y lo convierte en una fuente interesante de investigación sobre otros dermatofitos como *Trichophyton rubrum*, responsable del 80-93 % de las dermatofitosis (Feresin et al., 2001). Además de que entre las dermatomicosis, las infecciones por hongos dermatofitos afectan al 20% de la población que habita en regiones templadas (Lozano, 2006).

Por otro lado, tras la revisión de los espectros de absorción de luz ultravioleta obtenidos de la cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), se interpretaron las longitudes de onda de absorción de cada compuesto de acuerdo a la literatura (Dey y Harborne, 1989; Schieber et al., 2003 y Drový et al., 1986). Como se mencionó en los resultados, se determinó la presencia de derivados fenólicos, de manera predominante la de derivados de resorcinol, ya que éste tiene un pico de absorción máxima bajo luz UV a 276 nm (Dey y Harborne, 1989).

La presencia de derivados de resorcinol en las muestras sustenta en gran medida la actividad antifúngica presentada por los extractos, ya que de acuerdo con los reportes de Cojocarú et al. (1986), es el 5-(12-heptadecenyl)-resorcinol, el componente antifúngico más importante hallado en la cáscara de mango. Lo anterior lo infieren a partir de la relación que existe entre el momento de infección de un hongo y la producción de este compuesto en respuesta al ataque del hongo (Drový et al., 1986).

También se detectó una xantona, la mangiferina, cuyo espectro máximo de UV responde a las longitudes de onda de 240, 258, 318 y 366 nm (Schieber et al., 2003). Se reporta que puede tener cierta acción antifúngica, pero en menor medida a la mostrada por el resorcinol, ya que se ha descrito que hongos como *Thermoascus aurantiacus* y *Saccharomyces cerevisiae*, en concentraciones peso/volumen de 30 y 35% respectivamente, pueden ser inhibidos, sin embargo, especies como *F. moniliforme* y *A. niger* no lo son (Stoilova et al., 2005) y este fenómeno se atribuye a la capacidad de éstos de transformar la mangiferina en una quinona (Chakrabarti y Ghosal, 1985).

Por último, en las muestras se encontraron flavonoles que se presentan en espectros UV de 250-270 y 350-390, así como derivados de ácido benzoico cuyo espectro máximo es de 270 nm (Dey y Harborne, 1989). Ambos se han asociado con actividad antifúngica y pueden ser compuestos sintetizados previamente en la planta o posteriormente en respuesta a algún estímulo (Grayer y Harborne, 1994). Los primeros son también llamadas inhibitinas, o fitoanticipinas y son compuestos antimicrobianos de bajo peso

molecular que están presentes en todas las etapas del desarrollo de las plantas o bien que son producidos después de una infección, mientras que los segundos, las también llamadas fitoalexinas, son compuestos que únicamente son sintetizados en respuesta al ataque de un patógeno o estrés, y su presencia está restringida al tejido dañado y las células circunvecinas (Montes, 2009).

El grupo hidroxilo presente en los compuestos fenólicos les confiere afinidad por las proteínas, de modo que pueden actuar como inhibidores de enzimas fúngicas, tales como cutinasas, las cuales son necesarias para poder infectar la planta (Prusky y Keen, 1993).

En lo que respecta a la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, todas las muestras se constituyen principalmente de ésteres de ácidos grasos, siendo el oleato de etilo, el ácido palmítico metil y etil éster, el vaccenato de metilo, el ácido linoleico metil éster y el pirogalol los compuestos de mayor abundancia y frecuencia (Cuadro 23).

Que la presencia de estos compuestos predomine va de acuerdo a la distribución mundial que se ha estimado para los ácidos grasos, donde el ácido linoleico y el oleico representan el 34 %, cada uno, y el ácido palmítico el 11 % (Hitchcock y Nichols, 1971). En la investigación de Tantaoui y Errifi (1994) mostraron la capacidad antifúngica de los ácidos linoleico y linolénico, siendo la de éste último la más marcada frente a *A. niger*, impidiendo su crecimiento en un 100 % con una concentración de 0.250 g/100mL.

En su revisión sobre antifúngicos, Grayer y Harborne (1994) manifiestan que los ácidos grasos, en especial aquellos con 18 átomos de carbono, son considerados como uno de los grupos más importantes de compuestos antifúngicos derivados de plantas. De ellos, se ha demostrado el efecto *in vitro* de cuatro ácidos grasos aislados de las agujas de *Pinus radiata*, incluyendo el ácido esteárico, un compuesto hallado en nuestras muestras; los compuestos inhibieron tanto la germinación de esporas como el crecimiento de micelio de un hongo filamentoso que suele infectar a este árbol. Por otro lado, los ácidos linoleico y linolénico (también hallados en nuestras muestras), son considerados elicitores



endógenos de fitoalexinas diterpenoides en el arroz, en respuesta al ataque de *Pyricularia oryzae*.

Se ha determinado que el principal mecanismo de acción de los ácidos grasos como antifúngicos se da a través de la interacción con la membrana celular del hongo. Avis y Bélanger (2001), explican que de manera natural los ácidos grasos se insertan en la bicapa lipídica de la membrana, lo que provoca un incremento en su fluidez, lo que a su vez ocasiona una desorganización general en la membrana que lleva a cambios conformacionales de las proteínas de membrana, la liberación de componentes intracelulares, desorden citoplasmático y eventualmente, la desintegración de la célula. Los ácidos grasos insaturados, como el linoleico y linolénico, tienen una mejor actividad debido a que por su naturaleza tienen mayor movilidad en la membrana, lo que acentúa los efectos descritos con anterioridad (Thibane et al., 2010).

Entre los nueve extractos estudiados, el de semilla de Manila mostró la mayor actividad antioxidante con una  $CA_{50}$  de 1.18 ppm, seguido del resto de los extractos de semillas (Cuadro 33), lo que comparado con la actividad de la catequina (control positivo) cuya  $CA_{50}$  fue de 0.78 ppm, habla del gran potencial como antioxidantes.

Retomando lo expuesto sobre los resultados de la CLAR cabe la posibilidad de que uno de los principales compuestos responsables de la actividad antioxidante sea la mangiferina, que se sabe, tiene una función protectora contra diferentes fuentes de estrés, como el ingreso de microorganismos patógenos; incluso, estudios llevados a cabo con extractos de la corteza, flores y hojas de mango, han exhibido su potencial como agente antioxidante, anticancerígeno, antimicrobiano, antiaterosclerótico (evita el engrosamiento y pérdida de la elasticidad de las paredes arteriales), antialérgico, antiinflamatorio, analgésico e inmunomodulador, entre muchos otros (Masibo y He, 2008). Su actividad antioxidante se adjudica a su acción quelante de hierro, más que a la eliminación de radicales libres (Halliwell y Gutteridge, 1986; citado por Masibo y He, 2008), sin embargo, el efecto antioxidante también puede deberse a la combinación de varios compuestos

polifenólicos, y no a la mangiferina por sí sola (Arts et al. 2000; citado por Masibo y He, 2008).

Prueba de lo anterior es que algunos de nuestros extractos, en los que no fue detectada la mangiferina, también presentaron altas concentraciones de fenoles, así como una gran capacidad antioxidante, éstos fueron los extractos de semilla de Manila y Petacón. En ellos se encontró que tenían entre 5 y 6 derivados de resorcinoles, compuestos fenólicos, cuya actividad antioxidante depende de la estructura individual y del número de oxidrilos sustituyentes, así como del peso molecular.

En lo que respecta a los flavonoles hallados, cabe la posibilidad de que se trate de quercetina, ya que está ampliamente reportada como uno de los constituyentes fenólicos en el mango (Masibo y He, 2008).

Al contrastar la capacidad antioxidante con el contenido de compuestos fenólicos en los extractos, se puede concluir que están correlacionados, puesto que los tres extractos con la mayor actividad antioxidante, fueron también los que presentaron un mayor contenido de fenoles totales (Cuadro 33, figura 46). Los datos recabados indican que la variedad Ataúlfo contiene la mayor concentración de compuestos fenólicos (75.2 mg/mL), lo cual confirman lo expuesto por Manthey y Perkins-Veazie (2009), ya que ellos indican en comparación con otras cuatro variedades comerciales de mango, la de Ataúlfo presentó un mayor contenido de fenoles totales, entre ellos mangiferina y ácido elágico.

La importancia de estos resultados radica en el potencial que tienen los extractos de contribuir a los sistemas de defensa antioxidante del organismo tras un ataque por agentes patógenos.

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas cediendo átomos de hidrógeno de forma que se neutralizan los radicales libres (Ramos et al., 2008; Rivero y Betancort, 2006).

Se sabe, que algunas enzimas producen especies reactivas de oxígeno, esto una vez que células fagocíticas, como los macrófagos, han buscado, reconocido y englobado al patógeno en una membrana conocida como fagosoma. Es el proceso de encapsulación el que activa los mecanismos en las células inflamatorias que destruirán y matarán al patógeno debido a la activación de proteasas y a la generación de especies reactivas de oxígeno (Konigsberg, 2008). Aunque las especies reactivas de oxígeno tienen como objetivo matar patógenos, la sobreproducción, su localización en un sitio inadecuado, o bien cuando los sistemas de defensa antioxidante están deteriorados puede provocar graves daños celulares (Konigsberg, 2008; Martínez y Sánchez de Medina, 2001). En consecuencia, algunos pacientes pueden ser blancos de bacterias y hongos, que los haga requerir la implementación de fuentes antioxidantes alternas para regular la cantidad de especies reactivas de oxígeno.

Recogiendo lo más importante, se debe resaltar que la presencia de metabolitos secundarios fue predominante en los extractos de semillas frente los de cáscaras, lo que les confiere una marcada actividad antifúngica. Este hecho no es sorprendente, ya que como parte de un proceso evolutivo, las plantas han concentrado sus defensas en sus órganos reproductivos, en este caso en los frutos que contienen las semillas que se convertirán en la siguiente generación, por lo que la planta debe protegerlas de los depredadores hasta que esté lista para ser dispersada por el medio (Summer, 2000). Por otro lado, el hecho de que se hallaran compuestos fenólicos, va de la mano con que la mayoría de los compuestos aromáticos en plantas, corresponden a fenoles, cuya acción antifúngica ha sido demostrada (Montes, 2009) y la gran variedad de ácidos grasos presentes en los extractos está ligada al hecho de que proveen soporte, estructura y permeabilidad a las membranas, además de ser una importante reserva energética para las células.

## CONCLUSIONES

---

Tras analizar detenidamente los resultados obtenidos de esta investigación, se pueden concretar las siguientes premisas:

- ▶ Todas las variedades presentaron actividad antifúngica.
- ▶ La variedad con mayor actividad antifúngica fue Ataúlfo, en especial su semilla.
- ▶ La cepa fúngica más sensible fue *T. mentagrophytes* y la más resistente fue *A. niger*.
- ▶ La actividad antifúngica depende de factores como la concentración, composición química y cepa fúngica.
- ▶ La mayoría de los extractos tiene compuestos antifúngicos, de los cuales predomina la presencia de compuestos fenólicos y ácidos grasos.
- ▶ El extracto de semilla de Manila tuvo la mejor actividad antioxidante, la cual está relacionada con la cantidad de fenoles totales.

## PERSPECTIVAS

---

Dado que el presente trabajo muestra el potencial de los extractos como antifúngicos, es necesario darle continuidad al proyecto, para lo cual se propone lo siguiente:

- ▶ Llevar a cabo el fraccionamiento de los extractos para determinar si la acción antifúngica se debe a la acción de un compuesto o si se trata de una acción sinérgica.
- ▶ Determinar la toxicidad y la alergenicidad de los compuestos activos.
- ▶ Probar si los frutos que han sido expuestos a estrés poseen diferentes y/o una mayor diversidad de metabolitos secundarios.
- ▶ Es recomendable realizar pruebas que permitan determinar la estructura de los derivados de resorcinol.
- ▶ Probar el efecto antimicótico de los extractos sobre otras cepas de hongos dermatofitos.
- ▶ Una vez realizadas las pruebas correspondientes, sería recomendable desarrollar cremas, aceites o lociones para el tratamiento de hongos dermatofitos.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Descripción botánica de *Mangifera indica* L.



**Figura 47.** Árbol de *Mangifera indica* L. Marco (Schmidt, 2006).

El mango es una especie arbórea de hojas perennes cuyo porte a libre crecimiento en los trópicos alcanza hasta 40 metros de altura, pero en los subtrópicos no supera los 10 metros. El mango desarrolla una estructura siempre verde, erecta, y ramificada, formando una copa, la cual está usualmente de forma oval, alargada o como cúpula. La corteza es gris oscura, gruesa, rugosa, con pequeñas fisuras y escamas (Gobierno del Estado de Colima, 2005). El

**Cuadro 34.** Clasificación taxonómica de *Mangifera indica* L.

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Filo</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Rosidae
<b>Orden</b>	Sapindales
<b>Familia</b>	<i>Anacardiaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Mangifera</i>
<b>Especie</b>	<i>indica</i>



sistema radicular bien desarrollado, profundiza entre 6 y 8 m y lateralmente las raíces pueden extenderse hasta 10 m a partir del tronco del árbol (PROSERCO, 2007). Las hojas son lanceoladas de 15 a 40 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho, con un intenso color rojo al inicio de su crecimiento en algunas variedades que pasa a verde y luego a verde oscuro en su madurez (Figura 48) (Mora et al., 2002).



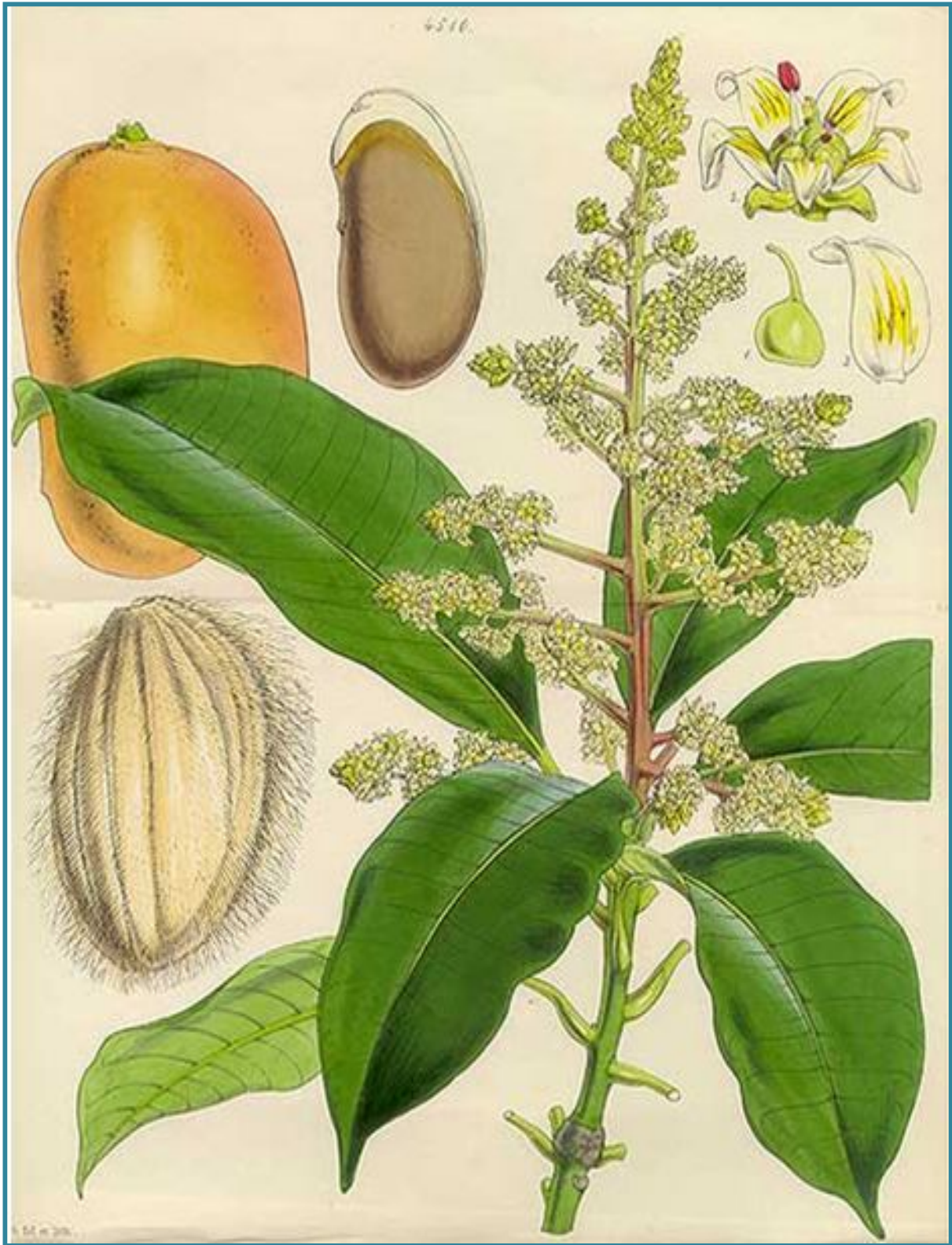
**Figura 48.** Hojas nuevas. (Fotografía: C. Elevitch).

Las inflorescencias se originan principalmente a partir de la yema terminal, pero también se produce una emisión de inflorescencias axilares. El color de la inflorescencia así como el de la flor es también característico de cada cultivar. La polinización del mango es

esencialmente entomófila, siendo los principales polinizadores insectos del orden Díptera, señalándose a la mosca casera como un importante polinizador (PROSERCO, 2007).

Las flores se dan en panículas terminales ramificadas, un árbol puede tener de 2000 a 4000 panículas las cuales pueden poseer entre 400 y 5000 flores cada una. Tiene dos formas de flores, hermafroditas y masculinas, con ambas flores en la misma inflorescencia. La relación de hermafroditas con las flores masculinas en una inflorescencia varía con la estación y la variedad y está influenciado por la temperatura durante el desarrollo de la inflorescencia. Las flores hermafroditas son pequeñas (5-10 mm) con cuatro o cinco pétalos ovales, pubescentes y de cuatro a cinco oblongas, lanceoladas, de pétalos finamente pubescentes. Sólo uno o dos de los cuatro o cinco estambres que surgen desde el margen del disco penta-lobulado son fértiles. El ovario nace centralmente en el disco con el estilo surgiendo de un lado. Las flores masculinas son similares a las hermafroditas pero no tiene el pistilo, el cual ha sido abortado (Bally, 2006).

El fruto es una drupa (carnoso con una sola semilla encerrada en un endocarpo coriáceo) grande y carnosa que puede contener uno o más embriones. Los mangos llamados de tipo Indio son monoembriónicos y de ello derivan la mayoría de las variedades comerciales; los poliembriónicos se utilizan normalmente como patrones. La cáscara del fruto es de un grosor variable y presenta pequeñas glándulas circulares conocidas como lenticelas. El color del fruto, al momento de la madurez, varía de verde amarillo verdoso a amarillo anaranjado. En otros cultivares el color va de tonos rojizos, a modo de chapas, o completamente rojo. Los frutos de mango varían en peso desde 200 g hasta 2 Kg. y en forma desde redondos hasta ovoides, arriñonados y a veces aplanados lateralmente (PROSERCO, 2007). La fruta tarda de 100 a 120 días, en términos generales, de floración a cosecha (Figura 49).



**Figura 49.** *Mangifera indica* L. (Hooker, 1850).



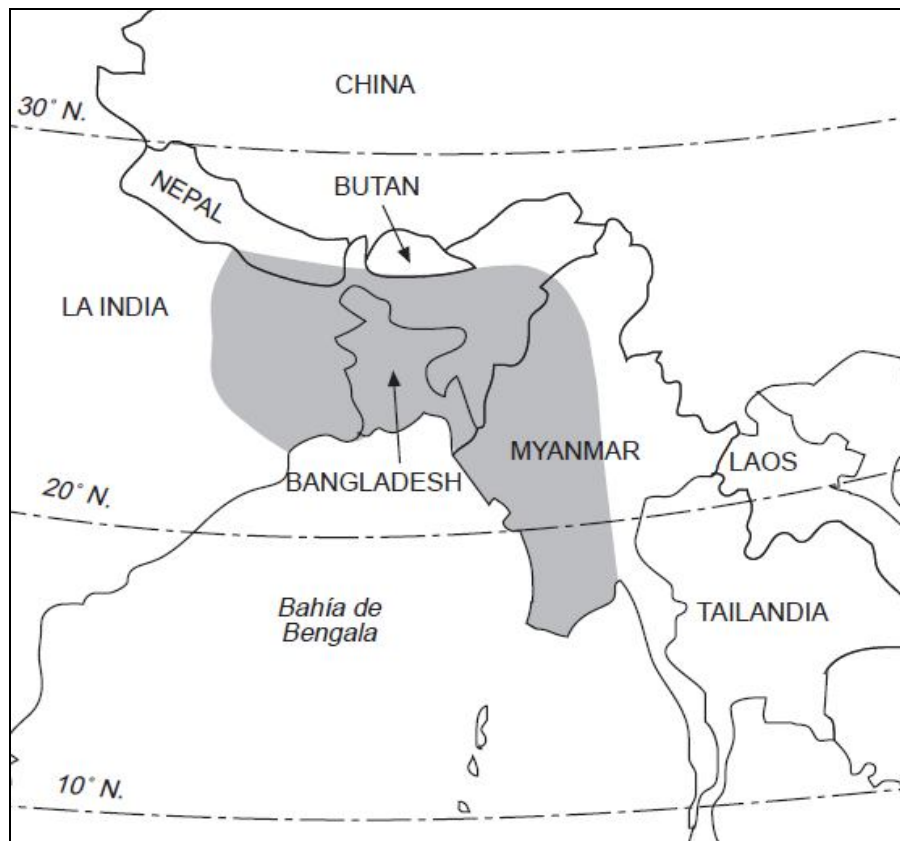
Las variedades de mango pueden ser clasificadas según el tipo de embrión dentro de sus semillas en monoembriónicas o poliembriónicas. En las variedades monoembriónicas, la semilla contiene solamente un embrión, resultado de la cruce entre la madre y el padre (polen). Las semillas poliembriónicas contienen varios embriones, muchos de los cuales son asexuales y genéticamente idénticos a la madre (Bally, 2006) (Figura 50).



**Figura 50.** A la izquierda una semilla monoembriónica y a la derecha una semilla poliembriónica (Bally, 2006).

## DISTRIBUCIÓN

A pesar de que se desconoce su punto de origen exacto, el mango es probablemente nativo a los bosques montanos bajos del este de la India, Bangladesh y Myanmar (Burma) entre los 16° y 28° de latitud norte (Figura 51) (Parrota, 1993). A partir del siglo XVI, este fruto fue distribuido gradualmente alrededor del mundo y llegó a América en el siglo XVIII. Los mangos se cultivan en todas las tierras bajas tropicales y subtropicales del mundo (Crane y Campbell, 1995). Sobre todo en México (el principal país exportador del mundo en 2007), la India, Indonesia, Florida, Hawaii, Sudáfrica, Egipto, Israel, Brasil, Cuba, Filipinas y otros numerosos países. El 97% de la superficie cultivada de mango se localiza en los estados de Veracruz, Sinaloa, Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Chiapas, Jalisco, Guerrero, Colima y Campeche, los que aportan el 97.74% de la producción nacional (PROSERCO, 2007).



**Figura 51.** El área sombreada representa la distribución natural aproximada del mango (Parrota, 1993).

## VARIETADES

### *Ataúlfo*

El mango Ataúlfo es el cultivar de origen mexicano con más aceptación en los mercados internacionales. Si bien su genealogía es incierta, pues se desconocen sus progenitores, se ha mencionado que posiblemente provenga de una mutación, o bien, sea producto de una hibridación natural (Infante et al., 2011).

Se estima que existen más de 25 mil hectáreas sembradas en Chiapas con mango Ataúlfo (20 mil hectáreas en el Soconusco). El peso promedio de los frutos del cultivar Ataúlfo es de 200 a 300 g. El fruto más grande registrado en Chiapas ha sido de 800 g.

Los árboles de esta variedad son semi-vigorosos, bastantes productivos y poco alternantes. Su época de producción es temprana, ya que ocurre de mayo a julio, el fruto

es de excelente calidad, color amarillo resistente al manejo y con un peso promedio de 200 a 370 gramos; el color de la pulpa es amarillo y no tiene fibra (Figura 52). Tiene amplia aceptación en el mercado nacional y exportación (Gobierno del Estado de Colima, 2005).



**Figura 52.** Mango Ataúlfo.

*Criollo*

Es un árbol de tamaño grande, de fruto pequeño, forma alargada y de color amarillo o amarillo rojizo (Figura 53). Su pulpa es de fibra abundante y de muy buen sabor. Durante el mes de febrero se da su floración y en junio se cosecha. Tiene una semilla poliembriónica (Rodríguez et al., 2002).



**Figura 53.** Mango Criollo.

*Manila*

El cultivar Manila es el que más se produce en México; aunque se exporta en pequeños volúmenes, está básicamente destinado al consumo interno debido a que el fruto es de baja firmeza y tiene una vida de anaquel corta (Infante et al., 2011). Los árboles son vigorosos, productivos, y ligeramente alternantes, su producción es temprana ya que se cosecha entre abril y mayo; producen alrededor de 150 a 200 kilogramos por árbol; los frutos son de tamaño medio con peso de 200 a 275 gramos, son de forma elíptica y color amarillo, con cáscara, pulpa amarilla, firme, dulce, y sabrosa, con alto contenido de fibra. Esta variedad es ampliamente aceptada en el mercado nacional, destinándose al consumo fresco y a la industria (Gobierno del Estado de Colima, 2005).



**Figura 54.** Mango Manila.



### Niño

Es un fruto subdesarrollado de la variedad Ataúlfo; muestra una hendidura en el lomo y un pico pronunciado. En las primeras etapas de formación, se observa la permanencia del estilo floral o vestigios de este; el fruto contiene exospermo y en ocasiones se pueden observar vestigios de un embrión atrofiado. El mesocarpio se desarrolla inicialmente, indicando ensanchamiento del ovario, pero este se detiene a temprana edad y aunque el



fruto llega a desarrollarse fisiológicamente hasta llegar a su madurez organoléptica, por lo general no adquiere el tamaño normal (Figura 55).

**Figura 55.** Mango niño y subdesarrollo del embrión (Gehrke, 2008).

### Petacón

También es conocido como "Kent", el árbol presenta un crecimiento vertical vigoroso y con producción alternante. Su rendimiento promedio es entre 100 y 300 kilogramos/árbol. Son de producción tardía al cosecharse a mediados de julio y a principios de septiembre. El fruto tiene un peso entre 500 a 825 gramos. La base es de color verde amarillento con ligero chapeo rojo, llegando a ser rojizo, siempre y cuando tenga una mayor exposición a la luz del sol. Es susceptible a la antracnosis y está más dispuesto al ataque de la mosca de la fruta, debido a que la época de cosecha coincide con la temporada de lluvias. La fruta se destina principalmente al mercado nacional y a la industria; sin embargo, el mercado de exportación puede crecer si esta variedad se cultiva en regiones más secas (Gobierno del Estado de Colima, 2005).



**Figura 56.** Mango Petacón.

## Apéndice 2. Técnica de maceración

Es una técnica de extracción que se caracteriza por la obtención de un alto rendimiento, además de obtenerse la mayoría de los compuestos presentes en la matriz herbácea: volátiles, grasas, ceras, pigmentos, etc.

Para ello se lleva a cabo una extracción con disolventes orgánicos, que penetran en la materia vegetal y disuelven las sustancias, que son evaporadas y concentradas a baja temperatura.

Después, se elimina el disolvente, obteniendo la fracción deseada. La selección del disolvente pretende que sea capaz de disolver rápidamente todos los principios y la menor cantidad de materia inerte, que tenga un punto de ebullición bajo y uniforme que permita eliminarlo rápidamente, pero evitando pérdidas por evaporación, no soluble en agua, químicamente inerte, para no reaccionar con los componentes de los aceites, no inflamable y barato.

La extracción puede ser sólido-líquida o líquido-líquida en función del estado de la muestra (Arraiza, s/a).

### *Procedimiento*

La cáscara y semilla de los frutos de cada variedad se deben secar al ambiente y posteriormente puestos a macerar dentro de un matraz de vidrio, al cual se debe agregar un solvente de polaridad alta, en este caso se debe emplear metanol. Una vez obtenido el extracto, se destila el exceso de solvente a presión reducida empleando un rotavapor marca IKA HB10. El extracto obtenido se coloca en charolas de vidrio para completar la evaporación del solvente, finalmente se calcula el rendimiento total por diferencia de peso (Domínguez, 1973).

### *Apéndice 3. Inhibición del crecimiento radial (Wang y Bun, 2002)*

#### *Método Cualitativo*

El ensayo contra hongos filamentosos se lleva a cabo en cajas Petri (100 X 15 mm) con 20 mL de agar de papa dextrosa, en el cual se inocula un botón de 5mm de diámetro del micelio del hongo. Después que el micelio se desarrolla, se colocan discos previamente impregnados con el compuesto activo. Los discos se colocan a una distancia de 30 mm del límite micelial.

#### *Aplicación de sustancias*

Se utilizan sensidiscos estériles de 5 mm de diámetro hechos de papel Whatman del N° 5 (los sensidiscos se utilizan para evaluar biológicamente los extractos). En todos los casos se hacen las diluciones necesarias para que los sensidiscos lleven la cantidad deseada de producto (4 mg por sensidisco).

Para llevar a cabo la prueba de susceptibilidad, los discos impregnados con las sustancias a evaluar se colocan presionándolos suavemente sobre la superficie del agar, utilizando una pinza estéril.

#### *Control negativo*

Discos a los que se les debe agregar 10 µL del solvente empleado para disolver el problema (metanol), dejándolos evaporar durante 12 horas (al igual que los experimentales).

#### *Control positivo*

Se lleva a cabo la prueba de la sensibilidad de las cepas experimentales con sensidiscos de 7 µg/disco de Ketoconazol.

#### *Incubación*

Las placas son incubadas a 23 °C durante 72 horas hasta que el crecimiento micelial se desarrolle.

#### *Interpretación de resultados*

Si existen zonas de inhibición, se reportará el extracto como activo, en todos los casos la prueba se debe realizar por triplicado.

*Apéndice 4. Inhibición del crecimiento radial (Wang y Bun, 2002)*

*Método Cuantitativo*

---

El ensayo contra hongos filamentosos se lleva a cabo en cajas de cultivo de 24 pozos, cada pozo debe contener 1.5 mL de agar papa dextrosa, con las siguientes concentraciones del extracto a probar (8, 6, 4, 2, 1, 0.5, 0.25 mg/mL), posteriormente se coloca un botón de micelio de 1 mm de diámetro.

*Control positivo*

Se evalúa la sensibilidad de las cepas experimentales incluyendo en el agar las siguientes concentraciones de Ketoconazol: 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 µg/mL.

*Incubación*

Las placas son incubadas a 23°C durante 72 horas hasta que se desarrolle el micelio.

*Interpretación de resultados.*

Los resultados se reportan en porcentaje de inhibición, teniendo en cuenta que la concentración que representa el 100% de inhibición será aquella en la que ya no se observará crecimiento, la cual corresponde a la CFM; mientras que la concentración que representa al 50% de inhibición corresponde a la CF<sub>50</sub>. El cálculo de la CF<sub>50</sub> se realiza con un modelo matemático.



### Apéndice 5. Determinación de la composición química de los extractos

La cromatografía es una técnica que permite separar, aislar e identificar los componentes de una mezcla de compuestos químicos. La muestra es distribuida en dos fases, una estacionaria y otra móvil, de tal forma que cada uno de los componentes de la mezcla es selectivamente retenido en la fase estacionaria.

En la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC por sus siglas en inglés) la separación se lleva a cabo en una columna tubular rellena de un sólido poroso finamente dividido, el cual puede actuar como fase estacionaria. La fase móvil es un líquido, por lo cual se le denomina cromatografía líquida. Esta fase móvil fluye a través del relleno de la columna, arrastrando los componentes de la mezcla, que son selectivamente retenidos en la fase estacionaria.

En este método se usan columnas de diámetro muy reducido, por ejemplo 2 mm, rellenas de materiales muy pulverulentos cuyo tamaño de partícula no es mayor de 30-40  $\mu\text{m}$ , es por ello que este tipo de columna ofrece gran resistencia al flujo de la fase móvil. Por esta razón es necesario emplear sistemas de bombeo de alta presión que hagan fluir la fase móvil a través de la columna (McNair y Esquivel, 1980).

En la cromatografía de gases la fase móvil se trata de un gas, usualmente helio, y su columna se encuentra dentro de un horno con programación de temperatura, en ella, es necesario que la muestra se volatilice sin descomponerse a fin de que pueda ser arrastrada por el gas transportador (McNair y Esquivel, 1980). Por otro lado, dentro del espectrómetro de masas se procede a la ionización, siendo el sistema de impacto electrónico el más empleado, éste bombardea las moléculas con electrones de una cierta energía, capaces de provocar la emisión estimulada de un electrón de las moléculas y así ionizarlas. La detección consecutiva de los iones formados a partir de las moléculas de la muestra, produce el espectro de masas de la sustancia, que es diferente para cada

compuesto químico y que constituye una identificación prácticamente inequívoca del compuesto analizado (Gutierrez y Droguet, 2002).

De esta manera, al estar acoplados, el cromatógrafo de gases separa los componentes de la mezcla, para que el espectrómetro, proporcione el espectro de masas de los componentes, dando lugar a una identificación confiable.

*Apéndice 6. Método de reducción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracil (DPPH·). (Método modificado de Murillo, 2006)*

---

La actividad antioxidante se evalúa midiendo el grado de decoloración (desvanecimiento del color violeta intenso a amarillo claro), de una solución metanólica de 2,2-difenil-1-picrilhidracil (DPPH·) por la adición del compuesto activo a diferentes concentraciones (2-30 ppm), por medio de espectrometría UV-VIS.

*Preparación stock del extracto*

Se pesa 1 mg del extracto a probar y se disuelven en 1 mL de MeOH (grado HPLC).

*Aplicación de sustancias*

En una placa de ELISA de 96 pozos se adicionan 50 µL de la solución problema (stock) a diferentes concentraciones (1-100 ppm) por triplicado, el solvente a utilizar es metanol grado HPLC. Posteriormente a cada pozo con las concentraciones señaladas, se adicionan 150 µL de una solución metanólica de DPPH· cuya concentración final es de 100 µM/mL; inmediatamente se debe proteger de la luz y mantenerse en agitación constante durante 30 minutos a 37 °C. Una vez transcurrido el tiempo se determina la absorbancia a 540 nm en un lector de ELISA (Método modificado de Murillo, 2006).

*Blanco*

Pozos con 200 µL de metanol

*Estándar de referencia*

Se disuelve 1 mg de catequina en 1 mL de MeOH, y se aplica en una placa de ELISA de 96 pozos a las mismas concentraciones de la solución problema.

*Interpretación de Resultados*

Los resultados se reportan obteniendo el porcentaje de reducción y se calculan con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de reducción} = \left( \frac{C - E}{C} \right) * 100$$

En donde:

C= Absorbancia de DPPH·+MeOH.

E= Absorbancia del experimental (Mezcla DPPH· + compuesto problema).

<b>Cuadro 35.</b> Preparación de las concentraciones de los extractos en ppm.		
<b>[ ] ppm</b>	<b>μl Stock</b>	<b>μl MeOH</b>
1	4	996
2	8	992
4	16	984
6	24	976
8	32	968
10	40	960
15	60	940
20	80	920
25	100	900
30	120	880
35	140	860
40	160	840
45	180	820
50	200	800
60	240	760
70	280	720
80	320	680
90	360	640
100	400	600

*Apéndice 7. Método para la determinación de fenoles totales (Método modificado de Singleton et al., 1999)*

---

La concentración de fenoles totales se mide por espectrofotometría con base a una reacción colorimétrica de óxido-reducción, para ello el agente oxidante que se utiliza es el reactivo de Folin-Ciocalteu.

*Curva de calibración*

Se prepara una curva de calibración con ácido gálico utilizando una solución estándar de este (0.2 mg/mL). A partir de esta solución se tomarán alícuotas seriadas de ácido gálico (0.00625, 0.012, 0.025, 0.05, 0.1 y 0.2 mg/mL), a cada una se le agrega el volumen correspondiente de agua destilada para obtener la concentraciones mencionadas a un volumen de 1mL.

*Preparación de la muestra problema*

Se prepara una solución estándar (0.2mg/mL); se toma una alícuota de esta y se agregan 750mL de agua destilada para obtener un volumen final de 1mL a una concentración de 0.05 mg/mL.

Se toma 1mL de cada una de las concentraciones (ácido gálico y extracto) y se transfiere a un tubo de ensayo con 6mL de agua destilada, a continuación se adiciona 500µL de reactivo Folin-Ciocalteu. Después de cinco minutos se añade 1.5 mL de una solución de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (200 g/L) y agua hasta completar un volumen de 10mL.

**Cuadro 36.** Concentraciones para preparar las soluciones problema para determinar fenoles totales.

Tubo	Ácido gálico (mg/mL)	Patrón (ácido gálico $\mu$ L)	Agua destilada ( $\mu$ L)	Agua destilada (mL)	Folin-Ciocalteu ( $\mu$ L)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (mL)
<b>Blanco</b>	-----	-----	-----	7	500	1.5
<b>1</b>	0.00625	31.25	968.75	7	500	1.5
<b>2</b>	0.0125	62.5	937.5	7	500	1.5
<b>3</b>	0.025	125	875	7	500	1.5
<b>4</b>	0.05	250	750	7	500	1.5
<b>5</b>	0.1	500	500	7	500	1.5
<b>6</b>	0.2	1000	0	7	500	1.5
<b>Problema</b>	-----	250	750	7	500	1.5

Después de dos horas de reacción a temperatura ambiente, se determina la absorbancia a 760nm. Cada concentración se determina por triplicado.

### Apéndice 8. Espectros de luz ultravioleta.

A continuación se presentan los cromatogramas correspondientes al análisis de CLAR de cada uno de los extractos.

En el eje X del cromatograma se indica el Tiempo de Retención (TR) en minutos, es decir, el tiempo característico que requiere una sustancia para pasar por la columna hasta llegar al detector dentro del cromatógrafo.

En el eje Y se señalan las Micro Unidades de Absorbancia

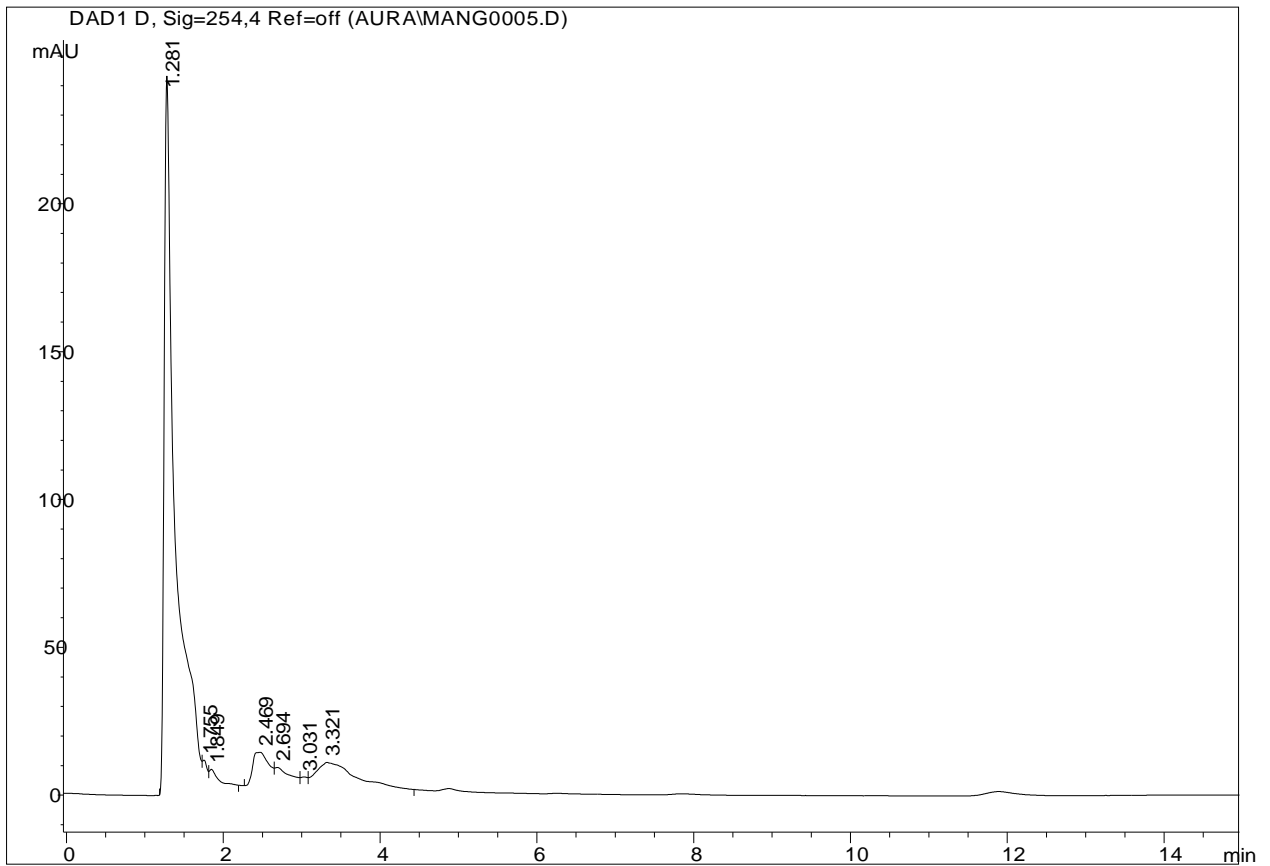
Enseguida de los cromatogramas se muestran los respectivos espectros de luz UV de los picos de absorción que pudieron ser identificados.

En la parte superior izquierda de cada uno de los espectros se lee la siguiente información:

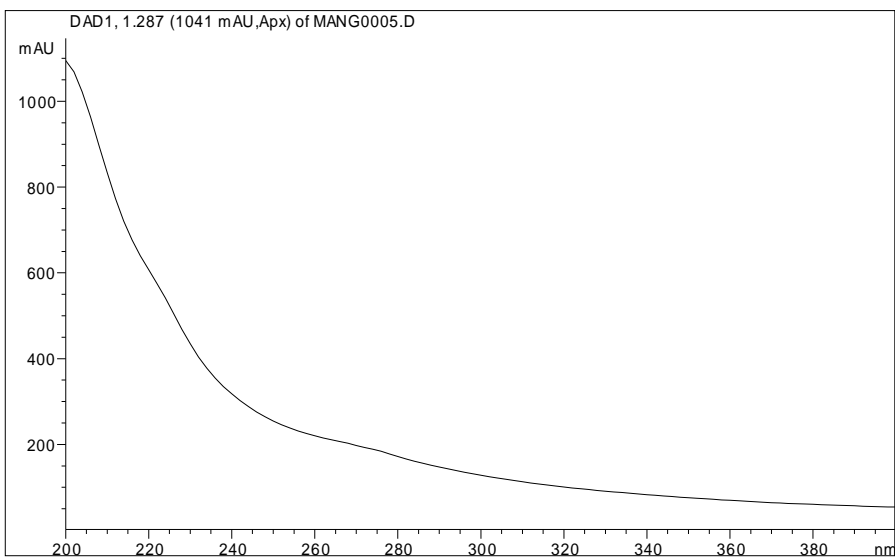
- DAD - Se refiere al tipo de detector empleado, en este caso Detector de Arreglo de Diodos.
- Un número entero acompañado de un número decimal - Indica el Tiempo de Retención
- mAU - Micro Unidades de Absorbancia.
- Por último, seguido de la palabra *off*, está el nombre del archivo.
- En el eje X se señala la longitud de onda.

En la parte inferior de cada espectro se indica a qué compuesto pertenece y su longitud de onda en nanómetros.

1. Cáscara de Ataúlfo

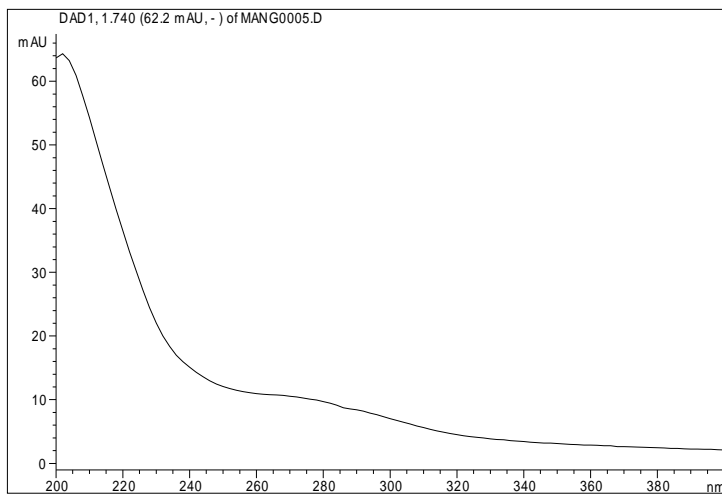


Cromatograma del extracto metanólico de la cáscara de mango Ataúlfo.

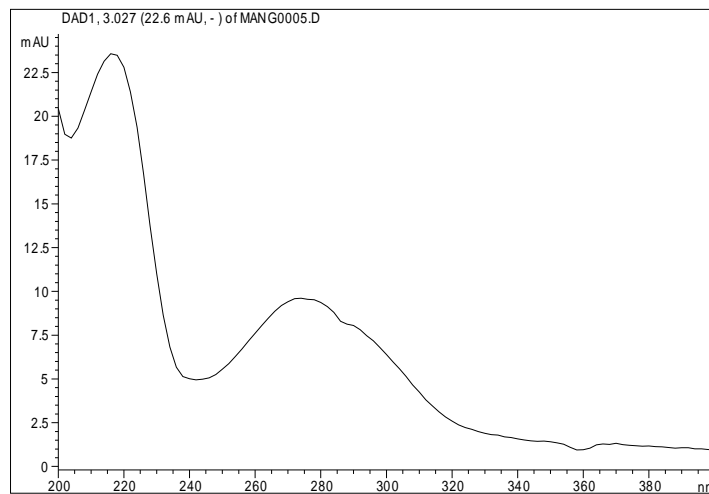


Derivado de ácido benzoico - 272 nm

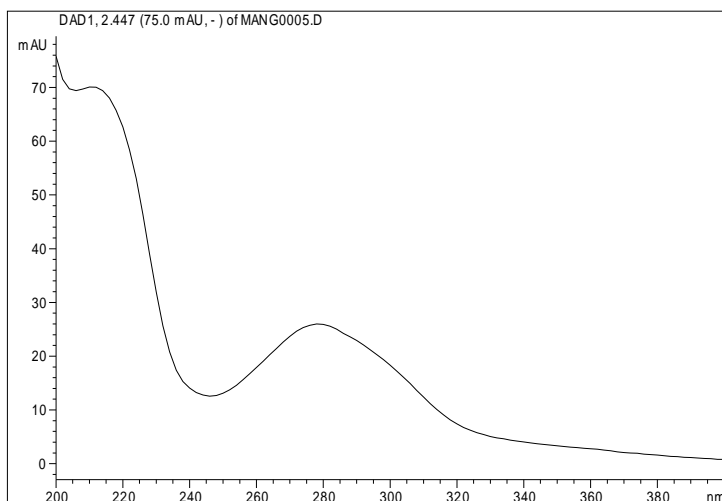




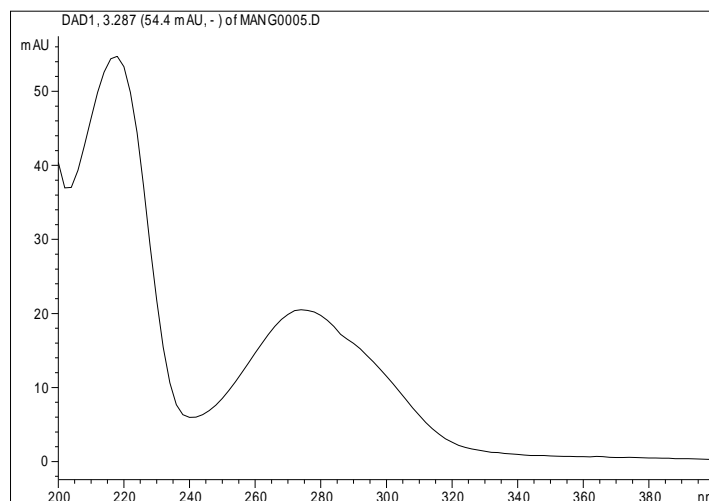
Derivado de ácido benzoico - 272 nm



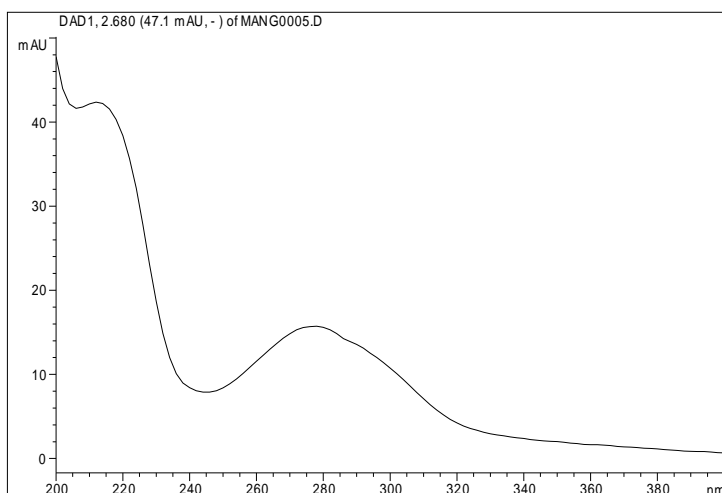
Derivado de resorcinol - 216 274 nm



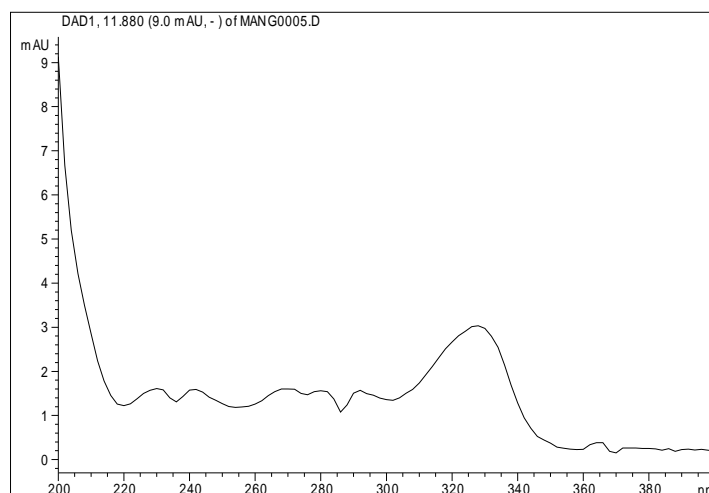
Derivado de resorcinol - 210 278 nm



Derivado de resorcinol - 218 274 nm

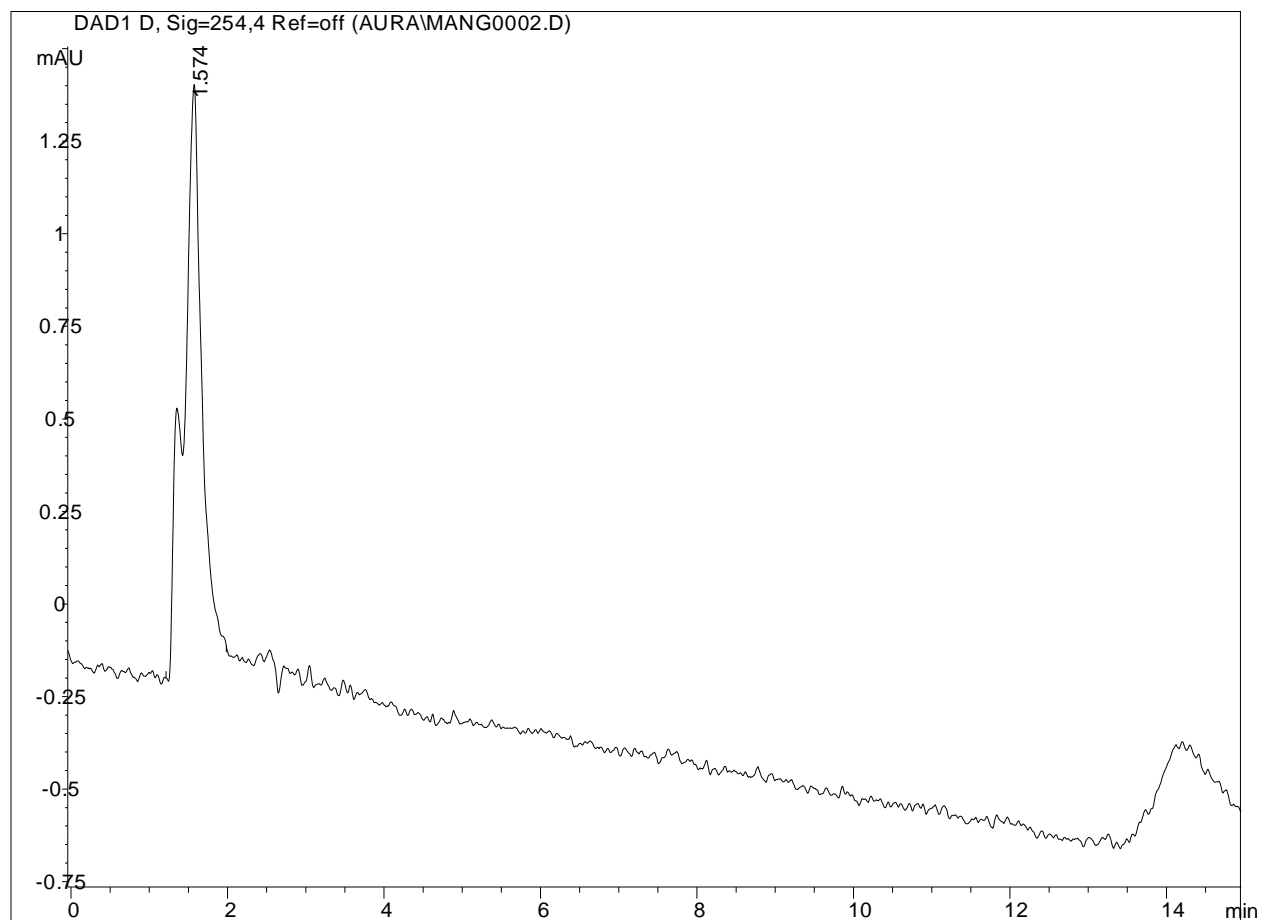


Derivado de resorcinol - 212 278 nm

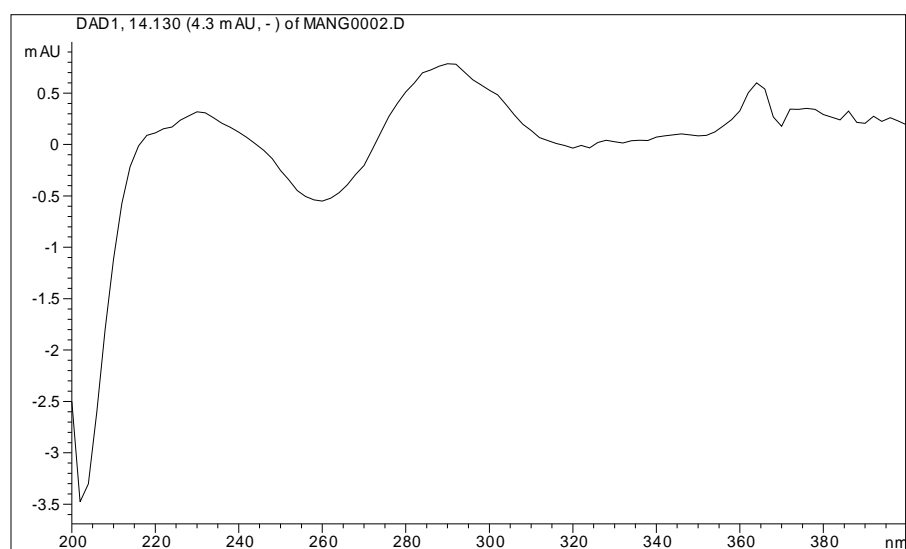


Mangiferina - 230 266 328 364 nm

## 2. Semilla de Ataúlfo

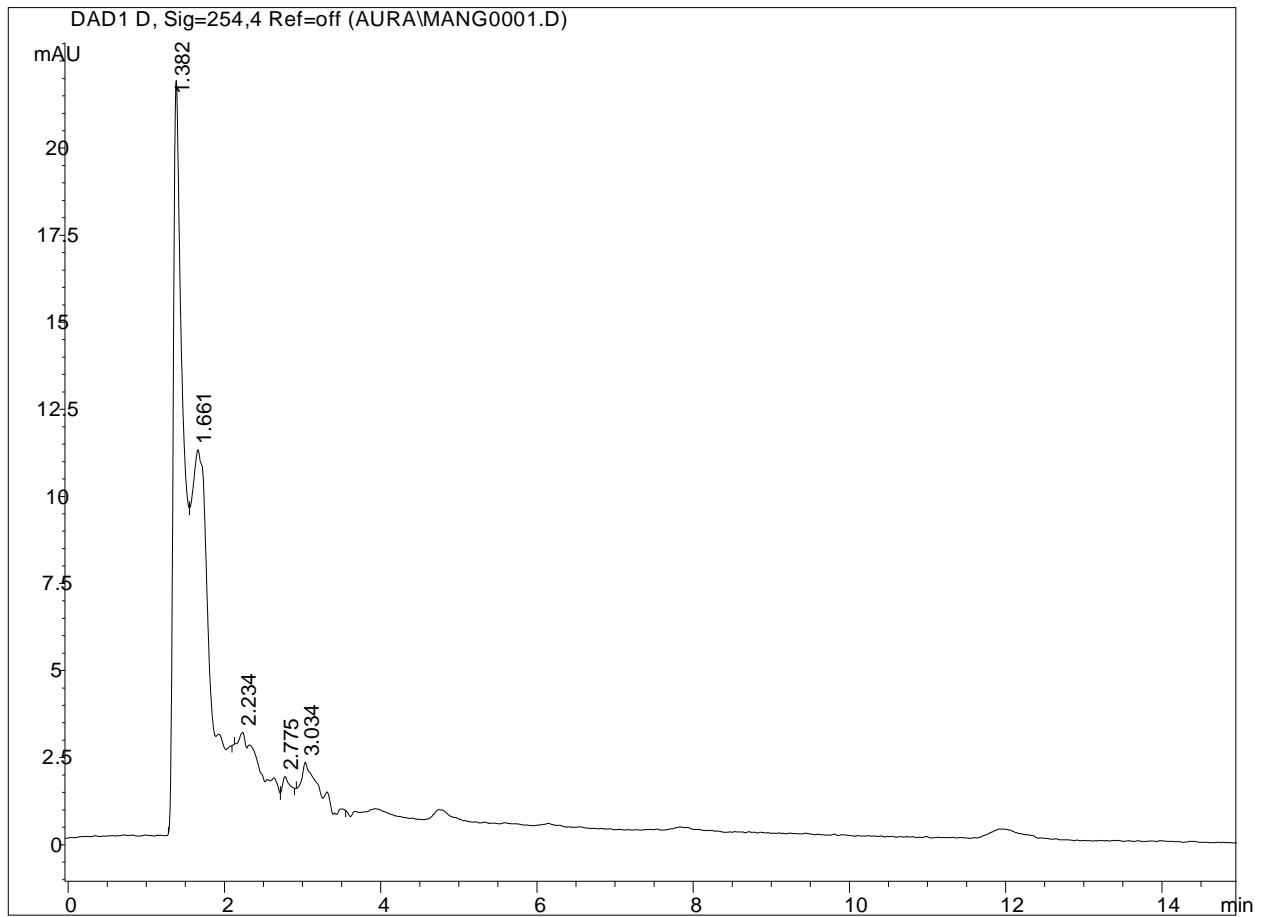


Cromatograma del extracto metanólico de la semilla de mango Ataúlfo.

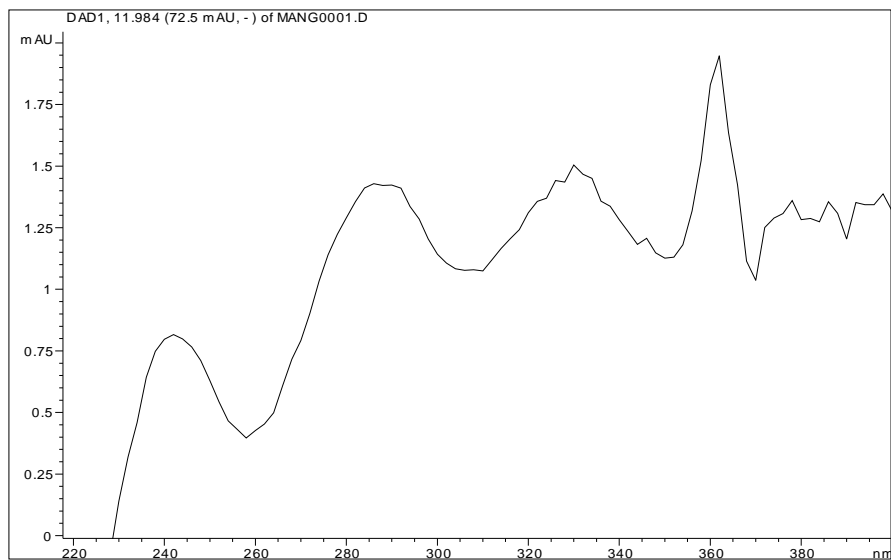


Mangiferina - 230 290 320 362 nm

### 3. Cáscara de Criollo

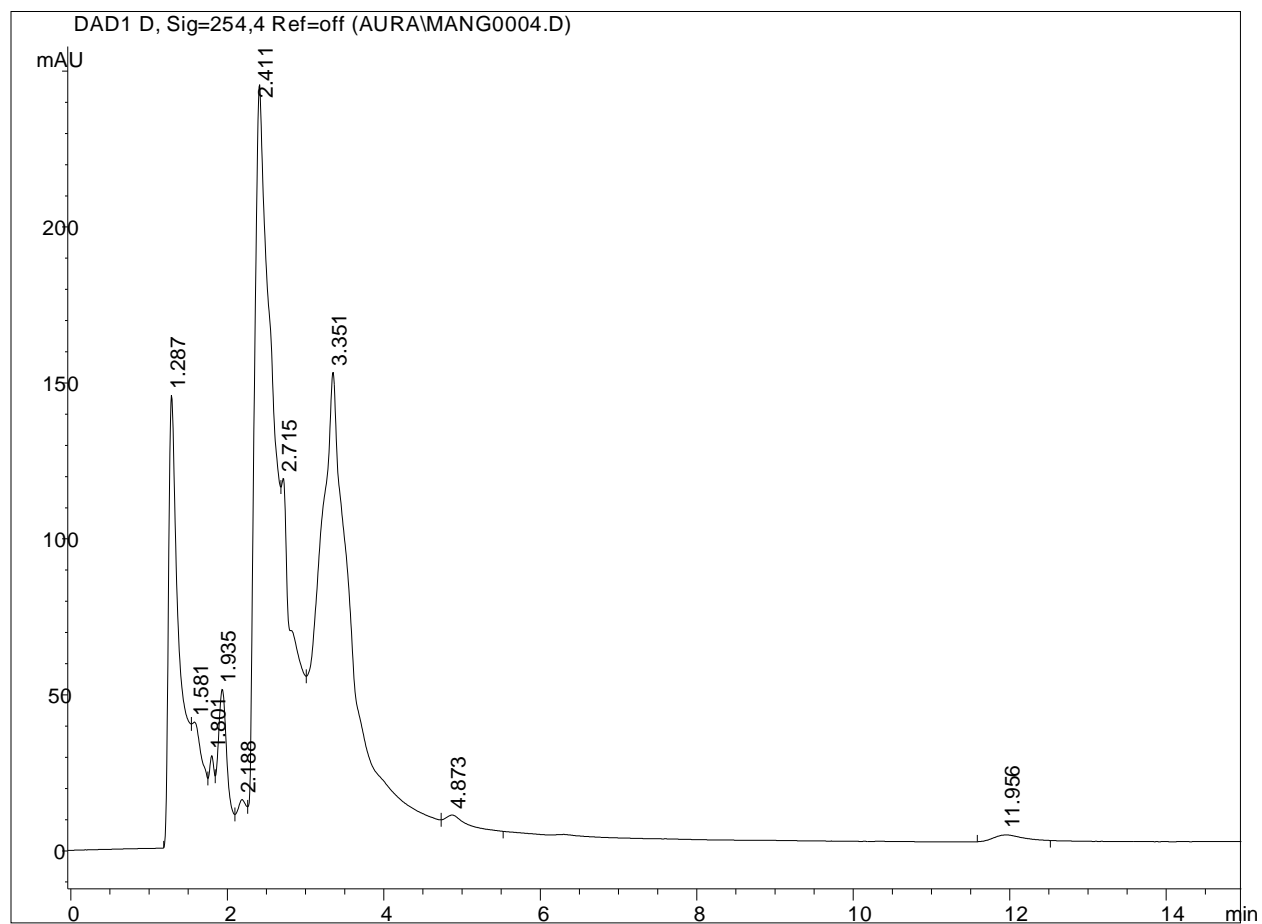


Cromatograma del extracto metanólico de la cáscara de mango Criollo.

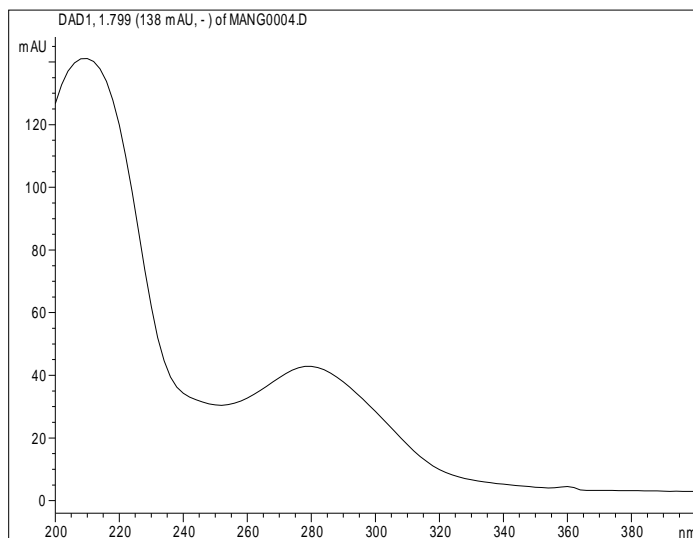


Mangiferina - 242 288 330 362 nm

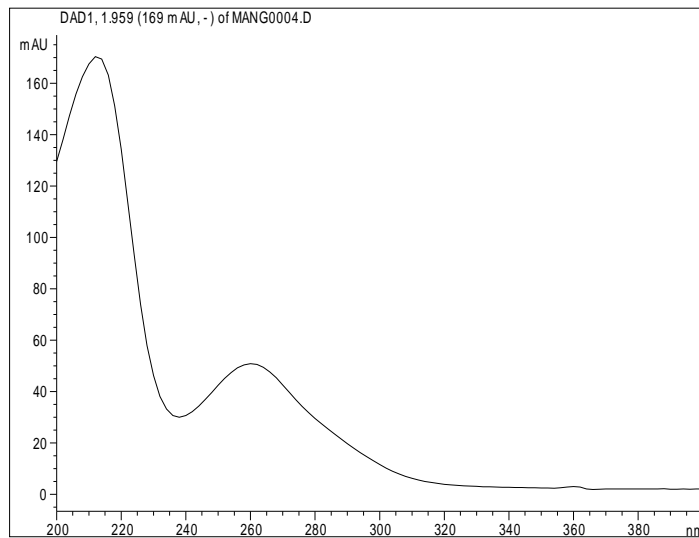
4. Semilla de Criollo



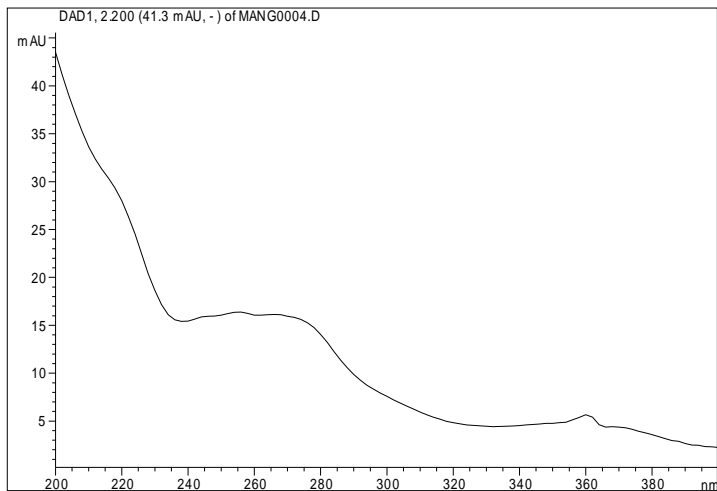
Cromatograma del extracto metanólico de la semilla de mango Criollo.



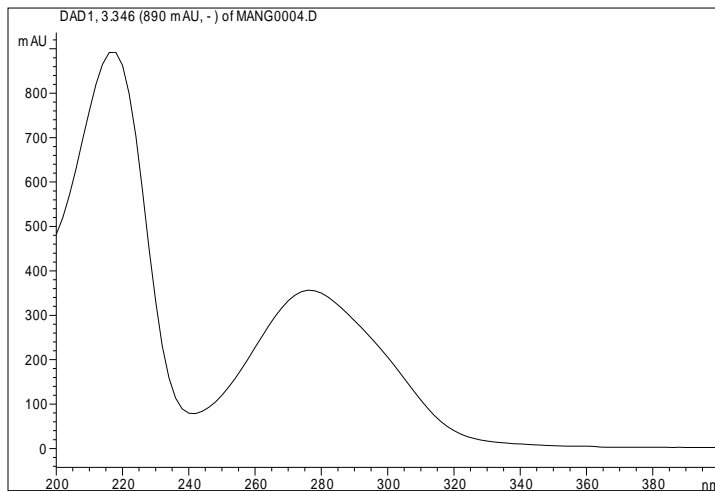
Derivado de resorcinol - 210 280 nm



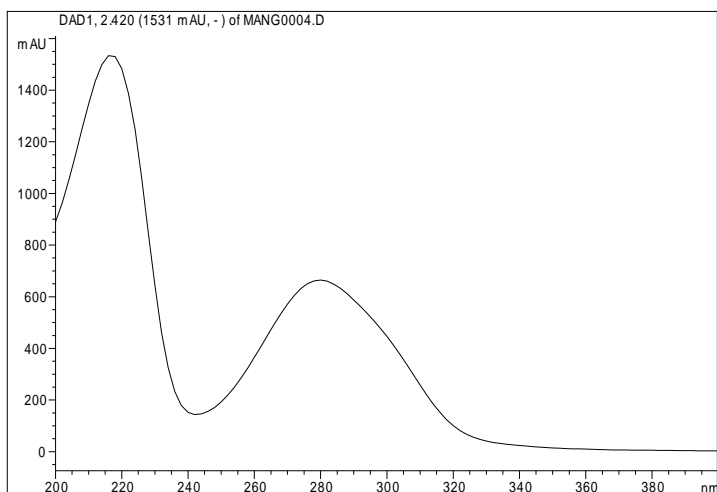
Derivado de resorcinol - 214 260 nm



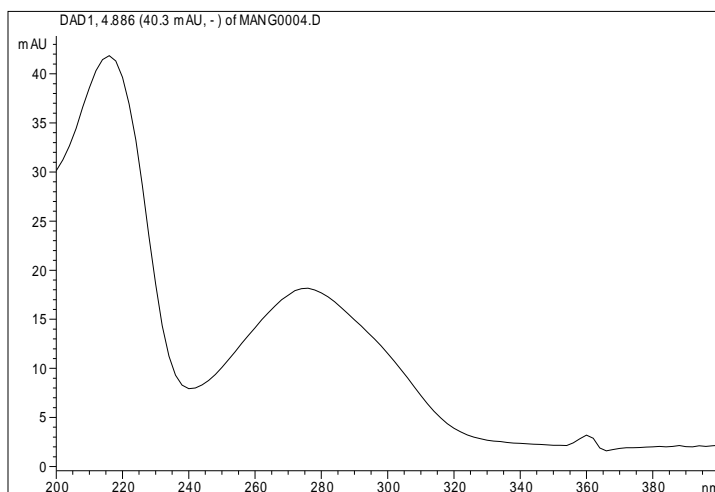
Flavonol - 220 274 360 nm



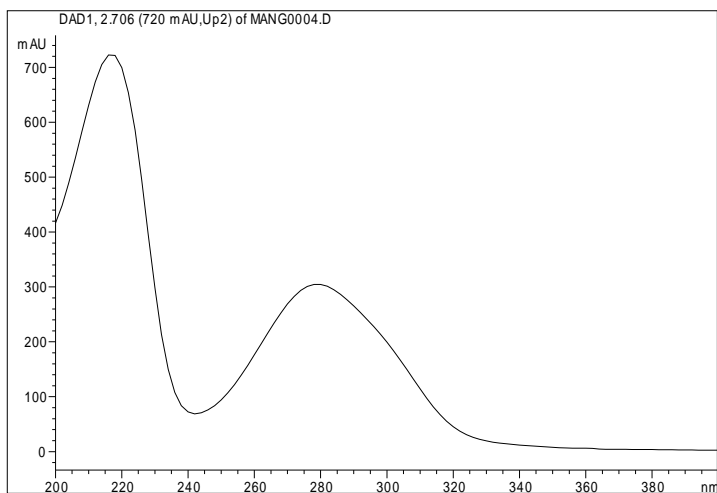
Derivado de resorcinol - 218 276 nm



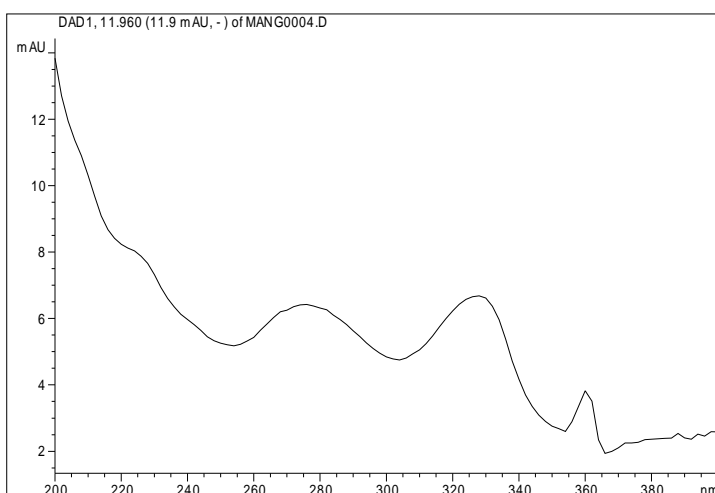
Derivado de resorcinol - 218 280 nm



Derivado de resorcinol - 216 276 nm

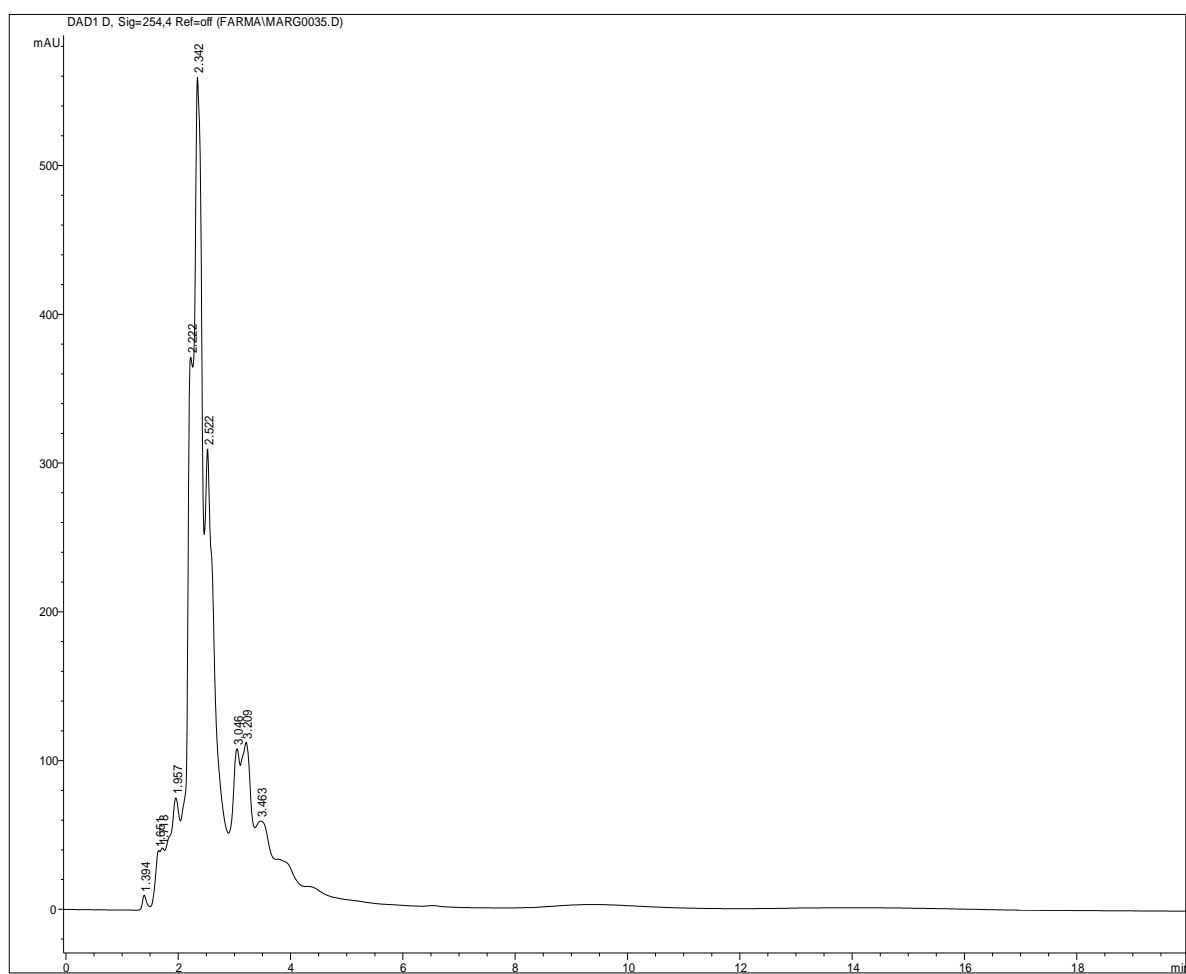


Derivado de resorcinol - 218 280 nm

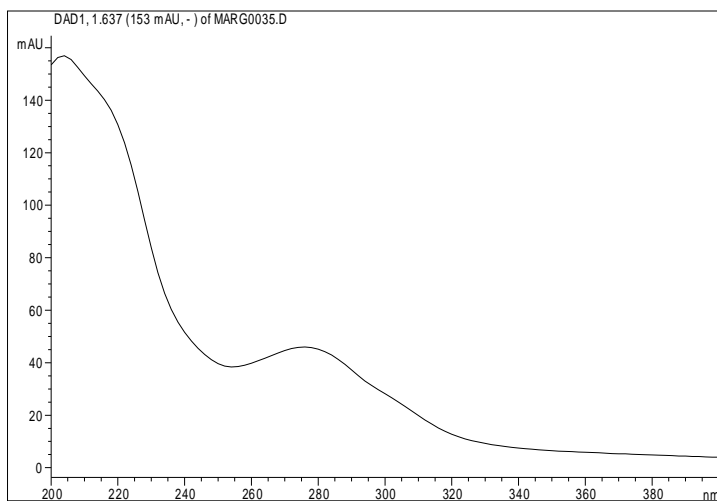


Mangiferina - 224 276 326 360 nm

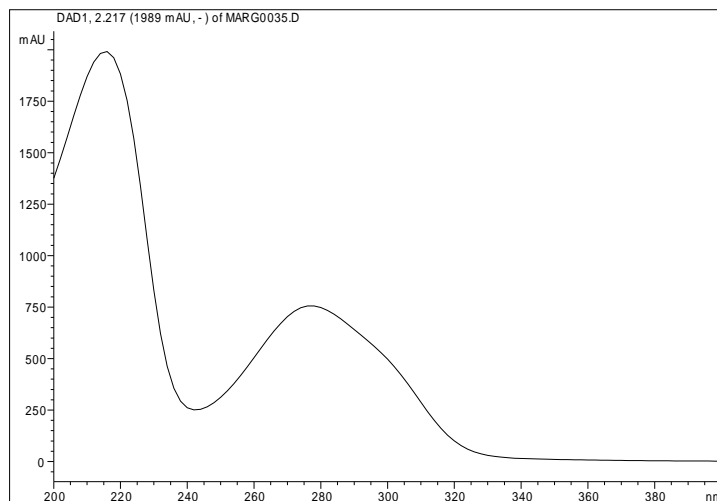
## 5. Cáscara de Manila



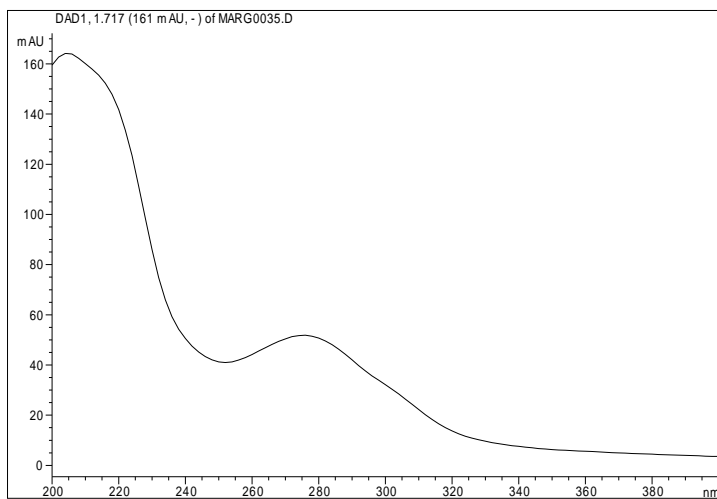
Cromatograma del extracto metanólico de la cáscara de mango Manila.



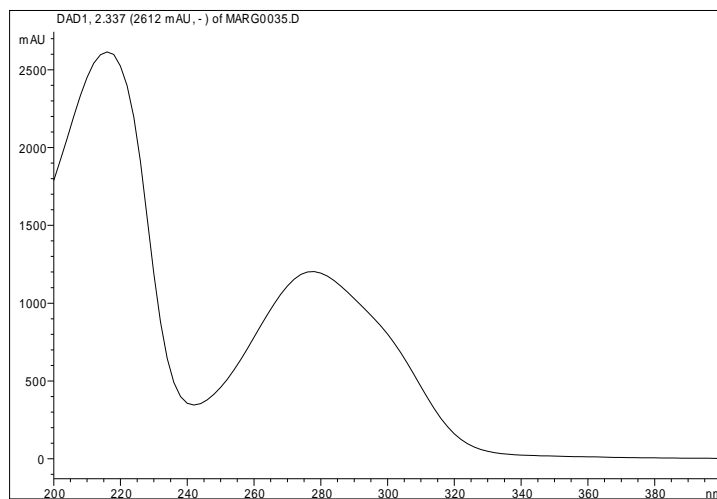
Derivado de resorcinol - 204 276 nm



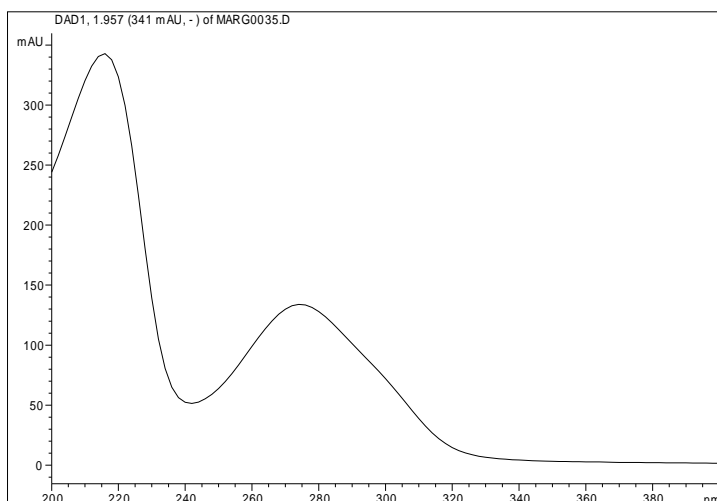
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



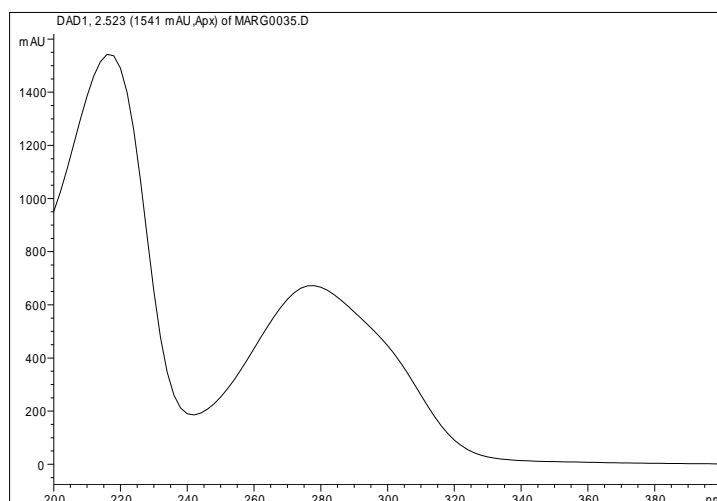
Derivado de resorcinol - 204 276 nm



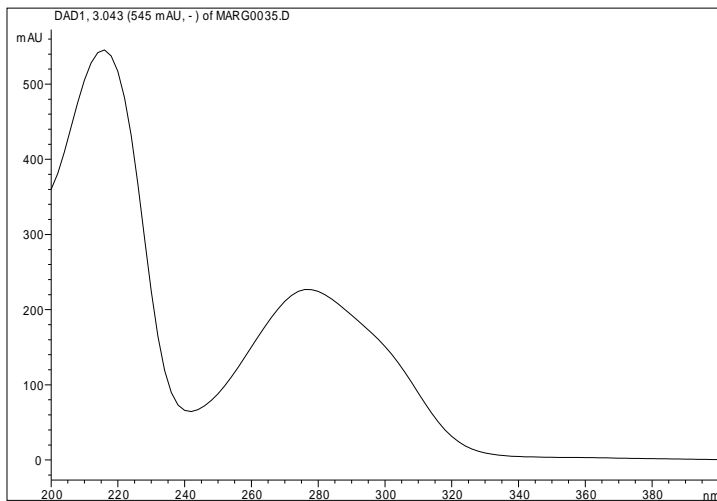
Derivado de resorcinol - 216 278 nm



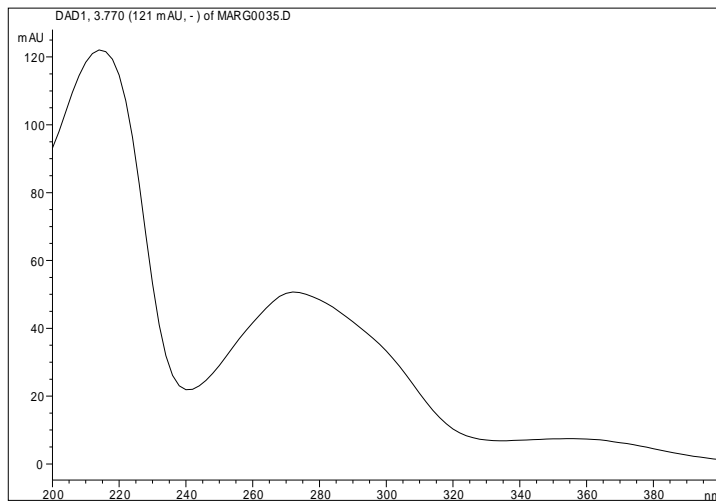
Derivado de resorcinol - 214 274 nm



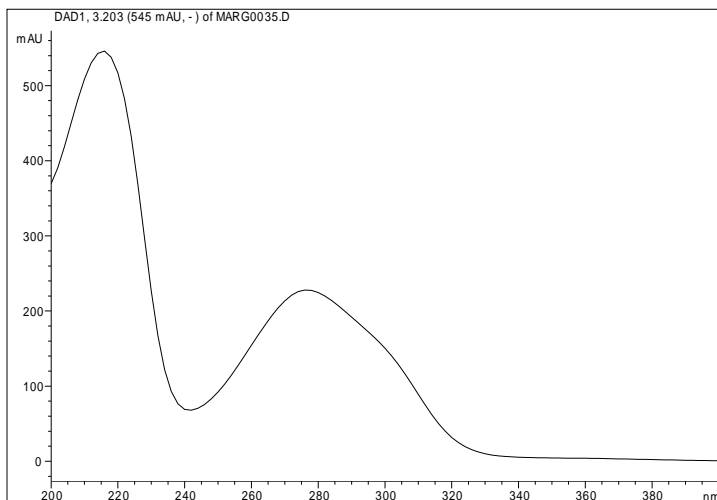
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



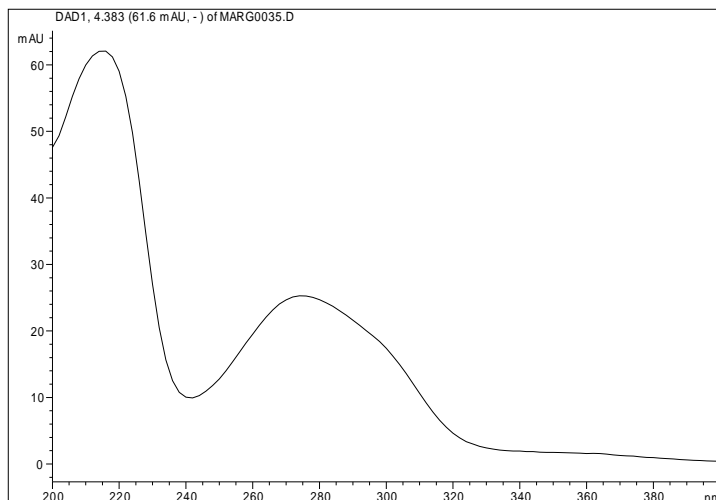
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



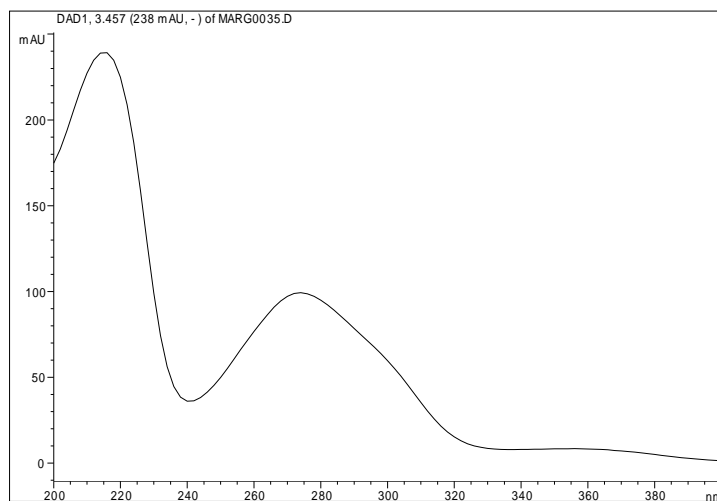
Derivado de resorcinol - 214 272 nm



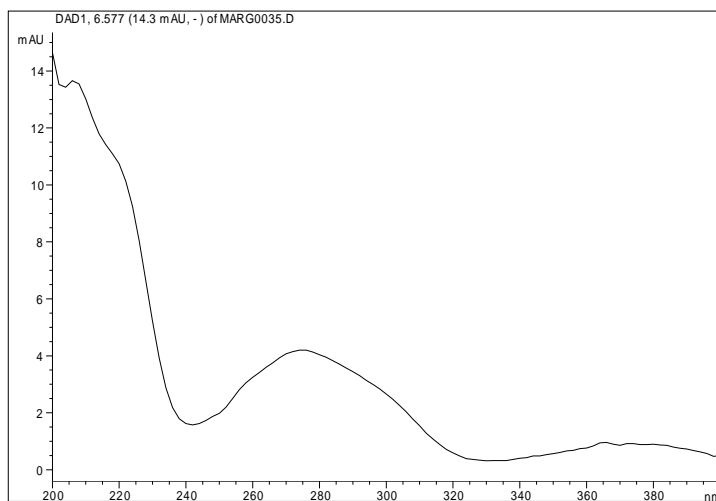
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



Derivado de resorcinol - 216 272 nm



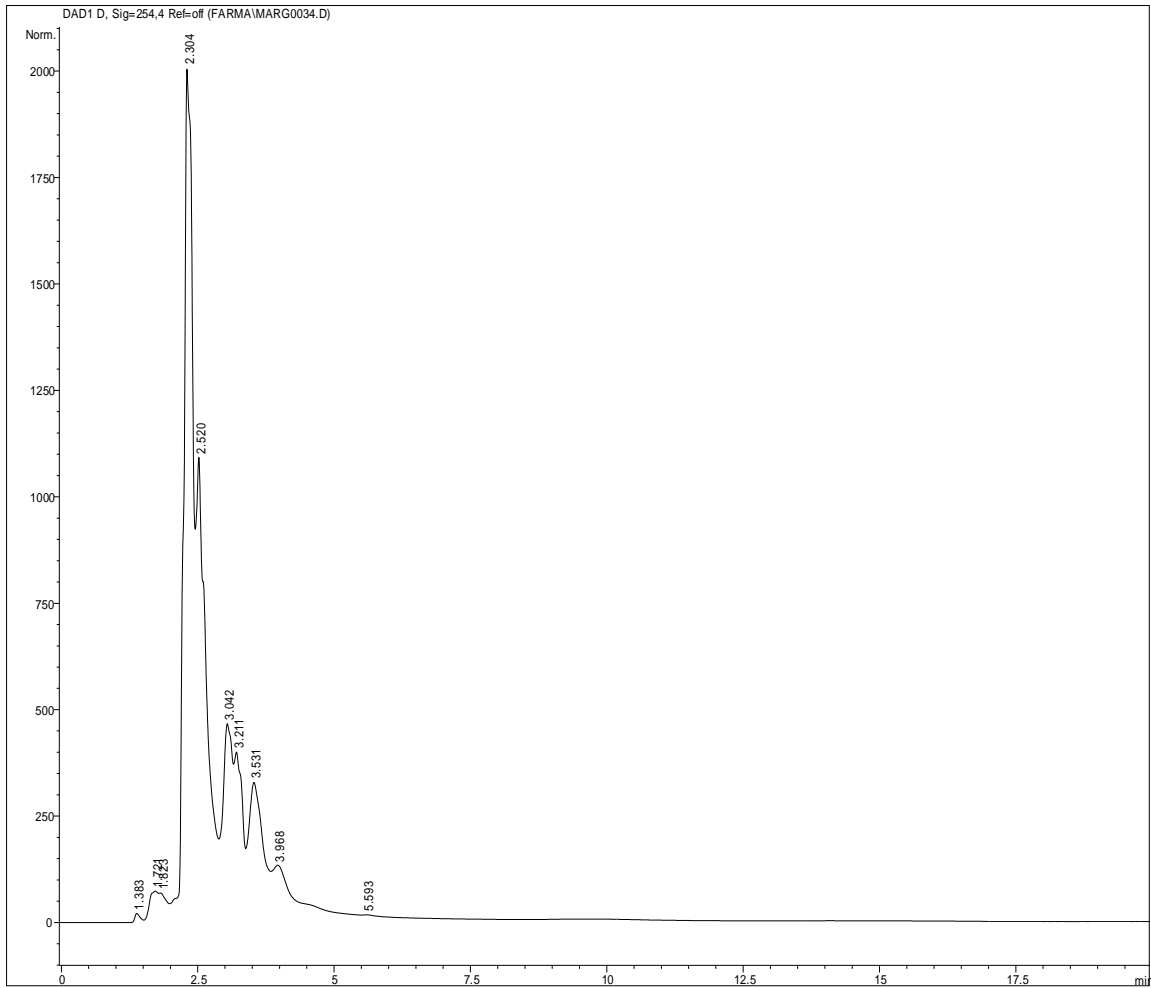
Derivado de resorcinol - 216 274 nm



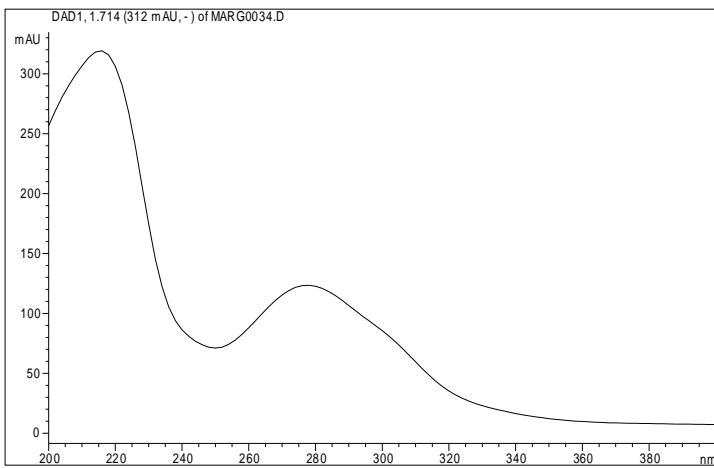
Flavonol - 208 276 374 nm



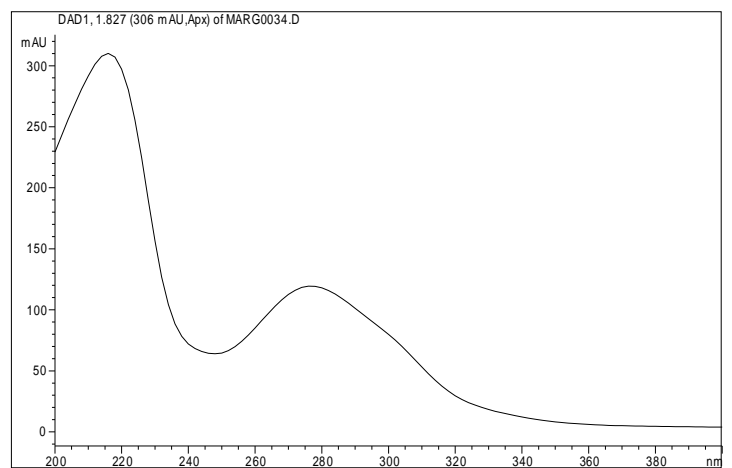
### 6. Semilla de Manila



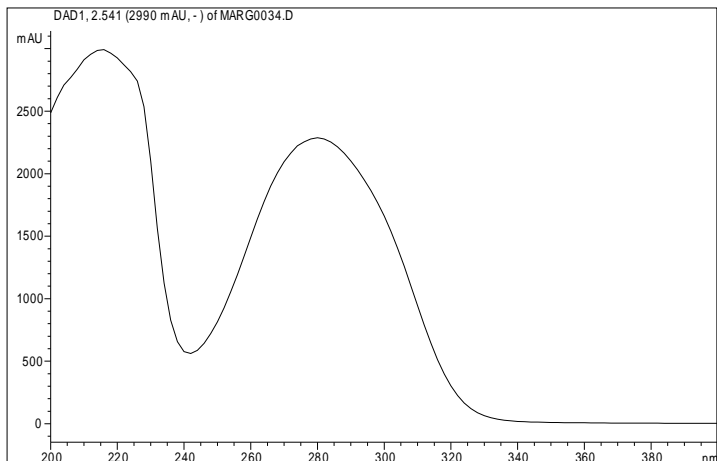
Cromatograma del extracto metanólico de la semilla de mango Manila.



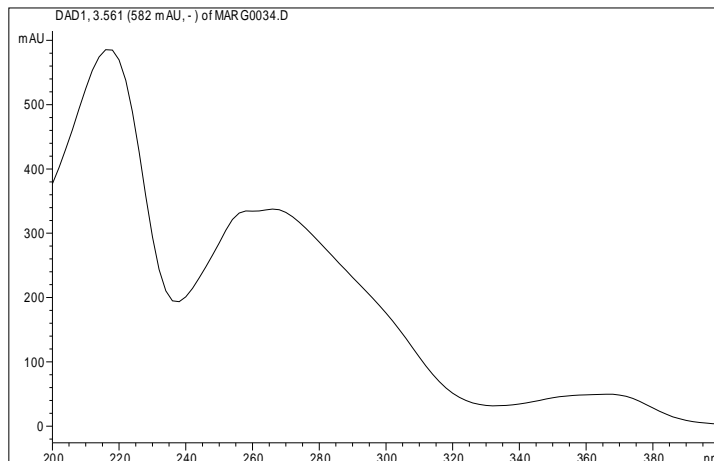
Derivado de resorcinol - 216 278 nm



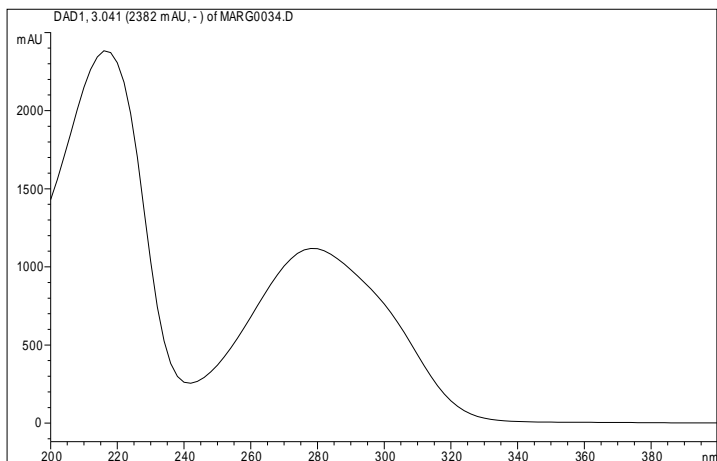
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



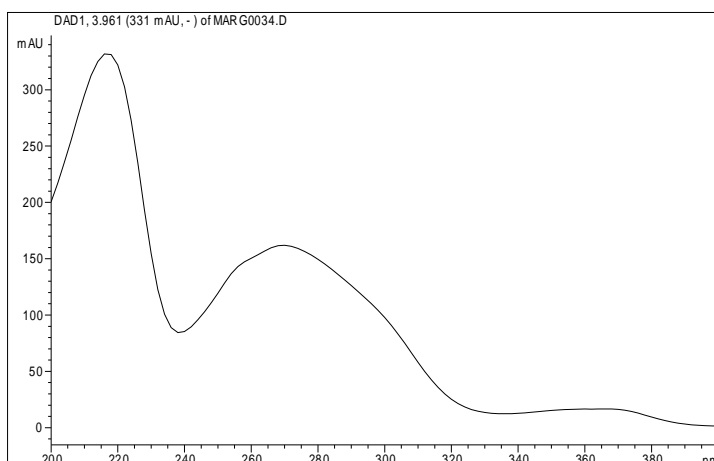
Derivado de resorcinol - 216 280 nm



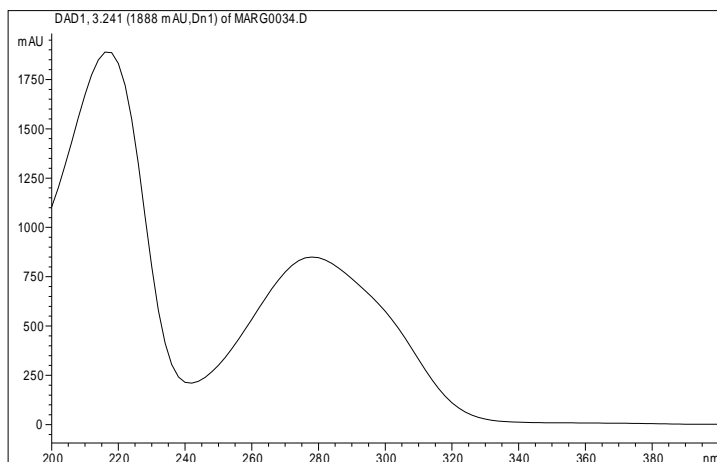
Flavonol - 216 266 366 nm



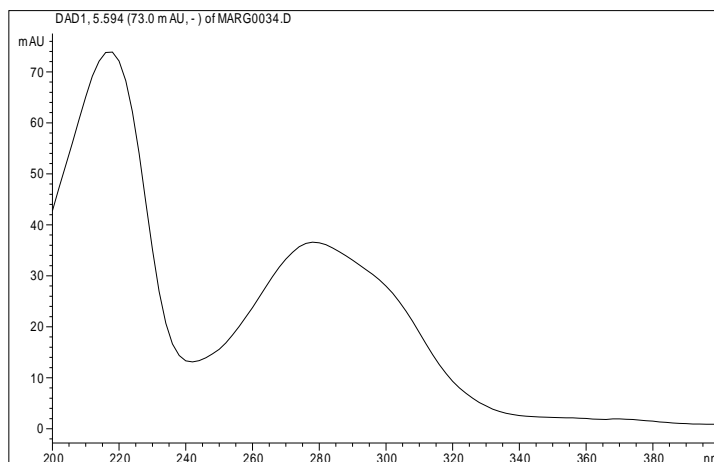
Derivado de resorcinol - 216 280 nm



Flavonol - 216 280 368 nm

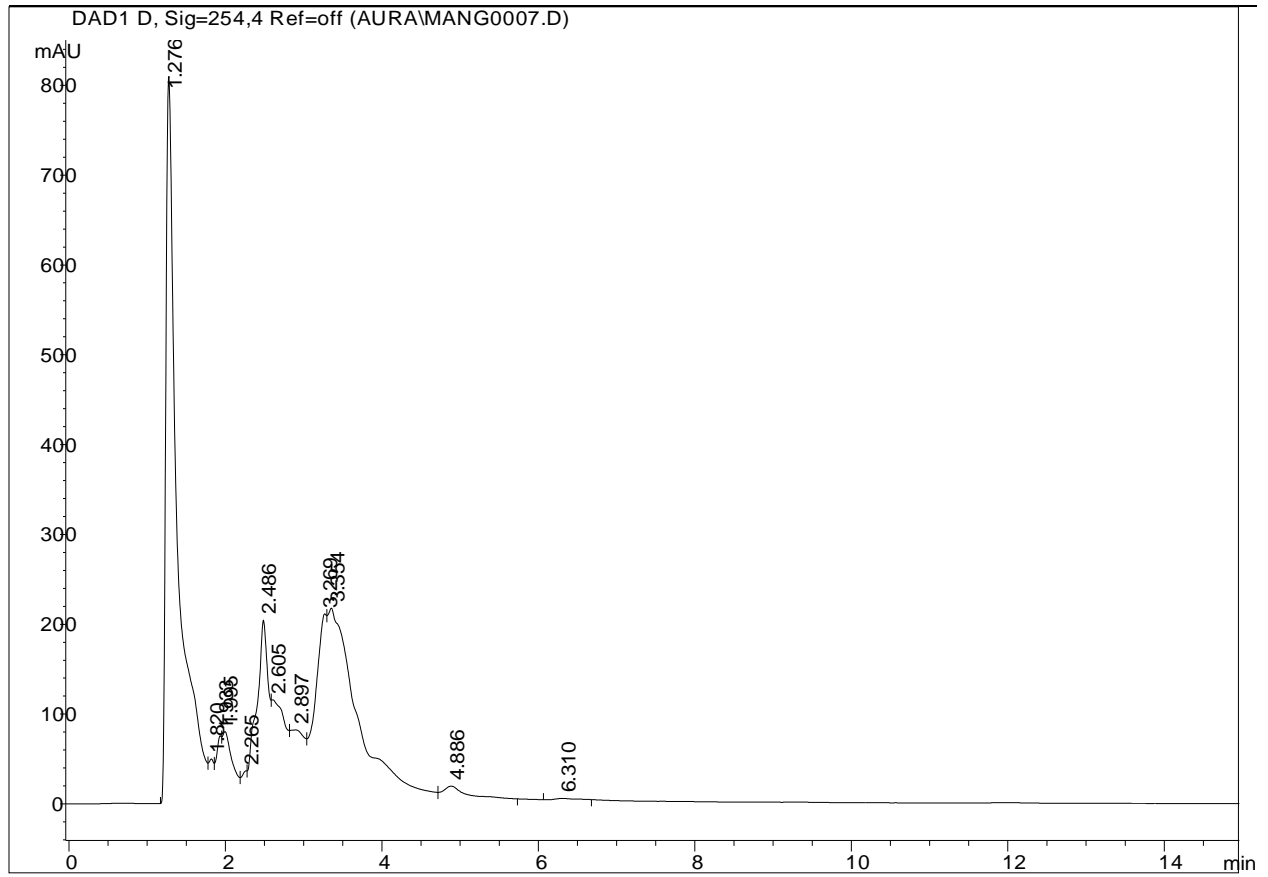


Derivado de resorcinol - 218 278 nm

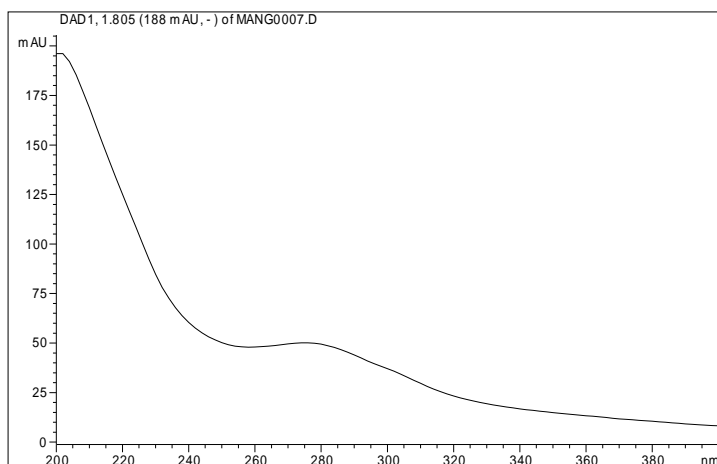


Derivado de resorcinol - 216 280 nm

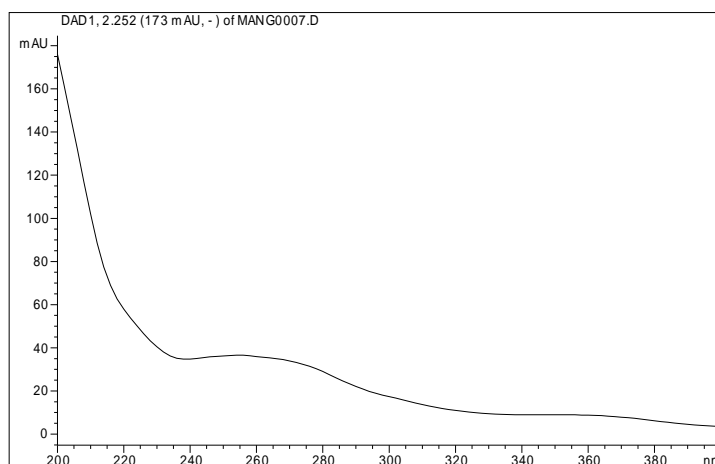
7. Cáscara de Niño



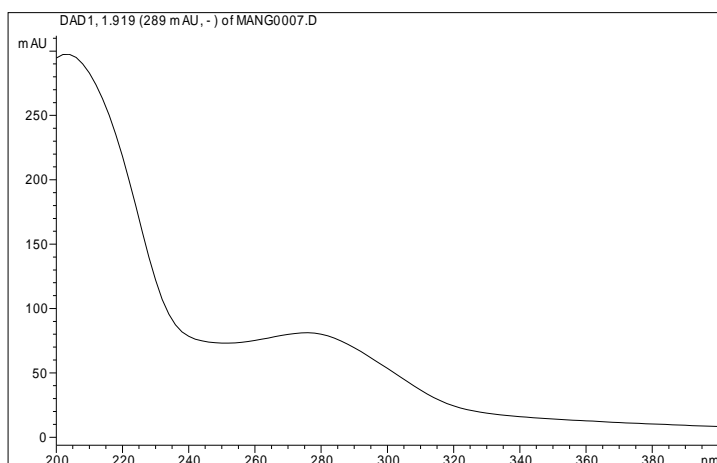
Cromatograma del extracto metanólico de la semilla de mango Manila.



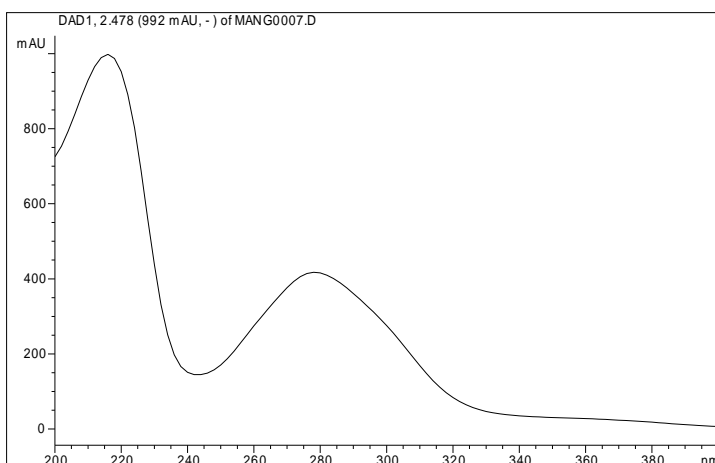
Derivado de resorcinol - 202 278 nm



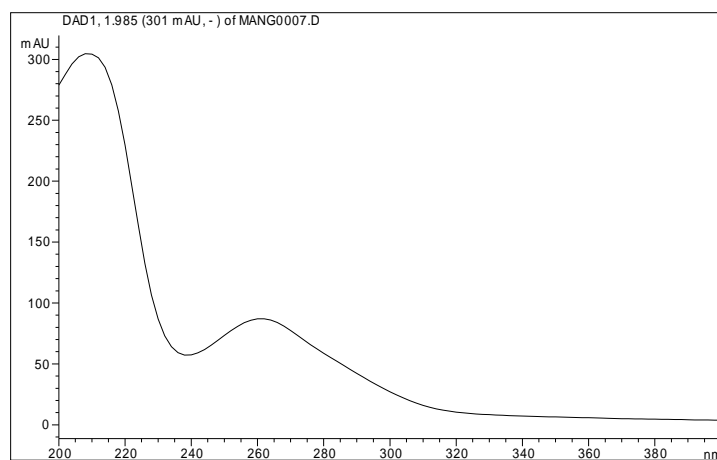
Derivado de ácido benzoico - 262 nm



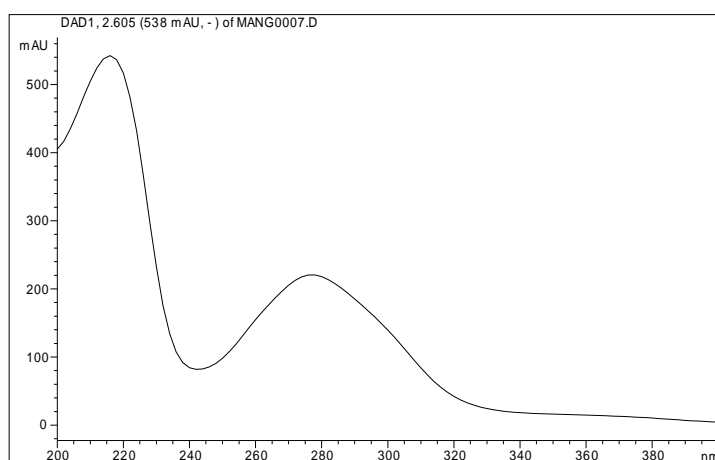
Derivado de resorcinol -204 276 nm



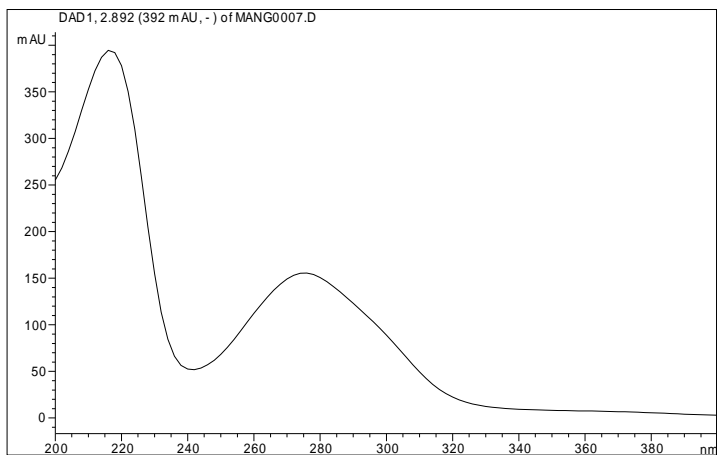
Derivado de resorcinol - 216 280 nm



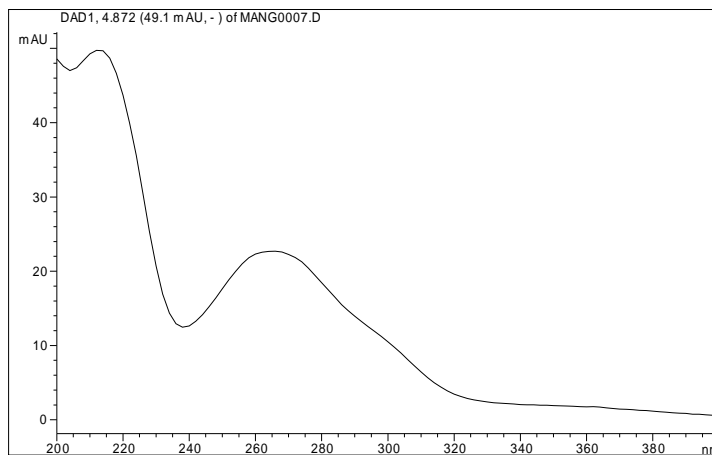
Derivado de ácido benzoico - 262 nm



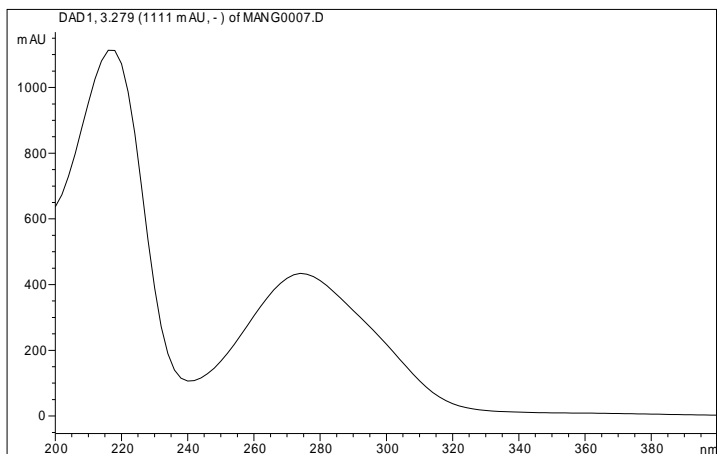
Derivado de resorcinol - 216 278 nm



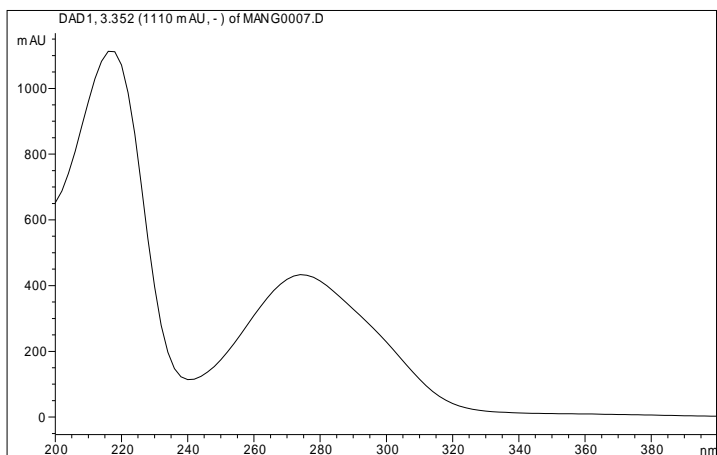
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



Derivado de resorcinol - 212 276 nm

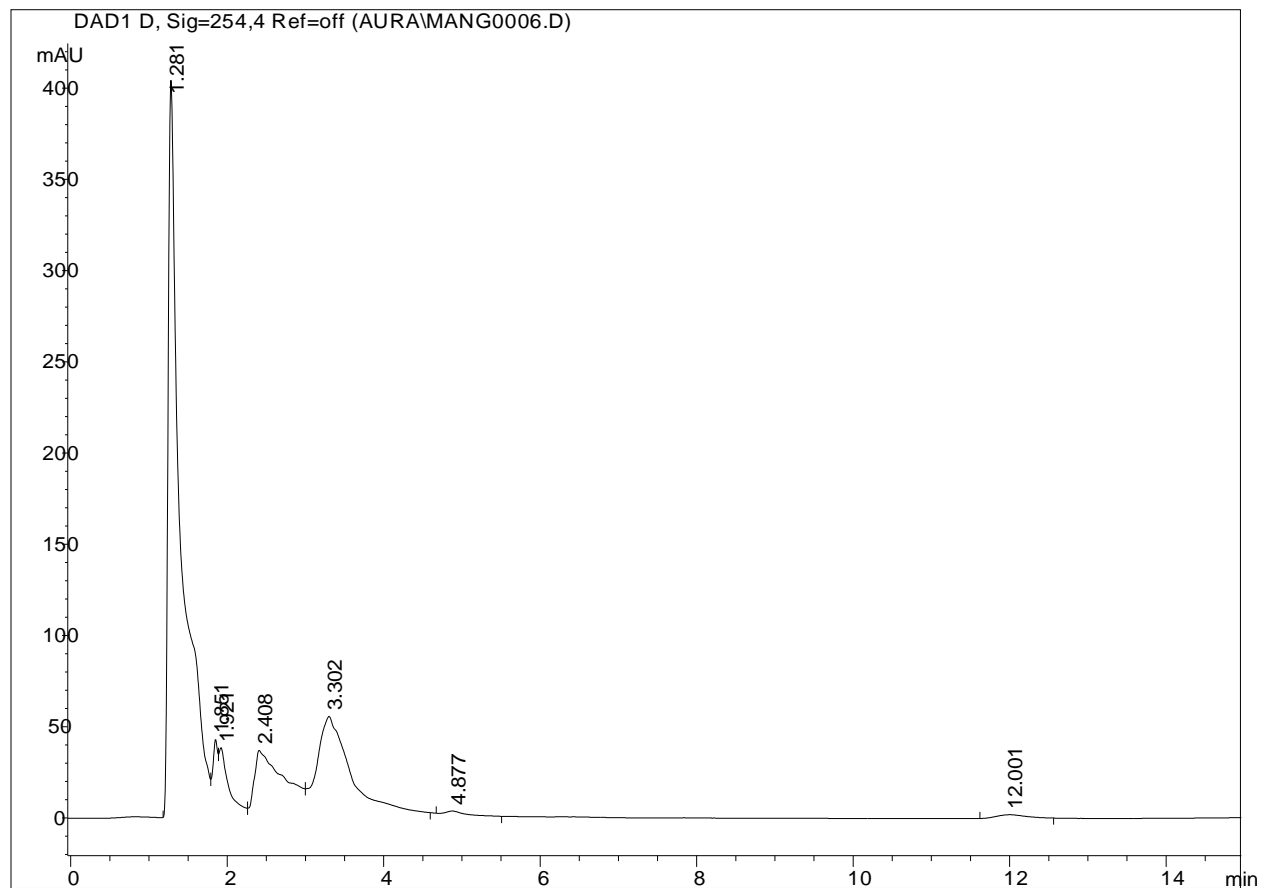


Derivado de resorcinol - 218 274 nm

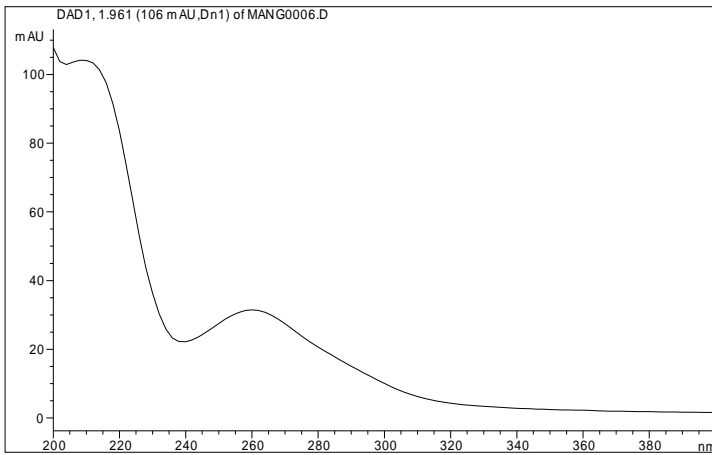


Derivado de resorcinol - 216 274 nm

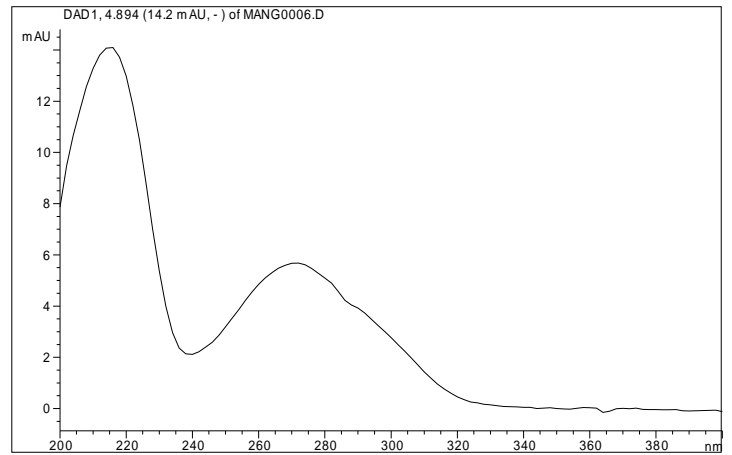
### 8. Cáscara de Petacón



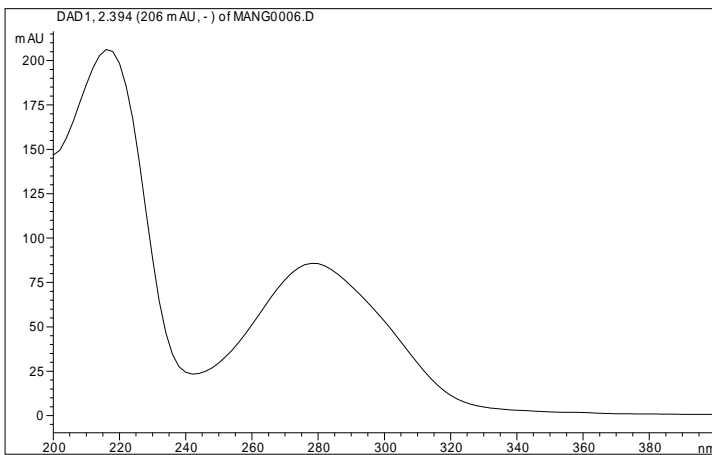
Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de mango Petacón.



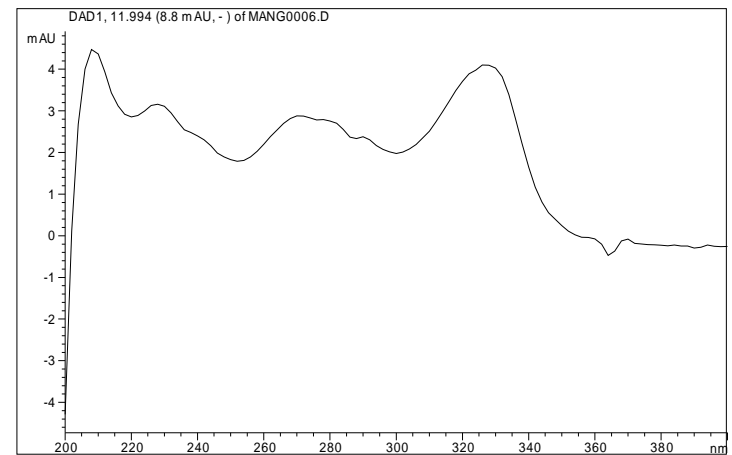
Derivado de resorcinol - 210 260 nm



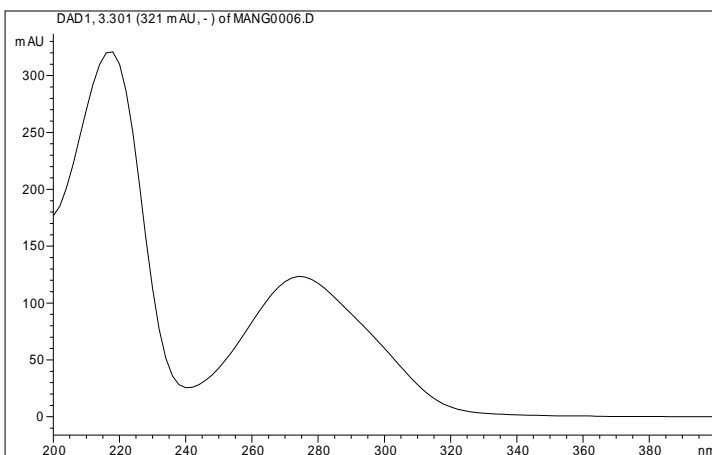
Derivado de resorcinol - 216 272 nm



Derivado de resorcinol - 216 280 nm

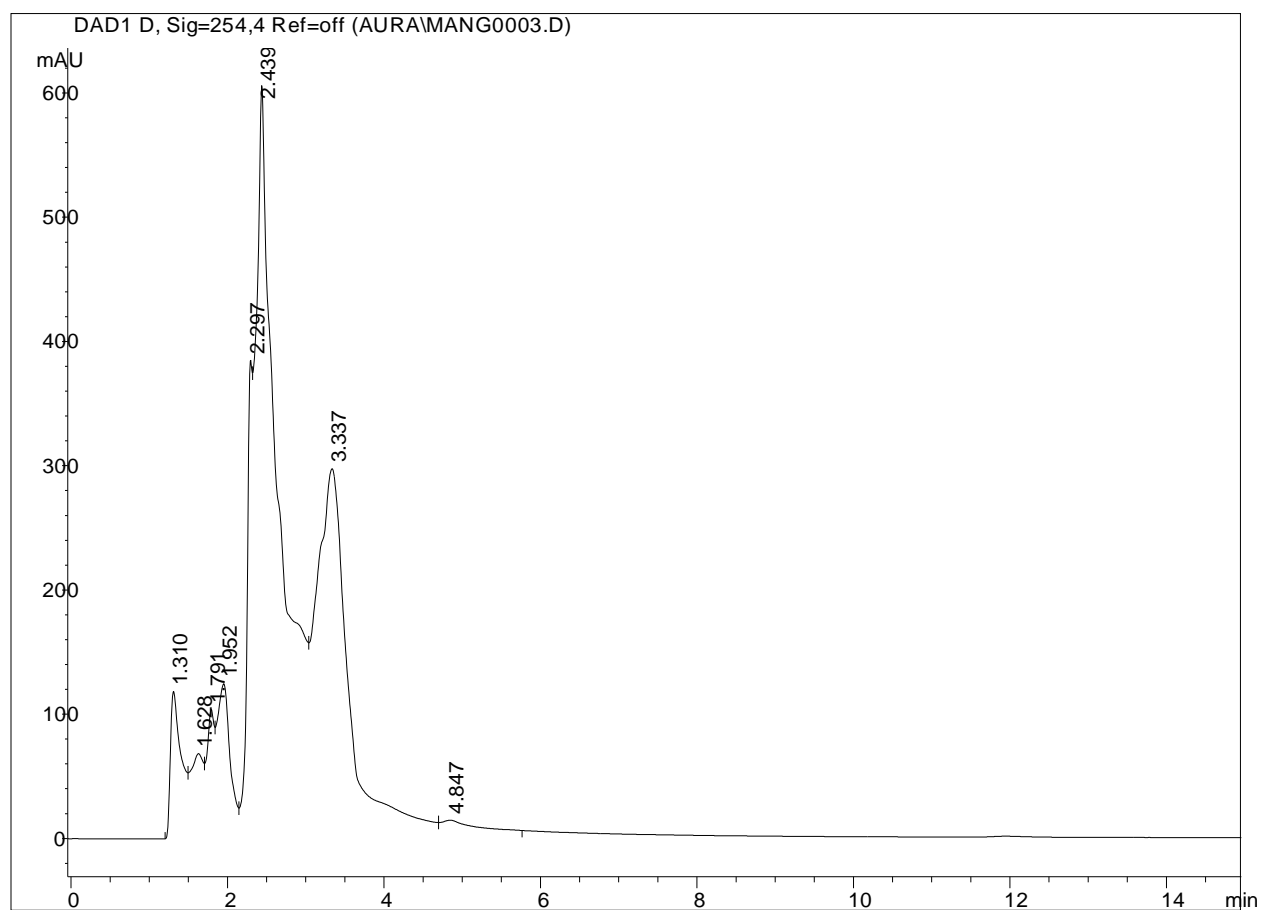


Mangiferina - 208 228 270 328 nm



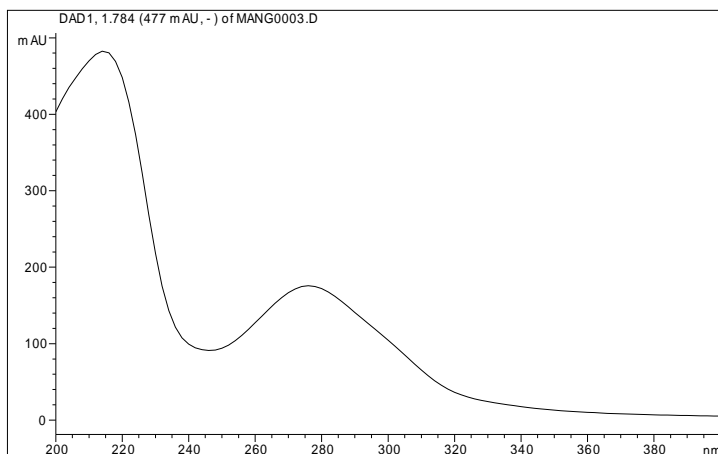
Derivado de resorcinol - 216 274 nm

### 9. Semilla de Petacón

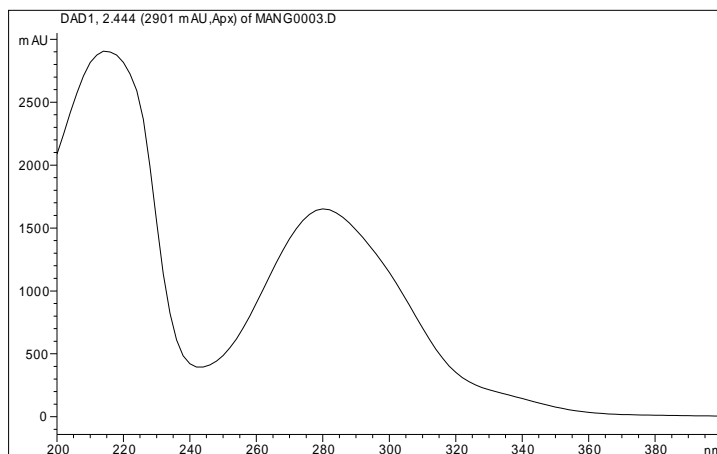


Cromatograma del extracto metanólico de semilla de mango Petacón.

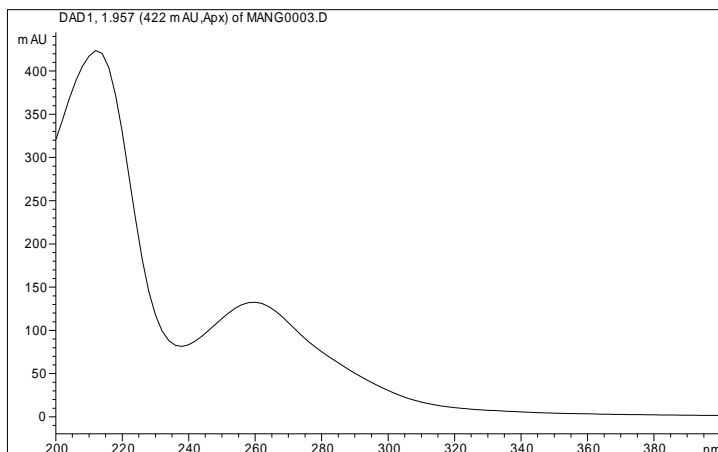




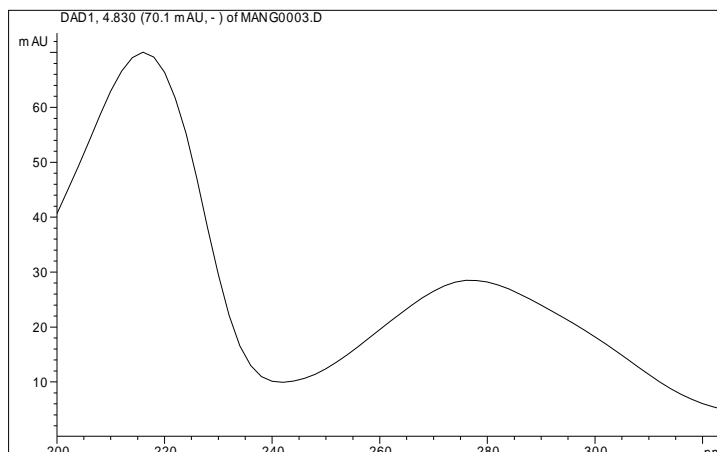
Derivado de resorcinol - 214 276 nm



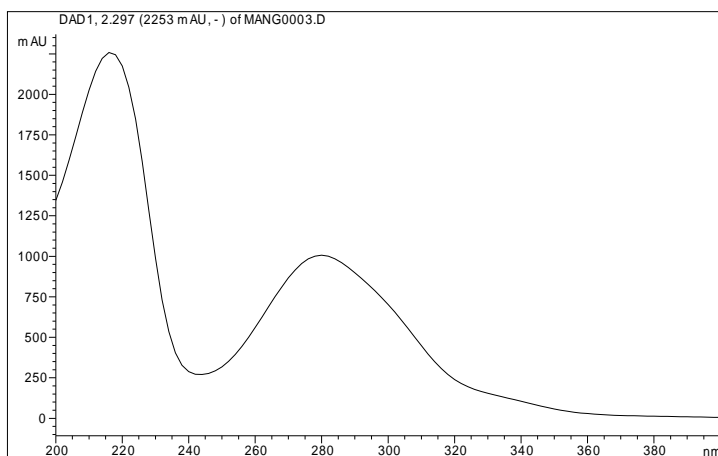
Derivado de resorcinol - 214 280 nm



Derivado de resorcinol - 212 260 nm



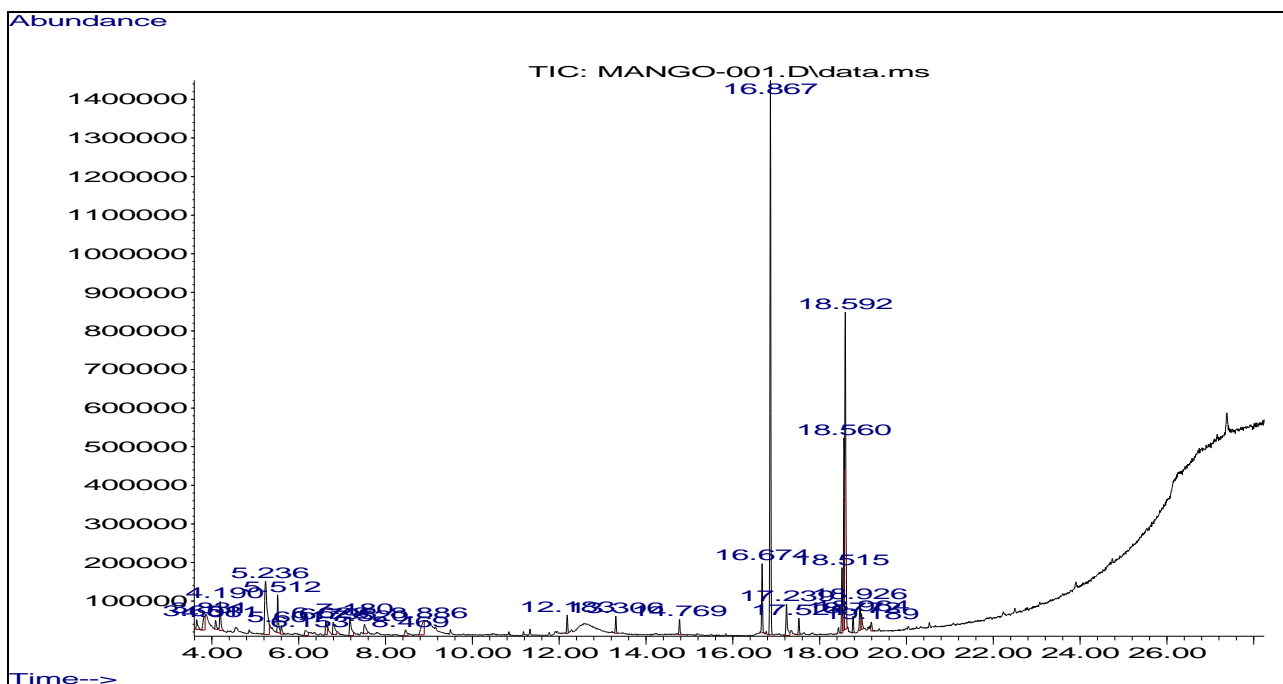
Derivado de resorcinol - 216 276 nm



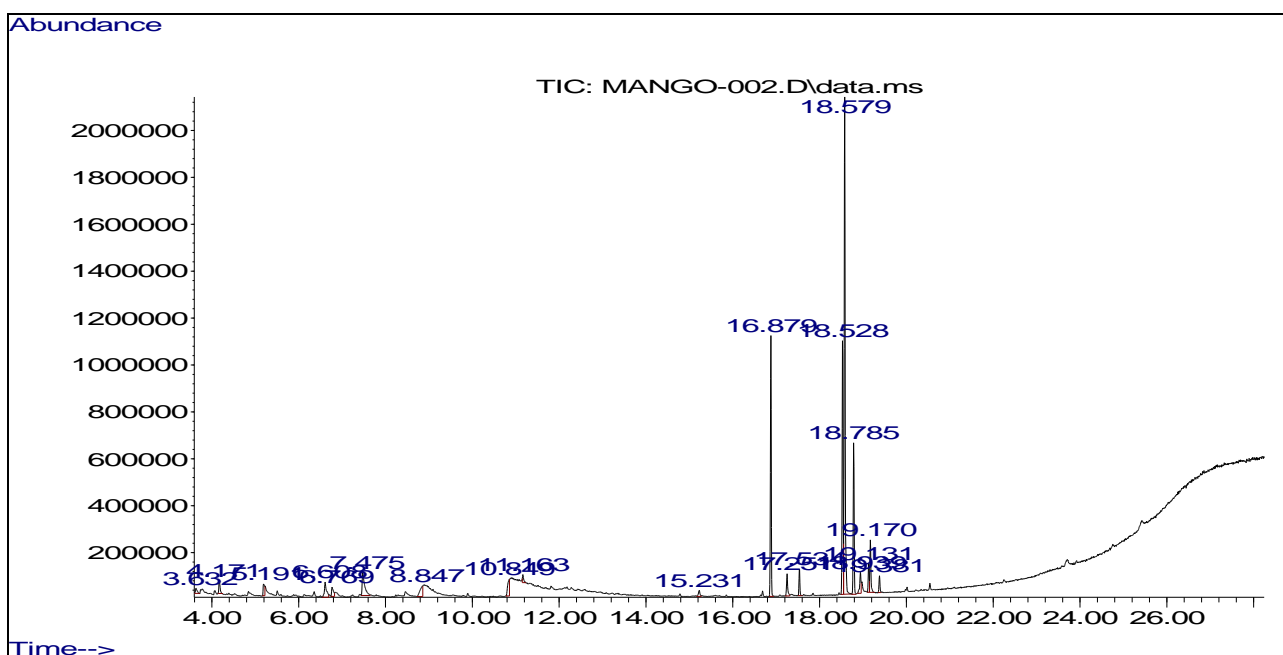
Derivado de resorcinol - 216 280 nm

Apéndice 9. Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (CG-EM)

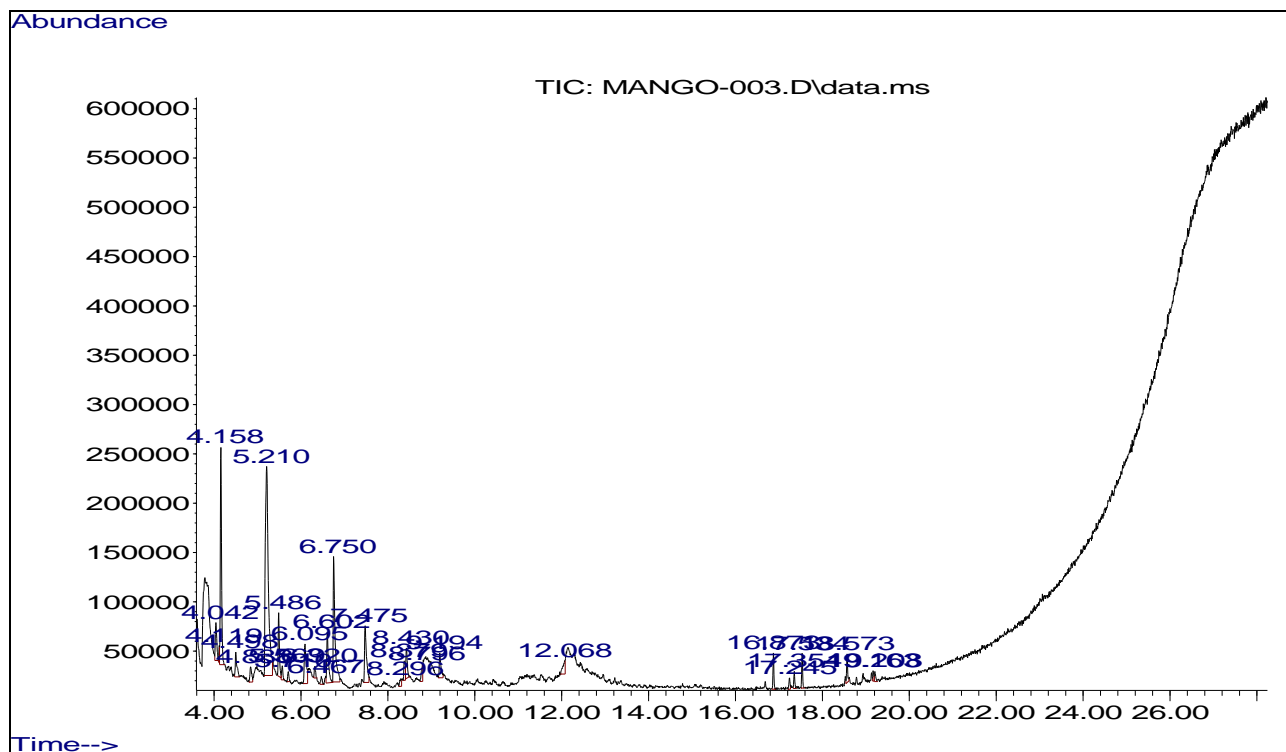
A continuación se presentan los cromatogramas correspondientes al análisis de CG-EM de cada uno de los extractos.



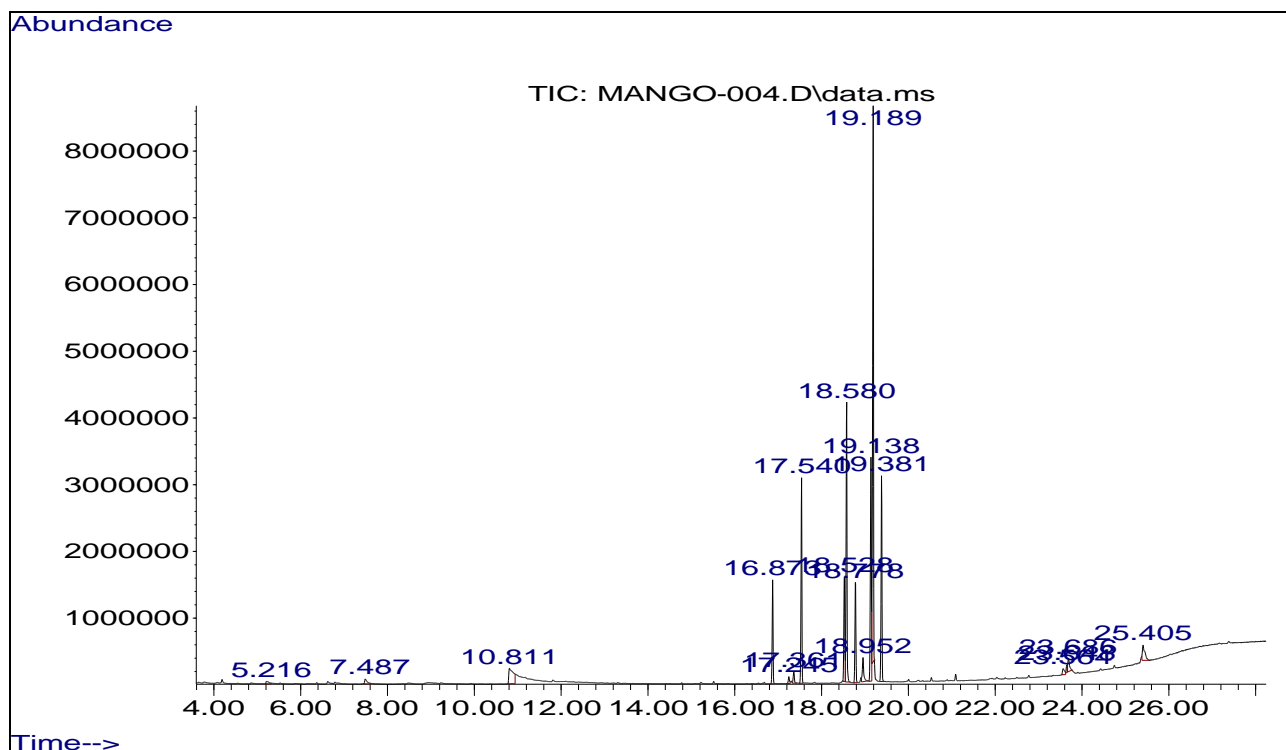
Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de mango Ataúlfo.



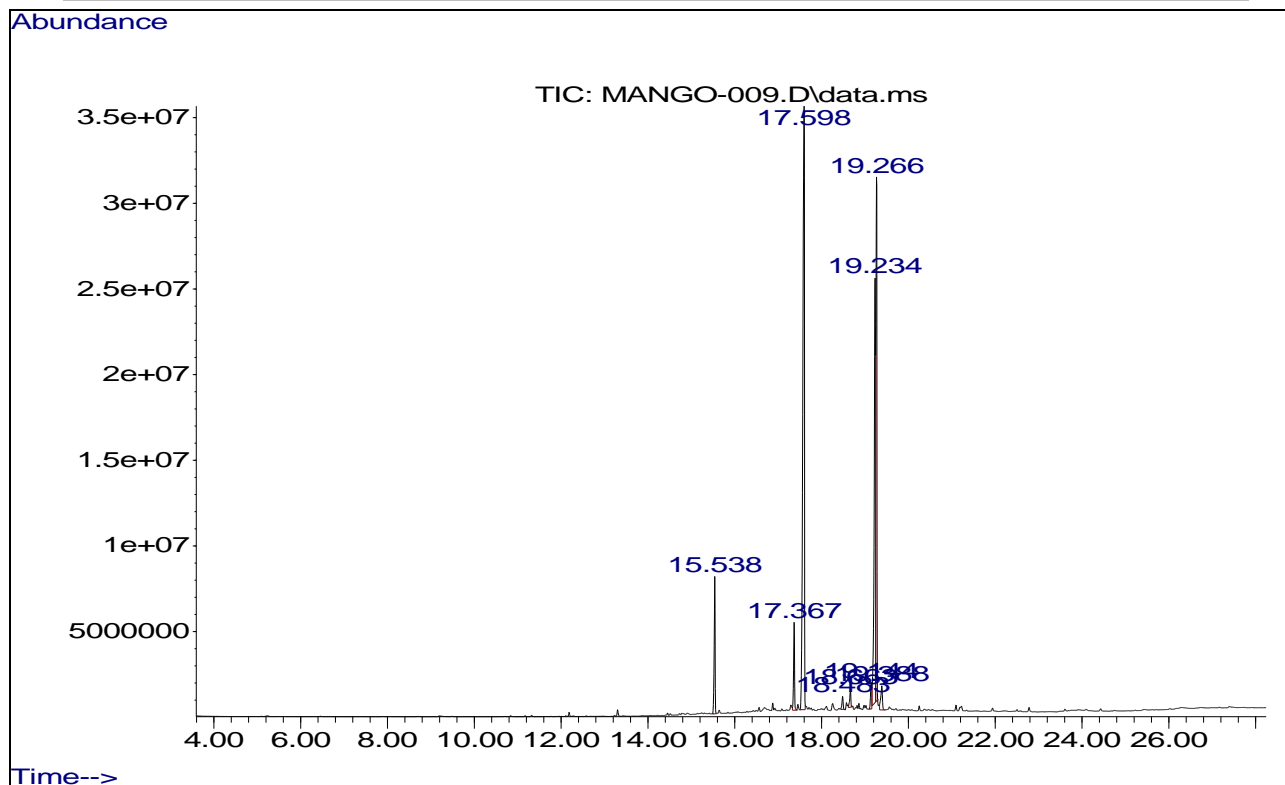
Cromatograma del extracto metanólico de semilla de mango Ataúlfo



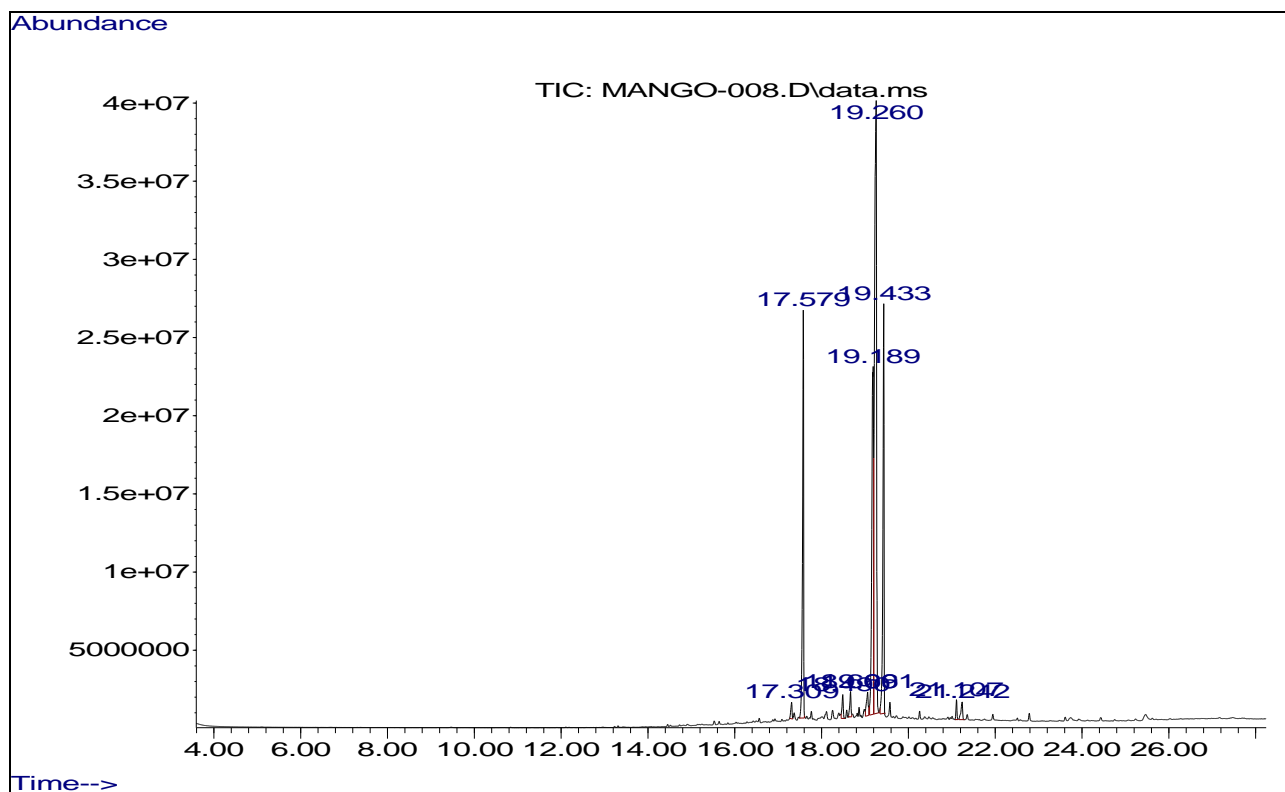
Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de mango Criollo.



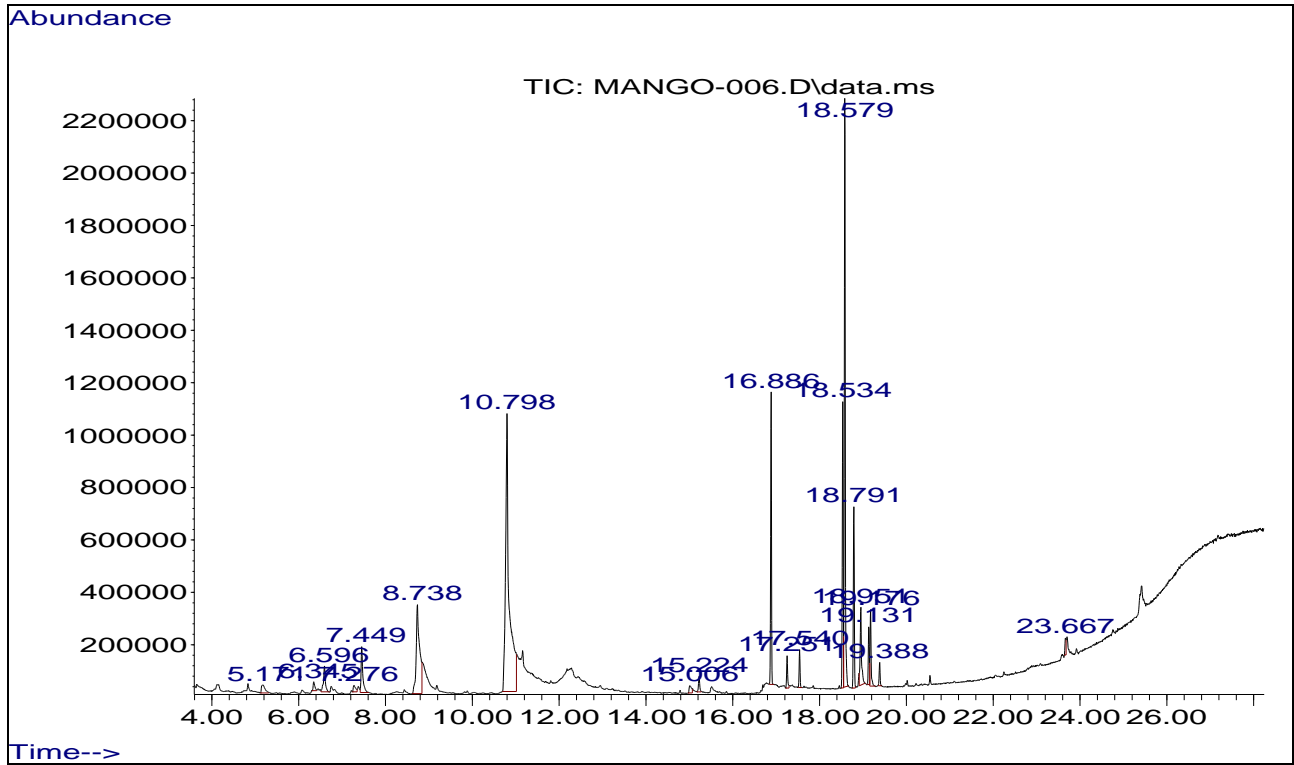
Cromatograma del extracto metanólico de semilla de mango Criollo.



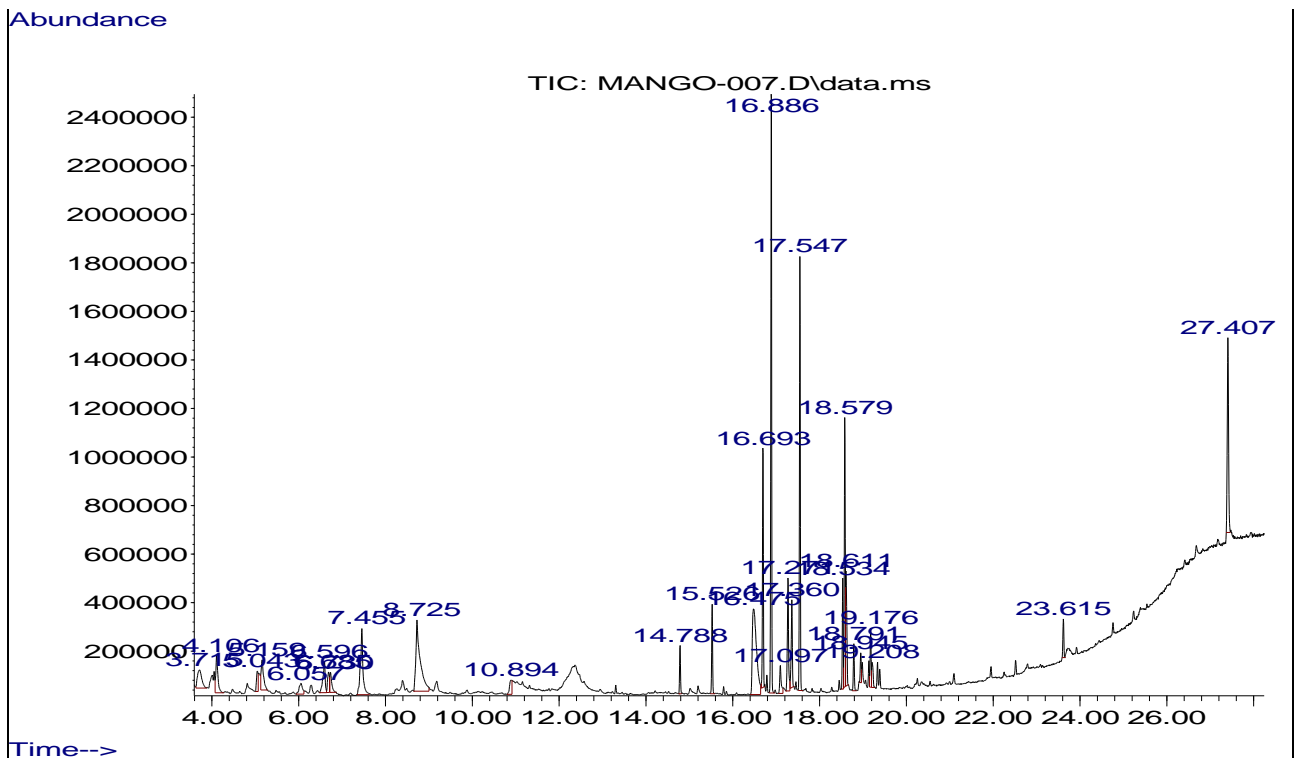
Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de mango Manila.



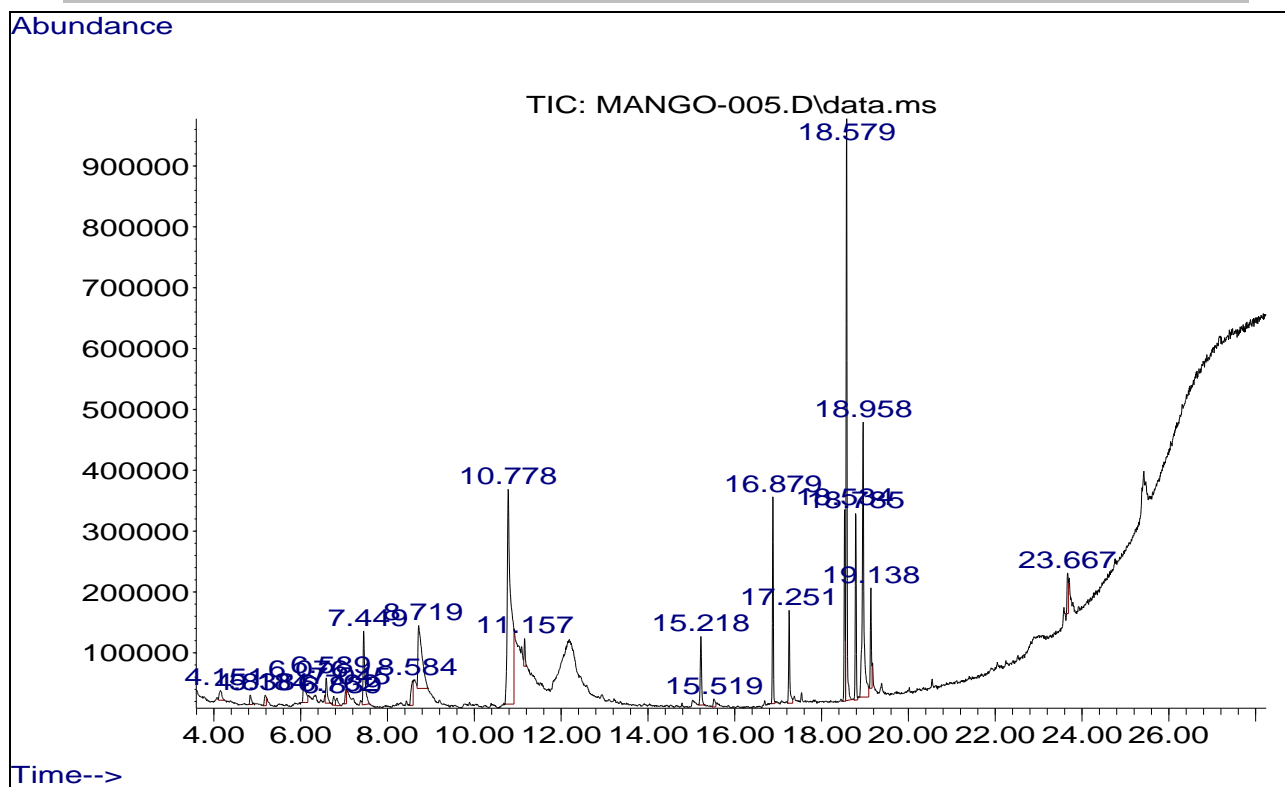
Cromatograma del extracto metanólico de semilla de mango Manila.



Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de mango Niño.



Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de mango Petacón.



Cromatograma del extracto metanólico de semilla de mango Petacón.

### Apéndice 10. Estadística descriptiva

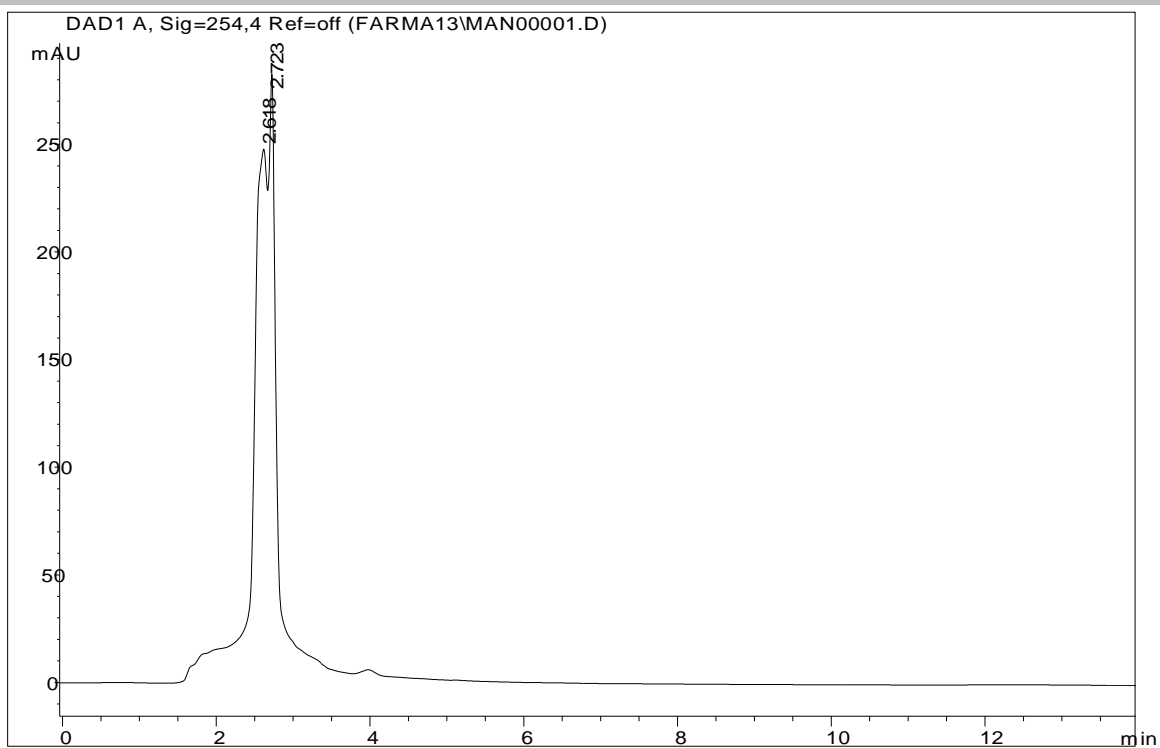
Se tienen los cuartiles, estos valores corresponden al 25%, 50% y 75%, que se conocen como primero, segundo y tercer cuartil. El segundo cuartil coincide con la mediana, que es el valor de la variable estadística que divide a la población en dos partes iguales, una vez ordenados los individuos por valor creciente de carácter. El primer cuartil es el valor de la variable que deja la cuarta parte de las observaciones por debajo de él y las tres cuartas partes restantes por encima. El tercer cuartil, por tanto, es el valor de la variable que deja tres cuartas partes de las observaciones por debajo de él y la cuarta parte de las mismas por encima (Vargas, 1995).

### Apéndice 11. Saponificación de los extractos

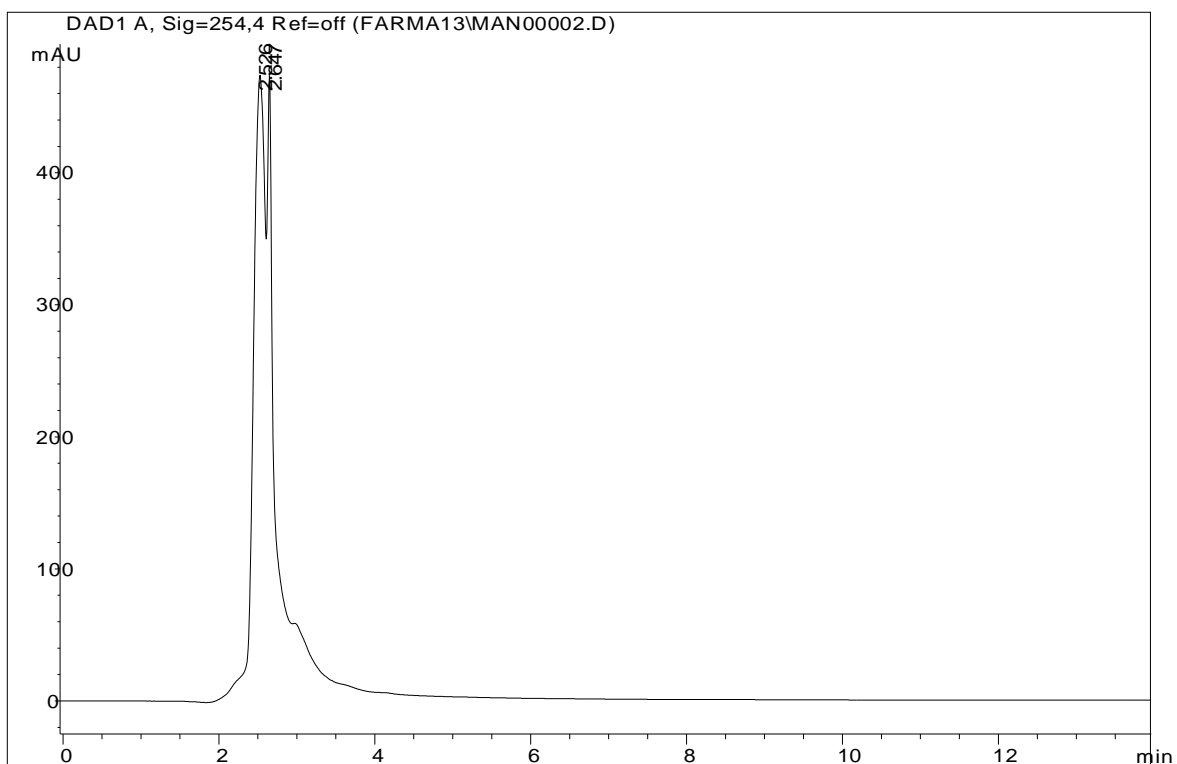
Debido a que los extractos presentaron muchos derivados de resorcinoles, se decidió llevar a cabo la saponificación de éstos, para poder aislar el resorcinol y valorar la riqueza de metabolitos secundarios presentes en cada extracto a través del análisis de los espectros de CLAR obtenidos. Un ejemplo de esto, se refleja en el extracto de cáscara de Manila, el cual, antes de la saponificación mostraba 11 picos de absorción pertenecientes a derivados de resorcinol; esta cantidad se vio reducida a sólo un pico de absorción, lo anterior indica la presencia de al menos 11 derivados de resorcinoles diferentes en la muestra.

La reacción de saponificación consiste en la separación de una cadena de ácidos grasos de la molécula a la que están esterificados, por medio de una hidrólisis alcalina, obteniendo glicerina y su respectiva sal (Quesada, 2007).

Para llevar a cabo esta reacción se mezclan 200  $\mu$ L de KOH al 40% en metanol con 3 mg de la muestra a saponificar, se agita y posteriormente se debe calentar a 56°C durante 20 minutos, después se adicionan 200  $\mu$ L de HCl al 37%, nuevamente se agita, se deja enfriar y finalmente se inyecta en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución.

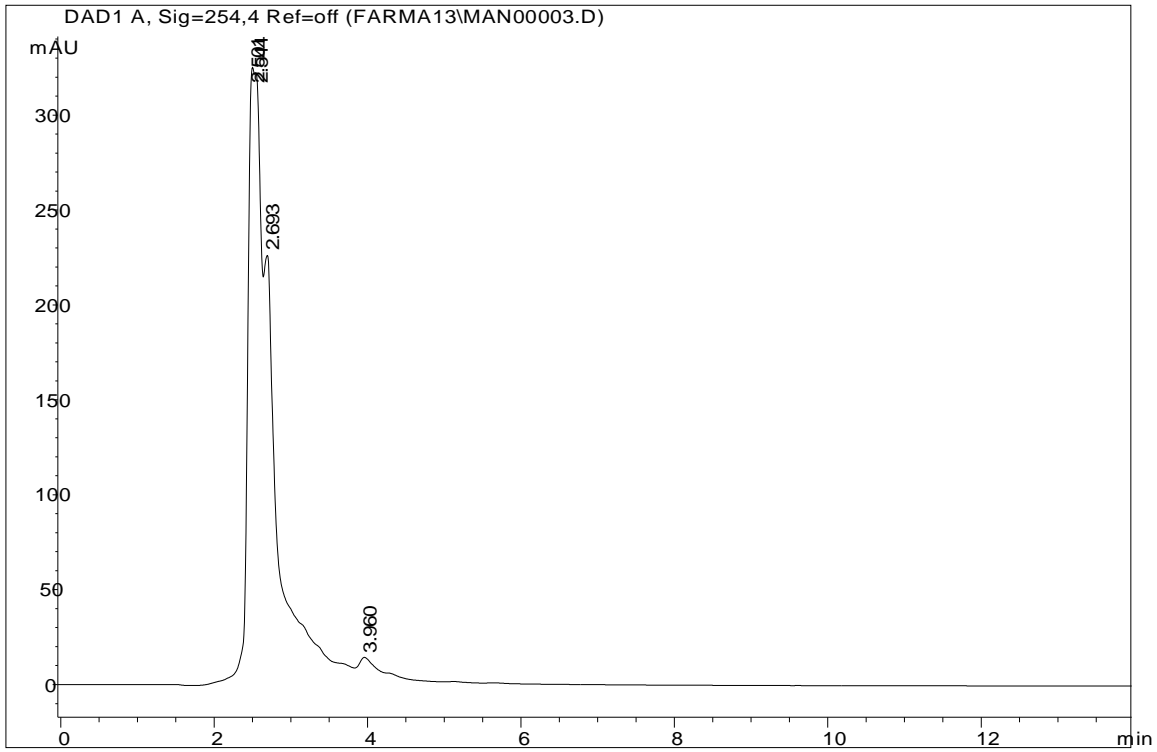


Cromatograma del extracto metanólico de semilla de cáscara de Ataulfo.

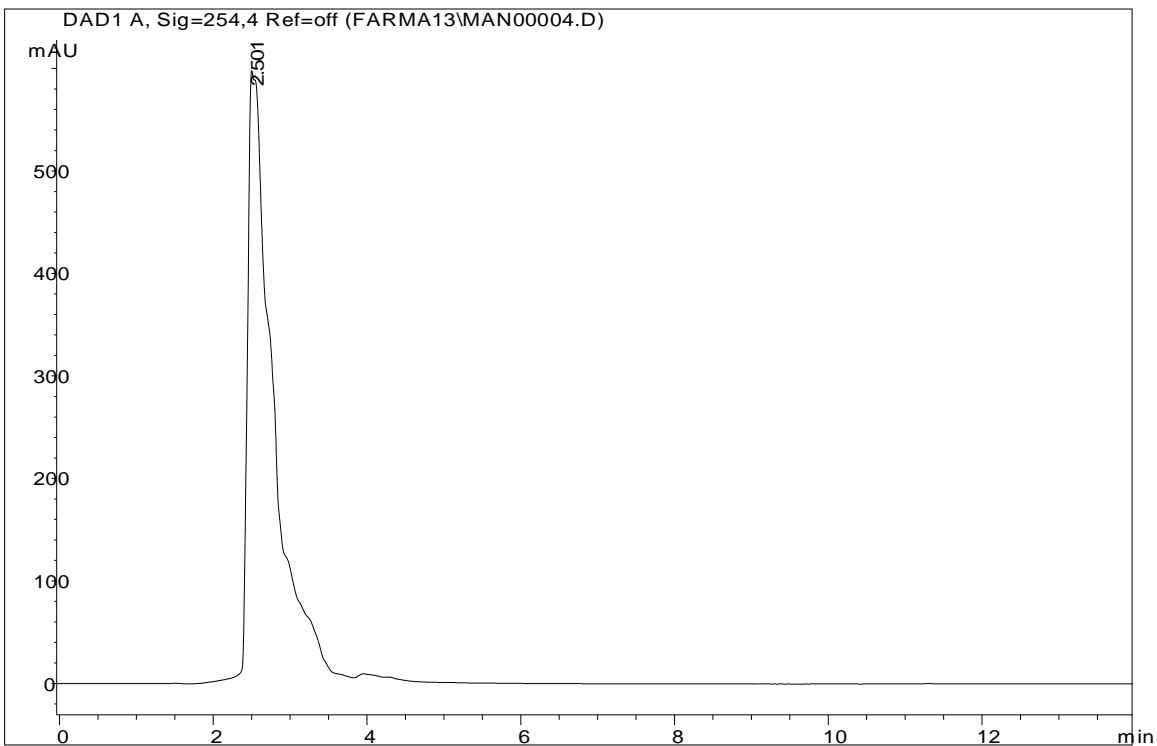


Cromatograma del extracto metanólico de semilla de Ataulfo.

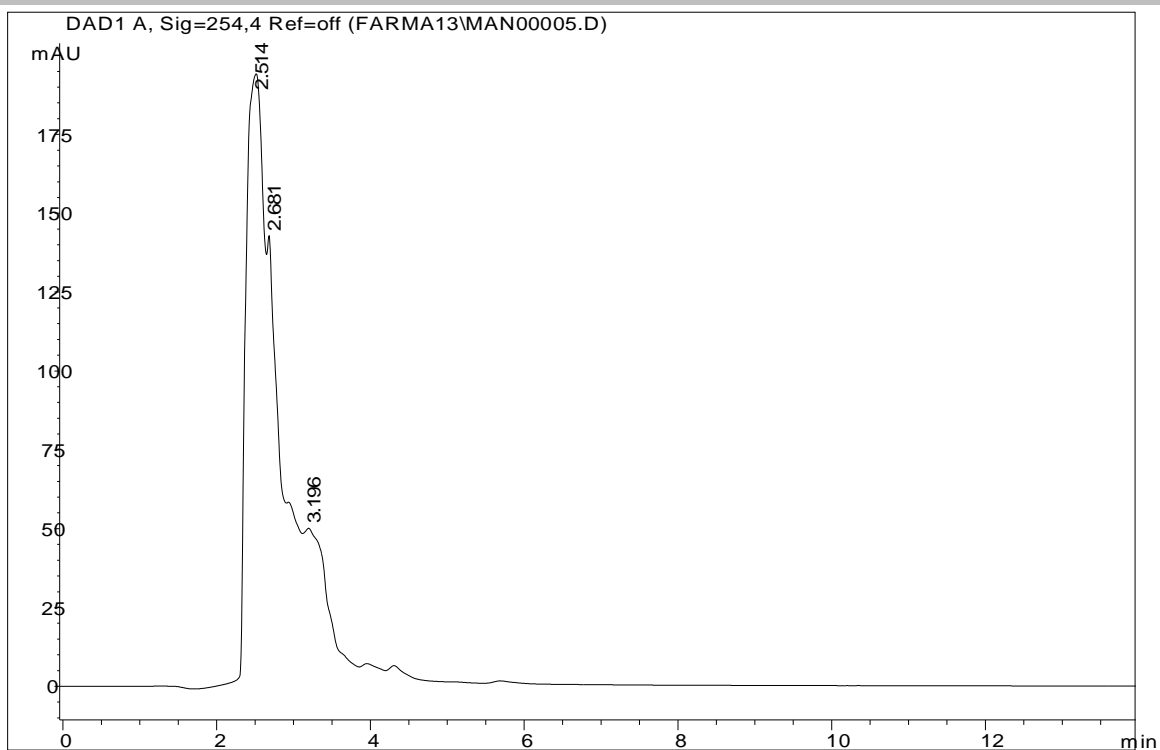




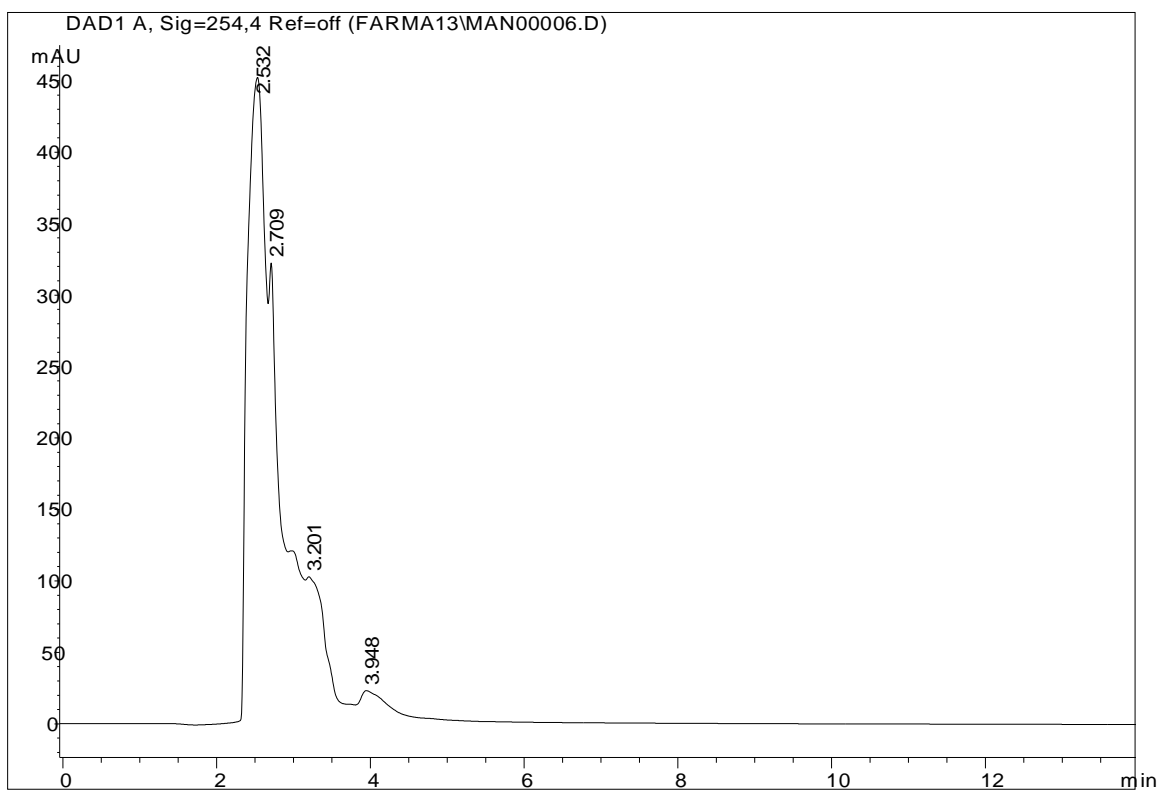
Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de Criollo.



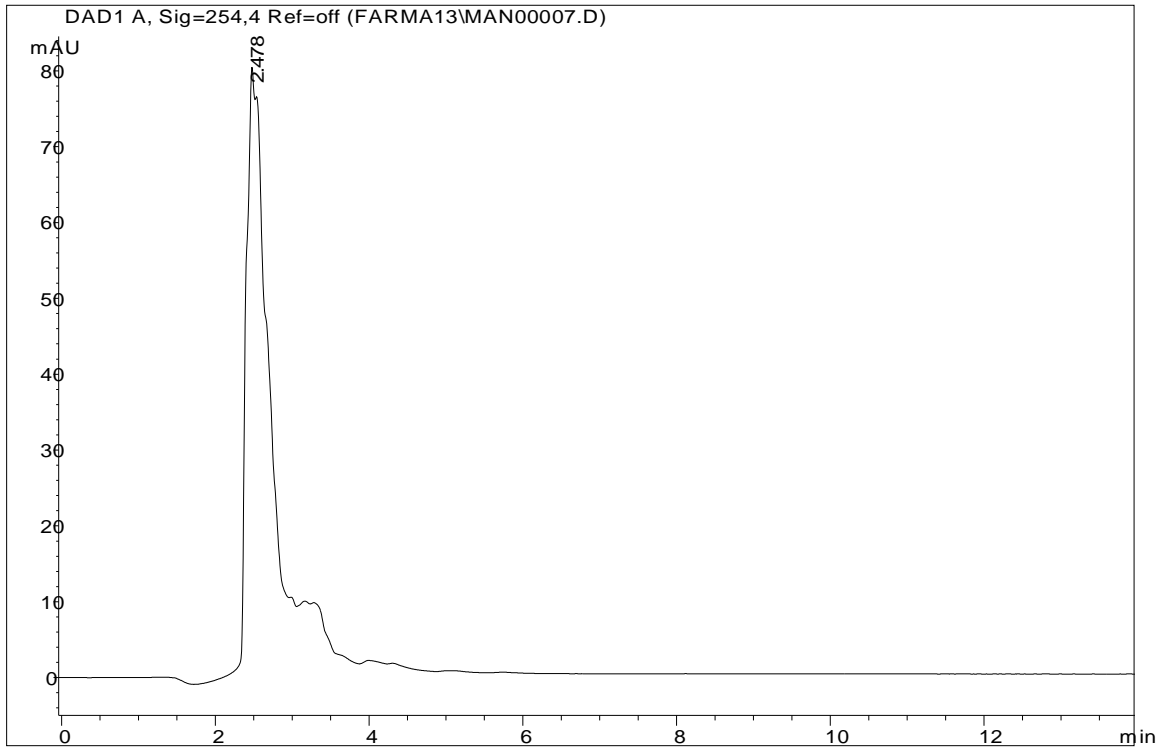
Cromatograma del extracto metanólico de semilla de Criollo.



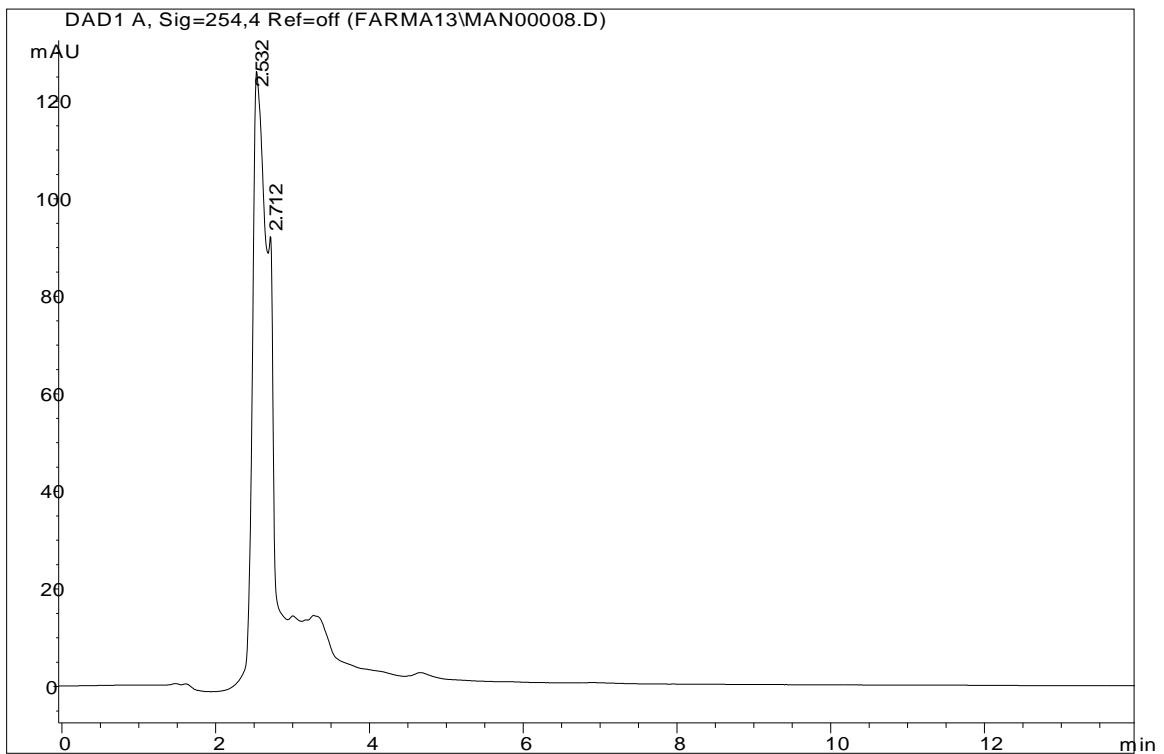
Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de Manila.



Cromatograma del extracto metanólico de semilla de Manila.



Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de Niño.



Cromatograma del extracto metanólico de cáscara de Petacón.

 REFERENCIAS

1. Arraiza, B. C. M. P. Uso Industrial de Plantas Aromáticas y Medicinales. Análisis químico de plantas aromáticas y medicinales. pp. 108-120.
2. Avis, T. J. y Bélanger, R. R. 2001. Specificity and mode of action of the antifungal fatty acid cis-9-heptadecenoic acid produced by *Pseudozyma flucculosa*. Applied and Environmental Microbiology. 67: 956-960.
3. Bally, I.S.E. 2006. *Mangifera indica* (mango). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Ed. Elevitch, C.R. Permanent Agriculture Resources (PAR). Hōlualoa, Hawai'i. En: <http://www.traditionaltree.org>. Acceso: 29 de diciembre de 2012.
4. Bansa, A. y Adeyemo, S.O. 2000. Antibacterial efficacy of *Fagara zanthoxyloides* and *Massularia accminata*. Nigeria. Journal of Pure and Applied Science. 15: 1055-1058.
5. Benites Vilchez, J., J. López Vivar, F. Kusch Fuschlocher, S. Gajardo Solari, G. Jorquera Arancibia, G. Salazar Rodríguez, M. Rojas Arredondo. 2010. Actividad antioxidante, antibacteriana y analgésica de extractos de *Mangifera indica* L. BIOFARBO, 18(2): 10-19
6. Bruneton, J. 2001. Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas medicinales. Editorial Acribia. Segunda edición. España. pp. 122-127, 160, 161, 227-229.
7. Carrillo, L. 2003. Los hongos de los alimentos y forrajes. Ediciones Universidad Nacional de Salta. Argentina. 128 p.
8. Chakrabarti, D. y Ghosal, S. 1985. Effect of *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. Infection on mangiferin production in the twigs of *Mangifera indica*. Phytopathology Z. 113:47-50.
9. Chan, E. G., Pérez, M. G. y Obeso, G. V. 2008. Extracción del aceite a la semilla de mango variedad Tommy. XX Reunión científica, tecnológica, forestal y agropecuaria 2008. pp. 1-6.
10. Cojocarú, M., Droby, S., Glotter, E., Goldman, A., Gottlieb, H. E., Jacoby, B., Prusky, D. 1986. 5-(12-heptadecenyl)-resorcinol, the major component of the antifungal activity in the peel of mango fruit. Phytochemistry. 25(5): 1093-1095.
11. Cortez, G. V., Macedo, C. J. P., Hernández, A. M., Arteaga, A. G., Espinosa, G. D. y Rodríguez, L. J. F. 2004. Farmacognosia: breve historia de sus orígenes y su relación con las ciencias médicas. Revista de Biomedicina. 15: 123-136.

12. Crane J. H. y Campbell, C. W. 1995. El mango en Florida. University of Florida. IFAS extension. 8 p.
13. Dey, P.M. y Harborne, J.B. 1989. Methods in Plant Biochemistry. Vol. 1. Plant Phenolics. Ed. Academic Press. USA. 552 p.
14. Didier, H. B. 1995. La colección de plantas medicinales más importantes de América Latina. Ciencias. 39: 46-47.
15. Domínguez. A. X. 1973. Métodos de investigación fitoquímica. Editoral Limusa. México. 281 p.
16. Drovny, S., Prusky, D., Jacoby, B. y Goldman, A. 1986. Presence of antifungal compounds in the peel of mango fruits and their relation to latent infections of *Alternaria alternata*. Physiological and molecular plant pathology. 29: 173-183.
17. Espinosa-García, F. J. 2001. La diversidad de los metabolitos secundarios y la teoría de la defensa vegetal. En: Anaya A. L., Espinosa-García, F. J. y Cruz-Ortega R. Relaciones químicas ente organismos: Aspectos básicos y perspectivas. Instituto de ecología. Plaza y Valdés. México. pp. 231-249.
18. Estrada E. y Morales J. L. 2002. La prodigiosa yerba del sapo. Edimich. Interwriters. México. pp. 16-19.
19. Feresin, G. E., Tapia, A., López, S. N. y Zacchino, S. 2001. Antimicrobial activity of plants used in traditional medicine of San Juan province, Argentine. Journal of Ethnopharmacology. 78: 103-107.
20. Financiera rural. 2010. Monografía del mango. Dirección General de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. Dirección Ejecutiva de Análisis Secorial. 7 p.
21. Gehrke V. M. R. 2008. Reflexiones sobre problemas de biología reproductiva del mango Ataúlfo en el Soconusco, Chiapas. Tecnología en Marcha. 21(1): 174-183.
22. Gobierno del Estado de Colima y Secretaria de Desarrollo Rural. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo de mango en el Estado de Colima. 56 p.
23. Grayer, R. J. y Harborne, J. 1994. A survey of antifungal compounds from higher plants 1982- 1993. Phytochemistry. 37(1): 19-42.
24. Guevara, G. M., González, L. S., Álvarez, L. A., Riaño, M. A. Garrido G. G. y Nuñez, S. A. 2004. Uso etnomédico de la corteza de *Mangifera indica* L. en Cuba. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 9(1).

25. Gutierrez, M. C. y Droget, M. 2002. La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: Identificación de compuestos causantes de mal olor. Identificación de compuestos volátiles por cg-ms. Boletín intexter (u.p.c.). 122:35-41.
26. Hitchcock, C. y Nichols, B. W. 1971. Plant lipid biochemistry: The biochemistry of fatty acids and acyl lipids with particular reference to higher plants and algae. Academic Press. Gran Bretaña. pp. 1-5, 30-35, 58-65, 96, 97, 260-263, 294-297.
27. Hooker, W. J. 1850. Curtis's Botanical magazine: comprising the plants of the Royal gardens of Kew, and of other botanical establishments in Great Britain. Inglaterra. 214 p.
28. Hudson, M. M. T. 2001. Antifungal resistance and over-the-counter availability in the UK: a current perspective. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 48: 345-350.
29. Infante, F., Quilantan, J., Rocha, F., Esquinca H., Castillo, A., Ibarra N. G. y Palacio, V. 2011. Mango Ataulfo: orgullo chiapaneco. CONABIO. Biodiversitas. 96: 1-5.
30. Konigsberg F. M. 2008. Radicales libres y estrés oxidativo: aplicaciones médicas. Editorial El Manual Moderno. México. pp. 73-75, 80, 512-515.
31. Linstrom, P. J. y Mallard, W.G. Eds. NIST Chemistry WebBook. NIST Standard Reference Database Number 69. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg MD. En: <http://webbook.nist.gov>. Acceso: 12 de marzo de 2013.
32. Loeffler, J. y Stevens D. A. 2003. Antifungal drug resistance. Clinical Infectious Diseases. Supplement article. 36: 31-41.
33. López, B. A., López, B. S. R., Vázquez, B. M. E., Rodríguez, H. S. A., Mendoza, E. M. y Padrón, C. E. 2005. Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. F. Sp. *Lycopersici* (SACC) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Verticillium dahliae* Kleb. mediante extractos. Revista Mexicana de Fitopatología. 23(002): 183-190.
34. Lozano, J. A. 2006. Dermatomicosis: clasificación, tratamiento y pautas preventivas. Ámbito Farmacéutico. 25(7): 36-44.
35. Ma, X., Wu, H., Liu, L., Yao, Q., Wang, S., Zhan, R. Xing, S. Zhou, Y. 2011. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. Scientia Horticulturae. 129:102-107.
36. Mansour-Djaalab, H., Kahlouche-Riachi, F., Djerrou, Z. Serakta-Delmi, M., Hamimed, S. Trifa, S. Djaalab, I. y Hamdi Pacha, Y. 2012. In vitro evaluation of antifungal effects off

- Lawsonia inermis*, *Pistacia lentiscus* and *Juglans regia*. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 2(2): 263-268.
37. Manthey, J. y Perkins V. P. (2009). Influences of harvest date and location on the levels of b-carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57(22): 10825-10830.
38. Martínez, C. M. y Sánchez de Medina, C. F. 2001. Especies reactivas de oxígeno y respuesta antioxidante. En: Gil, H. Á., Ruiz, L. M. D., Sastre, G. A. y Schwartz R. S. Nutrición clínica: implicaciones del estrés oxidativo y de alimento funcionales. McGraw Hill Interamericana. España. pp. 91-93.
39. Masibo, M. y He, K. 2008. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 7(4): 309-319.
40. McNair, H. M. y Esquivel, H. B. 1980. Cromatografía líquida de alta presión. Virginia Polytechnic Institute and State University. Segunda edición. Estados Unidos. pp. 1-6.
41. Mesa, A. A. C., Bueno, J. G. y Betancur, G. L. A. 2004. Productos naturales con actividad antimicótica. Revista Española de Quimioterapia. 17(4): 325-331.
42. Montes, B. R., Cruz, C. V., Martínez M. G., Sandoval, G. G., García, L. R., Zilch, D. S., Bravo, L. L., Bermúdez, T. K., Flores, M. H. E. y Carvajal, M. M. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. Revista Mexicana de Fitopatología, 18 (002): 125-131.
43. Montes B. R. 2009. Diversidad de compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. Revista Mexicana de Micología. 29: 73-82.
44. Moore, C. B., Sayers, N., Mosquera, J., Slaven, J. y Denning, D. W. 2000. Antifungal drug resistance in *Aspergillus*. Journal of Infection. 41: 203-220.
45. Morrissey, J. P. y Osbourn, A. E. 1999. Fungal resistance to plant antibiotics as a mechanism of pathogenesis. Microbiology and molecular biology reviews. 63 (3): 708-724.
46. Mora, M. J., Gamboa P. J. y Elizondo M. R. 2002. Guía para el cultivo del mango. Costa Rica. 80 p.
47. Murillo, F. 2006. Actividad antioxidante «in vitro» de las bebidas de frutas. Revista Tecnología. Alfa Editores Técnicos. 27 p.

48. Muschietti, L., Derita, M., Sülsen, V. Muñoz, J. D., Ferraro, G., Zacchino, S. y Martino, V. 2005. In vitro antifungal assay of traditional Argentine medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*. 102: 233-238.
49. Núñez-Sellés, A. J. 2005. Antioxidant therapy: myth or reality?. *Journal of Brazilian Chemistry Society*. 16(4): 699-710.
50. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database. En: <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acceso: Noviembre, 2012.
51. Parrota, J. 1993. *Mangifera indica* L. Mango. Departament of Agriculture, Forest Service, Southern Frest Experimental Station. pp. 338-343.
52. Peres, N.T.A., Maranhão, F.C.A., Rossi, A. y Martinez R. N.M. 2010. Dermatophytes: host-pathogen interaction and antifungal Resistance. *Anais Brasileiros de Dermatologia*. 85(5): 657-67.
53. PROSERCO (Promotora de Servicios Comerciales del estado de Campeche). 2007. Diagnóstico del sistema producto mango. 54 p.
54. Prusky, D. y Keen, N. T. 1993. Involvement of preformed antifungal compounds in the resistance of subtropical fruit decay. *Plant disease*. 77: 114-119.
55. Qudsia, K., Ishtiaq, H., Siddiqui H. L. y Arshad, J. 2010. Antifungal activity of flavonoids isolated from mango (*Mangifera indica* L.) leaves. *Natural Product Research*. 24(20): 1907-1914.
56. Quesada, M. S. 2007. Manual de experimentos de laboratorio para Bioquímica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. p. 62.
57. Ramos L. E., Castañeda. B. e Ibáñez. L. A. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas. *Revista Académica Peruana de Salud*. 15(1): 42-46.
58. Rivero R. A. y Betancort, R. J. R. 2006. Evaluación de la actividad antioxidante de polifenoles de algas marinas. *Revista IUPAC*. 3: 1-10.
59. Rodríguez, M. C., Guerrero, M. B. y Sandoval, R. 2002. Guía técnica: cultivo de mango. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 33 p.
60. Robles, S., R. M., Villegas, O. M. A., Cruz, V. M. R., Castelo G. A. A., Ayala, Z. J.F. y González A. G. A. 2006. Determinación del estado de madurez óptimo de mango "Ataulfo" destinado a procesamiento mínimo. *Innovaciones Fisiológicas y Tecnológicas de la Maduración y Postrecolección de Frutas y Hortalizas*. pp. 21-25.



61. Rojas, A. M. 2009. Tratado de Medicina Tradicional Mexicana, Tomo I. Tlahui 3ª edición digital. México. 623 p.
62. Scartezzini, P. y Speroni E. 2000. Review on some plants of Indian traditional medicine with antioxidant activity. *Journal of Ethnopharmacology*. 71:23-43.
63. Schieber, A., Berardini, N. y Carle, R. 2003. Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. Cv. "Tommy Atkins") peels by High-Performance Liquid Chromatography-Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 5006-5011.
64. Schmidt, Marco. 2006. *Mangifera indica* L. En: <http://www.westafricanplants.senckenberg.de>. Acceso: Mayo de 2013.
65. Singleton, V. L., Orthofer R. y Lamuela, R. R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*. Academic Press. Vol. 299. pp. 152-178.
66. Stoilova, I., Gargova, S., Stoyanova, A., Ho, L. 2005. Antimicrobial and antioxidant activity of the polyphenol mangiferin. *Herba Polonica Journal*. 51(1/2):37-44
67. Sumaya, M. M. T., Sánchez, H. L. M., Torres, G. G. y García P. D. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base a las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 30:26-33.
68. Summer, J. 2000. The natural history of medicinal plants. Timber press. Hong Kong. pp. 15-17, 36, 37, 108-115.
69. Tantaoui-Elaraki, A. y Errifi, A. 1994. Antifungal activity of essential oils when associated with sodium chloride or fatty acids. *International Journal of Fats and Oils*. 45(6):363-369.
70. Thibane, V. S., Kock, J. L. F., Eills, R. Van Wyk, P. W. J. y Pohl, C. H. 2010. Effect of marine polyunsaturated fatty acids on biofilm formation of *C. albicans* and *C. dubliniensis* *Marine Drugs*. 8:2597-2604.
71. Vargas, S. A. 1995. Estadística descriptiva e inferencial. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Colección ciencia y técnica. Segunda edición. España. pp. 75-81.
72. Wang, H. y Bun, T. N. 2002. Isolation of an antifungal thaumatin-like protein from kiwi fruits. *Phytochemistry* 61: 1-6.