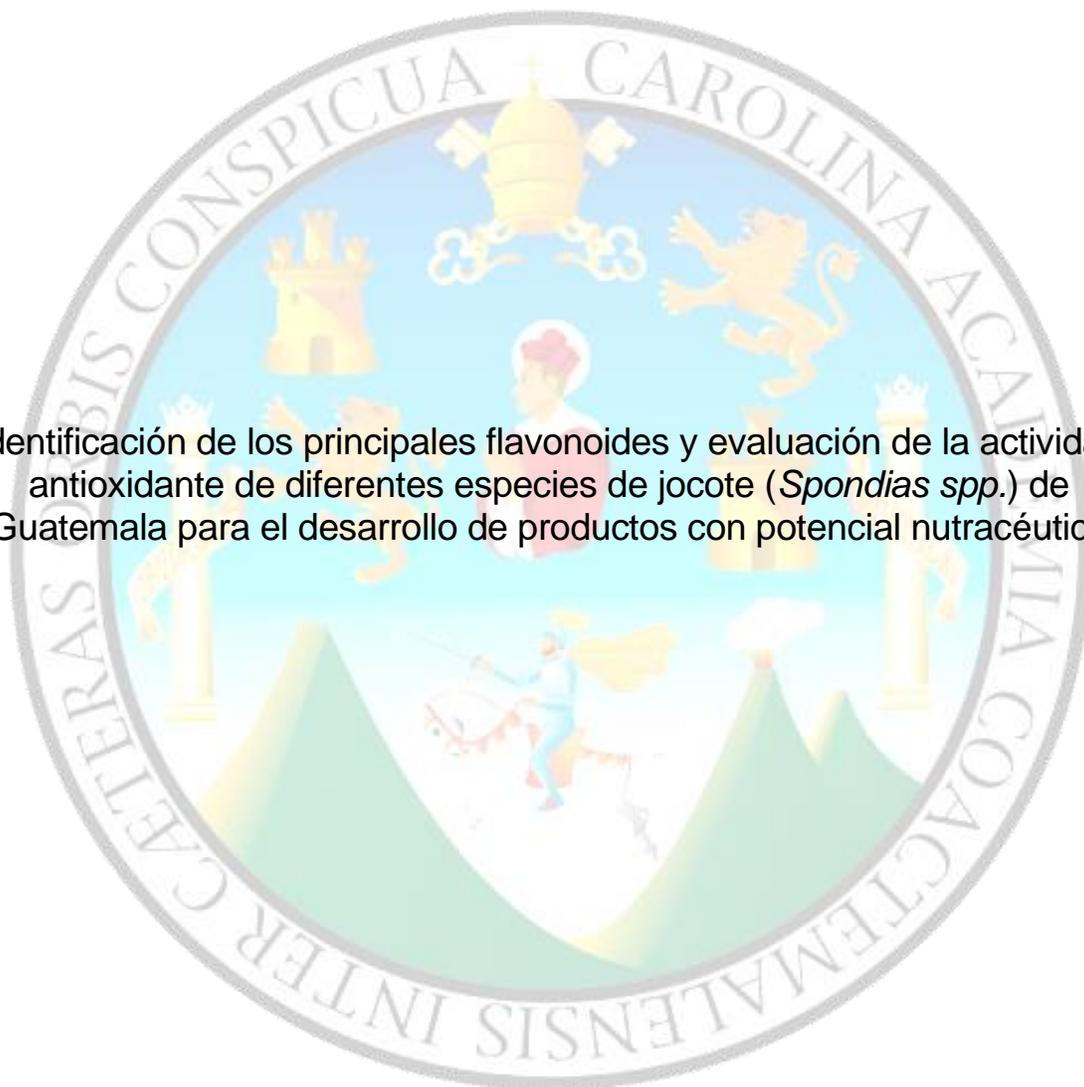


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Identificación de los principales flavonoides y evaluación de la actividad antioxidante de diferentes especies de jocote (*Spondias spp.*) de Guatemala para el desarrollo de productos con potencial nutracéutico



PEDRO PABLO MOLINA JAUREGUI

Químico

Guatemala, Julio de 2021.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Identificación de los principales flavonoides y evaluación de la actividad  
antioxidante de diferentes especies de jocote (*Spondias spp.*) de  
Guatemala para el desarrollo de productos con potencial nutracéutico

Proyecto de Investigación

Presentado por:

PEDRO PABLO MOLINA JAUREGUI

Para optar el título de:

Químico

Guatemala, Julio de 2021.

## MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

M.A Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Carmen Amalia Rodríguez Ortíz	Vocal IV
Br. Paola Margarita Gaitán Valladares	Vocal V

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, por su guía y sabiduría durante la realización de este trabajo de graduación.

A MIS PADRES, por darme todas las herramientas y la oportunidad de estudiar y sobre todo por brindarme siempre su apoyo y amor.

A JACKELINE FERNANDA SOLÓRZANO LEE, por su importante apoyo, amor y confiar en mí durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

AL DR. FRANCISCO PÉREZ SABINO, por su asesoría, consejos y enseñanzas durante todo el trabajo de graduación y durante los últimos años de carrera.

AL PERSONAL DE SERVICIO, en especial a Don Marcos y Don Oscar, por su amabilidad y siempre apoyarme con la apertura del edificio y de esta manera poder llevar a cabo todo el trabajo de laboratorio para este proyecto de investigación.

A LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE RÍO DE JANEIRO, por apoyar con la instrumentación y la obtención de cromatogramas útiles para la culminación de este trabajo de graduación.

A LA UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL, por permitirme realizar esta investigación; en especial al Lic. Manuel Muñoz por su confianza, asesoría, consejos y enseñanzas durante este trabajo y durante mis años de carrera.

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA, por el conocimiento y experiencias positivas para mi formación académica y profesional.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, por darme la oportunidad de estudiar Química y sobre todo por ser mi alma máter.

## DEDICATORIA

A DIOS, por darme la vida y la oportunidad de llegar a este momento con salud y rodeado de mis seres queridos.

A MIS PADRES, por su inmenso amor, paciencia, apoyo, confianza y el gran sacrificio que ambos hicieron para poder darme todo, incluyendo la oportunidad de estudiar. Sin ustedes nada de esto sería posible, los amo.

A MI HERMANA, por ser un gran ejemplo en mi vida, por tu apoyo, amor y alegrías.

A MI ABUELITA, por todo su amor, cuidados, consejos y por ser una de mis mayores motivaciones para seguir adelante. Este logro es suyo.

AL AMOR DE MI VIDA, Jackeline Fernanda Solórzano Lee, por todo tu amor y momentos felices. Gracias por ser mi mayor apoyo y motivación y acompañarme durante toda mi carrera. TE AMO.

A TODA LA FAMILIA SOLÓRZANO LEE, por su cariño, confianza, apoyo y por ser una parte importante de mi vida.

AL DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS INORGÁNICO, en especial al LIQA y al LMA, por su apoyo, confianza, calidad humana y oportunidad de crecer como persona y como profesional. También a Gabriela Chaulón, por su amistad y enseñanzas durante mi tiempo en el departamento.

AL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA GENERAL, por ser los primeros en confiar en mí, el agradable ambiente laboral y darme la oportunidad de experimentar la docencia por primera vez.

A los catedráticos que marcaron positivamente mi vida: Lcda. Idolly Carranza, Lcda. Bessie Oliva, Dr. Francisco Pérez y Lcda. Patricia Navas, porque con su profesionalismo, entrega y conocimiento me hicieron crecer como persona y profesional.

A mis amigos Axel, Janet y Kitze por todas las experiencias vividas y el apoyo incondicional. Gracias por su gran amistad.

A mis amigos, Mónica, Dina, Chejo, Ale, Álvaro, Bico por su amistad y apoyo durante toda la carrera.

Al personal de servicio y administrativo, en especial a Delmy y Don Panchito por hacer de mi paso por la universidad más fácil y agradable.

# ÍNDICE

I.	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
II.	RESUMEN.....	2
III.	ANTECEDENTES.....	3
	3.1. <i>Spondias mombin</i> .....	3
	3.2. <i>Spondias purpurea</i> .....	4
	3.3. Flavonoides.....	4
	3.4. Análisis de compuestos volátiles.....	5
	3.5. Ensayos microbiológicos.....	5
	3.6. Actividad antioxidante.....	6
	3.7. Ensayos farmacológicos.....	7
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	8
V.	OBJETIVOS.....	9
VI.	HIPÓTESIS.....	9
VII.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
	7.1. Universo de trabajo.....	10
	7.2. Muestra.....	10
	7.3. Materiales.....	10
	7.4. Métodos.....	11
	7.4.1. Muestreo.....	11
	7.4.2. Extracción metanólica para análisis de actividad antioxidante y fenoles totales.....	11
	7.4.3. Extracción de flavonoides para análisis por HPLC.....	12
	7.4.4. Análisis de flavonoides por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).....	12
	7.4.5. Actividad Antioxidante.....	13
	7.4.6. Determinación de Fenoles totales.....	14
	7.4.7. Evaluación de resultados.....	15
VIII.	AVAL DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	16
IX.	RESULTADOS.....	17
X.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	29
XI.	CONCLUSIONES.....	36
XII.	RECOMENDACIONES.....	37
XIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
XIV.	ANEXOS.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de campo de colectas de frutos de <i>Spondias</i> spp. en diferentes localidades de la República de Guatemala.....	17
Tabla 2: Rendimiento promedio de extracción (utilizando maceración con arena y metanol como solvente extractor) de la fruta de estudio.....	19
Tabla 3: Estándares de flavonoides y los tiempos de retención obtenidos por HPLC.....	21
Tabla 4: Composición de flavonoides en extractos de pulpa y cáscara de frutos de jocote de diferentes regiones de Guatemala.....	22
Tabla 5: Composición de flavonoides en extractos de pulpa y cáscara de frutos de jocote de diferentes regiones de Guatemala.....	25
Tabla 6: Actividad inhibitoria del 50% del radical DPPH (IC <sub>50</sub> ) de extractos metanólicos de pulpa y cáscara de frutos de jocos de diferentes regiones de Guatemala.....	26
Tabla 7: Contenido de fenoles totales de extractos metanólicos de pulpa y cáscara de frutos de jocos de diferentes regiones de Guatemala.....	28
Tabla 8: Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales experimental de antioxidantes sintéticos: BHT y BHA.....	29
Tabla 9: Composición de flavonoides de jocote dulce, mercado de Pachalum, Quiché, 06/06/2016.....	49
Tabla 10: Composición de flavonoides de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.....	51
Tabla 11: Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.....	53
Tabla 12: Composición de flavonoides de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.....	55
Tabla 13: Composición de flavonoides de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.....	57
Tabla 14: Composición de flavonoides de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).....	59
Tabla 15: Composición de flavonoides de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).....	62
Tabla 16: Composición de flavonoides de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.....	65
Tabla 17: Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.....	67
Tabla 18: Composición de flavonoides de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	69

Tabla 19: Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	72
Tabla 20: Composición de flavonoides de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.....	75
Tabla 21: Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.....	77
Tabla 22: Composición de flavonoides de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.....	79
Tabla 23: Composición de flavonoides de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).....	81
Tabla 24: Composición de flavonoides de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).....	84
Tabla 25: Composición de flavonoides de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).....	86
Tabla 26: Composición de flavonoides de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).....	88
Tabla 27: Composición de flavonoides de pulpa de jocote Corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	89
Tabla 28: Composición de flavonoides de cáscara de jocote Corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	93
Tabla 29: Composición de flavonoides de pulpa jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	94
Tabla 30: Composición de flavonoides de cáscara jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	97
Tabla 31: Composición de flavonoides de pulpa de jocote Corona, San Marcos, 22/10/2019.....	98
Tabla 32: Composición de flavonoides de cáscara de jocote Corona, San Marcos, 22/10/2019.....	101
Tabla 33: Composición de flavonoides de pulpa de jocote Corona, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.....	102
Tabla 34: Composición de flavonoides de cáscara de jocote Corona, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido 2,5-dihydroxibenzoico a 285 nm eluido a 9.844 min.....	43
Figura 2: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido cafeico a 260 nm eluido a 11.306 min.....	43
Figura 3: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido <i>p</i> -cumárico a 254 nm eluido a 13.461 min.....	44
Figura 4: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de rutina a 310 nm eluido a 13.816 min.....	44
Figura 5: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido elágico a 310 nm eluido a 14.234 min.....	45
Figura 6: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de taxifolina a 310 nm eluido a 15.064 min.....	45
Figura 7: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de kaempferol-3-O-rutinósido a 310 nm eluido a 15.374 min.....	46
Figura 8: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de quercetina a 310 nm eluido a 19.580 min.....	46
Figura 9: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de kaempferol a 254 nm eluido a 20.434 min.....	47
Figura 10: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona a 285 nm eluido a 23.888 min.....	47
Figura 11: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote dulce, Mercado de Pachalum, Quiché, 06/06/2016.....	48
Figura 12: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.462 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote dulce, mercado de Pachalum, Quiché, 06/06/2016.....	48
Figura 13: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.....	49
Figura 14: Espectro de ácido caféico eluido a 11.306 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.....	50
Figura 15: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.467 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.....	50
Figura 16: Espectro de ácido elágico eluido a 14.219 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.....	51
Figura 17: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.....	52
Figura 18: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.464 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.....	52

Figura 19: Espectro de rutina eluido a 13.787 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016...	53
Figura 20: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.....	54
Figura 21: Espectro de ácido elágico eluido a 14.246 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.....	54
Figura 22: Espectro de quercetina eluido a 19.596 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.....	55
Figura 23: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.....	56
Figura 24: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.264 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.....	56
Figura 25: Espectro de ácido elágico eluido a 14.164 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.....	57
Figura 26: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).....	58
Figura 27: Espectro de ácido elágico eluido a 14.217 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).....	58
Figura 28: Espectro de quercetina eluido a 19.572 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).....	59
Figura 29: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).....	60
Figura 30: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.489 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).....	60
Figura 31: Espectro de ácido elágico eluido a 14.197 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).....	61
Figura 32: Espectro de quercetina eluido a 19.586 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).....	61
Figura 33: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.....	62
Figura 34: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.462 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II,	

Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.....	63
Figura 35: Espectro de Espectro de ácido elágico eluido a 14.167 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.....	63
Figura 36: Espectro de taxifolina eluido a 15.111 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.....	64
Figura 37: Espectro de kaemferol-3-O-rutinósido eluido a 15.299 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.....	64
Figura 38: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.....	65
Figura 39: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.462 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.....	66
Figura 40: Espectro de rutina eluido a 13.774 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.....	66
Figura 41: Espectro de ácido elágico eluido a 14.171 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.....	67
Figura 42: Cromatograma (HPLC-DAD) a 254 nm de cáscara-pulpa de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	68
Figura 43: Espectro de ácido elágico eluido a 14.213 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	68
Figura 44: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	69
Figura 45: Espectro de ácido caféico eluido a 11.590 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	70
Figura 46: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.471 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	70
Figura 47: Espectro de taxifolina eluido a 15.135 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	71
Figura 48: Espectro de kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.315 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.....	71
Figura 49: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote Rax Ux, mercado	

de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.....	72
Figura 50: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.469 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.....	73
Figura 51: Espectro de rutina eluido a 13.784 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.....	73
Figura 52: Espectro de ácido elágico eluido a 14.164 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.....	74
Figura 53: Espectro de ácido elágico eluido a 14.164 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.....	74
Figura 54: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.....	75
Figura 55: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.459 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.....	76
Figura 56: Espectro de rutina eluido a 13.769 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.....	76
Figura 57: Espectro de ácido elágico eluido a 14.160 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.....	77
Figura 58: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.....	78
Figura 59: Espectro de taxifolina eluido a 15.084 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.....	78
Figura 60: Espectro de quercetina eluido a 19.581 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.....	79
Figura 61: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018.....	80
Figura 62: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.491 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).....	80
Figura 63: Espectro de ácido elágico eluido a 14.219 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).....	81
Figura 64: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).....	82

Figura 65: Espectro de ácido caféico eluido a 11.032 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).....	82
Figura 66: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.491 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).....	83
Figura 67: Espectro de ácido elágico eluido a 14.220 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).....	83
Figura 68: Espectro de kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.373 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).....	84
Figura 69: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).....	85
Figura 70: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.488 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).....	85
Figura 71: Espectro de ácido elágico eluido a 14.206 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).....	86
Figura 72: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).....	87
Figura 73: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.488 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).....	87
Figura 74: Espectro de ácido elágico eluido a 14.217 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).....	88
Figura 75: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	89
Figura 76: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	90
Figura 77: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.496 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	90
Figura 78: Espectro de rutina eluido a 13.819 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	91
Figura 79: Espectro de ácido elágico eluido a 14.225 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	91

Figura 80: Espectro de taxifolina eluido a 15.079 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	92
Figura 81: Espectro de kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.299 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	92
Figura 82: Espectro de quercetina eluido a 19.584 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	93
Figura 83: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	94
Figura 84: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	95
Figura 85: Espectro de rutina eluido a 13.790 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	95
Figura 86: Espectro de ácido elágico eluido a 14.226 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	96
Figura 87: Espectro kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.318 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.....	96
Figura 88: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.....	97
Figura 89: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.....	98
Figura 90: Espectro de ácido <i>p</i> -cumárico eluido a 13.464 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.....	99
Figura 91: Espectro de rutina eluido a 13.780 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.....	99
Figura 92: Espectro de ácido elágico eluido a 14.179 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.....	100
Figura 93: Espectro de taxifolina eluido a 15.029 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.....	100
Figura 94: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote corona, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.....	101
Figura 95: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.....	102

Figura 96: Espectro de ácido caféico eluido a 11.142 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.....	103
Figura 97: Espectro de ácido elágico eluido a 14.385 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.....	103
Figura 98: Fotografías de separación de cáscara y pulpa de jocotes.....	116
Figura 99: Fotografía de tubos de ensayo posterior a cuantificación de actividad antioxidante de los diferentes frutos de jocote.....	116
Figura 100: Fotografías de tubos de ensayo utilizados para la cuantificación de fenoles totales.....	116

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote jobo colectada en Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán, el 27/10/2015.....	104
Gráfica 2: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote de piña colectada en Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán, el 27/10/2015.....	105
Gráfica 3: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote colorado colectada en Barrio El Jocotal, San Jacinto, Chiquimula, el 22/04/2016.....	105
Gráfica 4: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote tronador colectada en Aldea Jutiapilla, Sanarate, El Progreso, el 20/05/2016.....	106
Gráfica 5: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote dulce colectada en mercado de Pachalum, Quiché, el 06/06/2016.....	106
Gráfica 6: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en San Marcos, el 07/10/2016.....	107
Gráfica 7: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote amarillo colectada en San Marcos, el 07/10/2016.....	107
Gráfica 8: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Panajachel, Sololá, el 09/11/2016.....	108
Gráfica 9: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote colorado colectada en Honduras, el 15/03/2017.....	108
Gráfica 10: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en	

muestra de jocote corona colectada en Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, el 05/04/2017.....	109
Gráfica 11: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote de verano colectada en mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, el 05/05/2017.....	109
Gráfica 12: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote tronador colectada en Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, el 03/10/2017.....	110
Gráfica 13: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, el 03/10/2017.....	110
Gráfica 14: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote Rax Ux colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 11/10/2017.....	111
Gráfica 15: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 11/10/2017.....	111
Gráfica 16: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote Rax Ux colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 09/11/2017.....	112
Gráfica 17: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 11/04/2018.....	112
Gráfica 18: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote quinín colectada en San Francisco, Petén, el 05/09/2018.....	113
Gráfica 19: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, el 19/09/2018.....	113
Gráfica 20: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote jobo colectada en San Francisco, Petén, el 25/10/2018.....	114
Gráfica 21: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en sustancia de referencia, butilhidroxitolueno (BHT).....	114
Gráfica 22: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en sustancia de referencia, butilhidroxianisol (BHA).....	115
Gráfica 23: Curva de calibración de ácido gálico para la determinación del contenido de fenoles totales.....	115

## I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

Guatemala es un país con una gran diversidad climática, lo que permite a su vez una gran biodiversidad, siendo esto una ventaja comparativa con respecto a otros países del mundo. Por esta razón es de suma importancia el estudio continuo y detallado de productos naturales, ya que la generación de información relevante sobre composición química y posibles beneficios nutraceuticos son de mucha utilidad para el desarrollo de productos con valor agregado en pro de la economía y la salud de la población guatemalteca.

La investigación desarrollada formó parte del proyecto FINDECYT/FODECYT 048-2017 titulada: “Caracterización fitoquímica de diferentes especies de jocote (*Spondias spp.*) de Guatemala para el desarrollo de productos con potencial nutraceutico”. Este proyecto corresponde al área de la química de los productos naturales y busca generar un aporte importante al estudio de especies nativas de Guatemala.

El trabajo de graduación como parte de la evaluación terminal en la modalidad de proyecto de investigación buscó abarcar un porcentaje mayoritario de dos objetivos específicos de dicha investigación macro, siendo estos: “Determinar los flavonoides y taninos en frutos y hojas de jocote de diferentes variedades, por cromatografía líquida de alta resolución” y “Determinar la actividad antioxidante de fracciones de extractos etanólicos obtenidos por cromatografía contracorriente”.

Este proyecto de investigación buscaba contribuir a la generación de nuevos conocimientos sobre la especie de estudio mediante dos resultados: una base de datos sobre los flavonoides y taninos presentes en frutos de jocote de diferentes variedades, que permitirá establecer las variedades con mayor potencial para la obtención de extractos con mayor valor agregado y una base de datos de la actividad antioxidante de fracciones de extractos etanólicos obtenidos por cromatografía contracorriente. Esto por medio del análisis por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) y espectros de absorción obtenidos de los extractos de frutos de jocote de diferentes variedades.

## II. RESUMEN

El jocote, el cual es el nombre común en Guatemala de los frutos de dos especies, *Spondias purpurea* y *Spondias mombin* se puede encontrar en todos los departamentos del país. Los frutos son consumidos comúnmente en forma cruda o en preparaciones típicas con miel o conservas en almíbar, por lo que su impacto económico es potencialmente alto, razón por la cual es importante iniciar investigaciones para conocer la composición química de dichos frutos y su potencial benéfico. En el presente estudio se determinó el porcentaje de rendimiento de extracción por maceración con metanol (40.75-6.28%) y se analizó la composición química de 10 variedades, de dos especies de jocotes recolectados en diferentes regiones de Guatemala. Además, se evaluó la actividad antioxidante de cada extracto metanólico obtenido (37.34-2.76 mg/mL) utilizando el método macrométrico del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), utilizando butil hidroxitolueno (BHT) y butil hidroxianisol (BHA) como compuestos de referencia al ser antioxidantes sintéticos comúnmente utilizados. También se realizó la cuantificación de fenoles totales por medio del método espectrofotométrico con el reactivo de Folin-Ciocalteu, utilizando ácido gálico como estándar para la obtención de resultados (0.453-0.080 mg/mL). La composición química de las pulpas fue determinada por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detector de arreglo de diodos (DAD). Entre los resultados más relevantes se encontró una actividad antioxidante considerablemente alta en extractos obtenidos de muestras de jocotes de la variedad corona, tronador y Rax Ux de la especie *Spondias purpurea* y de la variedad jobo y quinín de la especie *Spondias mombin*. También se logró determinar que los flavonoides y compuestos fenólicos presentes con mayor frecuencia en las diferentes variedades fueron el ácido *p*-cumárico, la rutina y la quercetina al encontrarse en 17 de 19 muestras analizadas. En conclusión, los frutos de jocote son un alimento rico en flavonoides y compuestos fenólicos, por lo que pueden considerarse para el desarrollo de productos nutraceuticos, ya que presentan componentes útiles y actividad antioxidante que puede ser beneficiosa para la salud.

### III. ANTECEDENTES

El género *Spondias*, presenta especies frutales que, si bien su importancia económica no tiene un alcance tan elevado, representan un importante rubro económico a nivel local. Tal es el caso de los frutos que en Guatemala se conocen popularmente como jocotes. De las 27 especies pertenecientes al género *Spondias* a nivel mundial, únicamente están descritas dos especies para Guatemala: *Spondias mombin* y *Spondias purpurea*. Los frutos de *S. mombin* son conocidos popularmente como “jocote jobo”, son de color amarillo y tienen un sabor ácido. Por su parte, *S. purpurea* presenta una cantidad considerablemente grande de variedades siendo los más importantes el “jocote de corona”, el “jocote tronador” y el “jocote de pascua”. Los frutos de *S. purpurea* son considerados de mucha mayor calidad que los de *S. mombin* debido al sabor de sus frutos (Stanley & Steyermark, 1949).

#### 3.1. *Spondias mombin*

##### Descripción botánica

Es un árbol que puede alcanzar y superar 20 m de alto, el tronco a menudo de 60 cm o más de diámetro, con corteza de color marrón grisáceo pálido, moderadamente liso o con grietas verticales, la corona es estrecha o amplia y extendida; hojas en 5 a 9 pares, pecioladas, oblongas u ovalo-oblongas, muy oblicuas en la base, sin presencia de pelos o escasamente pilosas, especialmente en los nervios; flores fragantes, blancas en panículas, es decir, inflorescencia racimosa compuesta de varios racimos, llamativas y grandes; pétalos de 3 mm de largo. Fruta ovalada, amarilla, comúnmente de 3 a 4 cm de largo. El árbol es llamativo en floración debido a las panículas muy numerosas y grandes de flores blancas pequeñas. Se trata de un frutal nativo poco conocido y estudiado. La madera es muy blanda y liviana, con grana recta y textura media, de color blanco a amarillo pálido (Morataya, 2004; Barahona, 2018).

##### Hábitat y distribución

Se distribuye desde el sur de México, Belice hasta El Salvador y Panamá; América Insular; Sudamérica tropical y trópicos del Viejo Mundo donde muy probablemente ha sido introducida (Stanley & Steyermark, 1949).

Árbol propio del Bosque húmedo o muy húmedo, a menudo a lo largo de las costas, en elevaciones que van desde 0 hasta 600 msnm, raramente en elevaciones mayores; en Guatemala se encuentra en departamentos como Petén, Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Huehuetenango, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos (Morataya, 2004).

### **3.2. *Spondias purpurea***

#### **Descripción botánica**

Es un arbusto grande o un árbol alto, a veces de 12 a 15 m de alto, con las ramificaciones gruesas. La corteza lisa, grisácea o blanquecina; hojas en pares de 5 a 12 con extremo redondeado o agudo a veces cortas, ligeramente acuminadas en el ápice, de 2 a 5 cm de largo. Las panículas son pequeñas y se abren espontáneamente al llegar la madurez; frutos en colores que van del rojo brillante a rojo-púrpura semejante a la ciruela, de 3.5 cm de largo o más grandes; pétalos de 3 mm de largo. El árbol varía mucho de tamaño, en las montañas, en lugares tales como la región de Antigua Guatemala muchos árboles son muy grandes, con los troncos altos y gruesos. En las tierras bajas la mayoría de los árboles son bajos, los troncos cortos del fuste se ramifican muy cerca de la tierra (Morataya, 2004).

En Guatemala es conocido como jocote y la fruta puede ser obtenida en casi cualquier estación del año, pueden producirse para el consumo local o para exportación. Las frutas se consumen generalmente maduras y sin procesar, llegando los niños incluso a comer las frutas ácidas, en estado verde (Morataya, 2004).

#### **Hábitat y distribución**

Es abundante en todas las regiones más bajas de Guatemala, en matorrales o en bosques abiertos, a menudo en crecimiento secundario, común en cercos, pastos, y en muchas otras situaciones, ascendiendo desde el nivel del mar hasta alrededor de los 1,700 msnm. En Guatemala se encuentra en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Sacatepéquez, Quiché, Huehuetenango, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos (Stanley & Steyermark, 1949).

### **3.3. Flavonoides**

Los flavonoides representan uno de los grupos más estudiados y diversos de polifenoles naturales, debido a que se presentan en un gran número de tejidos del reino vegetal (Tarahovsky, Kim, Yagolnik, & Muzafarov, 2014). Los flavonoides constituyen los componentes nutracéuticos más activos en las plantas. Corresponden a un grupo de moléculas orgánicas distribuidas en las plantas vasculares. Como compuestos fenólicos típicos, pueden actuar como potentes antioxidantes y quelantes metálicos (Pérez et al., 2012).

Además de las actividades antioxidante y prooxidante que presentan los flavonoides, también se considera que estos pueden presentar inhibición de oxidasas, tales como lipoxigenasa (LO) y la ciclooxigenasa (CO), entre otras (Pérez, 2003).

Otro mecanismo mediante el cual este tipo de moléculas pueden sustentar muchas de sus actividades biológicas puede ser la formación de complejos metálicos como la protección de ADN, interacción con el ADN de células tumorales (Dolatbadi, 2011) y regulación del nivel de metales en la sangre (Tarahovsky et al., 2014).

Numerosos estudios *in vitro* indican que los flavonoides encontrados en plantas pueden participar efectivamente en procesos que pueden tener efectos anticarcinogénicos y antiaterogénicos (Pérez et al., 2012).

Se ha reportado en un estudio fitoquímico en extractos con metanol y hexano de *Spondias mombin*, la presencia de alcaloides, saponinas, lípidos, taninos, flavonoides y terpenos en diferentes proporciones (Okwuosa et al., 2012).

Engels et al. (2012) encontraron que ácidos fenólicos y flavonoides O-glicósidos pueden ser extraídos de la cáscara de jocotes (*Spondias purpurea* L.) cosechados en Costa Rica. Lograron separar 21 compuestos fenólicos por medio de cromatografía líquida de ultra alta resolución con detector de arreglo de diodos y espectrometría de masas con ionización por electrospray (UHPLC-DAD-ESI-MS) en un tiempo menor a 20 minutos, de los cuales destacan algunos flavonoides O-glicósidos como: quercetina, kaempferol, kaempferide y ramnetina.

### **3.4. Análisis de compuestos volátiles**

Ceva, Bizzo, Alves y Antunes (2003) clasificaron compuestos orgánicos volátiles presentes en *Spondias mombin* de diferentes regiones geográficas de Brasil. Aislaron 30 compuestos similares en todas las muestras utilizando extracción y destilación simultáneas (SDE) y 32 compuestos mediante micro extracción en fase sólida (SPME) como técnicas de extracción. Entre los compuestos con mayor abundancia se encuentran: mirceno (38.0%), (*E*)-cariofileno (18.7%), (*Z*)-cariofileno (13.2%), butirato de etilo (10.0%) y *p*-cimeno (6.2%) variando algunos porcentajes de una técnica a otra.

En otro estudio fueron identificados 21 compuestos volátiles por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) de extractos de *Spondias citerea*. Entre los compuestos mayoritarios destacan: cariofileno, d-limoneno,  $\alpha$ -pineno, cis- $\beta$ -ocimeno, butirato de etilo y hexanoato de etilo (Franco & Shibamoto, 2000).

### **3.5. Ensayos microbiológicos**

Zamora (1996) evaluó la actividad antimicrobiana del extracto de la corteza de *S. purpurea*, utilizando la técnica de dilución en agar, demostrando inhibición del crecimiento de *Shigella flexneri* y *Candida albicans*. Adicional a lo mencionado anteriormente, Corthout et al. (1991) aislaron dos elagitaninos, geranina y galoilgeranina de hojas y tallos de *S. mombin*, que presentaron actividad antiviral fuerte contra los virus *Coxsackie* y *Herpes simplex*. El mismo grupo aisló

posteriormente de tallos y hojas de la misma especie, dos ésteres cafeílicos (ácido 2-O-cafeil-(+)-alohidroxicítrico y el éster butílico del ácido clorogénico, los cuales mostraron actividad contra los virus *Coxsackie* y *Herpes simplex* (Corthout et al., 1992).

Se ha determinado en otra investigación la actividad antimicrobiana *in vitro* en extractos de dos especies: *S. mombin* y *S. tuberosa*. De acuerdo con los resultados, los extractos de *S. mombin* fueron positivos para tres bacterias gram negativo y la segunda especie presentó actividad antimicrobiana en 7 bacterias gram negativo distintas (Aráujo et al., 2012).

Parissi et al. (2012) evaluó la actividad leishmanicida de *Spondias mombin* en promastigotes y amastigotes de *Leishmania chagasi*. Los extractos etanólicos obtenidos y aislados fueron probados *in vitro*, demostrando que de las 8 fracciones estudiadas las primeras dos no presentaron ninguna acción frente a los promastigotes pero si una buena actividad en contra de los amastigotes. El mejor resultado obtenido fue un extracto que presentó una concentración inhibitoria media máxima (IC<sub>50</sub>) de 11.26 µg/ml sobre promastigotes y de 0.27 µg/ml con amastigotes.

### **3.6. Actividad antioxidante**

Se ha encontrado que la actividad de los flavonoides puede ser afectada por la naturaleza de los sustituyentes presentes en su estructura al igual que su posición, estableciendo así condiciones generalizadas, para una actividad antioxidante significativa (Martínez, 2014).

Los efectos protectores de los flavonoides en los sistemas biológicos se deben a su capacidad para transferir electrones de radicales libres, la quelación de catalizadores metálicos, la activación de enzimas antioxidantes, la reducción de radicales de alfa-tocoferol y la inhibición de oxidasas. Velioglu et al. (1998), analizaron la actividad antioxidante y fenoles totales en frutas, vegetales y granos. Ellos encontraron correlación estadísticamente significativa entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales (Pérez et al., 2012).

Aráujo et al. (2012) demostraron que los extractos obtenidos de hojas de *Spondias mombin* presentan dentro de su composición quercetina, rutina y ácido elágico. Adicional a esto, dichos extractos fueron evaluados para determinar su actividad antioxidante y antimicrobiana, resultando ambas propiedades satisfactorias en comparación a otras especies vegetales anteriormente estudiadas, ya que se logró cuantificar una actividad de eliminación media del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) de 0.042 a 0.558 mg/mL, mientras que el 2,2'-azino-bis (ácido-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) o ABTS presentó 0.089 a 0.465 mg/mL.

Tiburski, Rosenthal, Deliza, Godoy y Pacheco (2011) determinaron la actividad antioxidante y fenoles totales en pulpa de *Spondias mombin* L, con el fin de demostrar sus propiedades nutricionales. Se obtuvo una actividad antioxidante y un

valor de fenoles totales de 17.5 mmol/g de capacidad antioxidante equivalente de trolox (TEAC) y 260 mg ácido gálico/100 g respectivamente, siendo estos valores altos en comparación a los reportados por otras frutas.

### 3.7. Ensayos farmacológicos

Rivas (1994) durante su investigación evaluó el efecto diurético de la infusión de las hojas de *S. purpurea* a dosis de 750 mg/Kg. Logró demostrar un efecto significativamente mayor al control (agua) pero significativamente menor al fármaco de referencia (furosemida). En otro estudio se evaluó el efecto cicatrizante de corteza y hojas de *S. purpurea* en solución acuosa y ungüento sobre heridas de ratas albinas, pero no se demostró de manera significativa un efecto cicatrizante (Chete, 1992).

Ghate, Hazra, Sarkar y Mandal (2014) cuantificaron la citotoxicidad, es decir la capacidad de cualquier sustancia para causar daño celular, de extractos metanólicos al 70% de *Spondias pinnata*, sobre líneas celulares humanas normales y líneas celulares malignas de pulmón (A549) y pecho (MCF-7). Se logró una citotoxicidad significativa para A549 y MCF-7 con una concentración inhibitoria media máxima (IC<sub>50</sub>) de 147.84 ± 3.74 y 149.34 ± 13.30 µg/mL, respectivamente; mientras que para la línea celular normal de pulmón no se encontró citotoxicidad en comparación a las células malignas dando un resultado de: IC<sub>50</sub> 932.38 ± 84.44 µg/mL.

En otra investigación se estimó la actividad antiviral sobre dos tipos de dengue y la citotoxicidad de los principales componentes fenólicos de dos especies de *Spondias*: *S. mombin* y *S. tuberosa*. Se demostró que los extractos no eran tóxicos a nivel celular y específicamente la rutina y quercetina presentaban una actividad antiviral relevante con IC<sub>50</sub> de 362.68 µg/mL y 500 µg/mL (Silva et al., 2011).

Okwuosa et al. (2012) evaluaron la actividad antifúngica de extractos con n-hexano y extractos metanólicos de hojas y corteza de *S. mombin*, frente a *Candida albicans* y *Aspergillus niger*. Con ningún extracto se demostró de manera significativa actividad antifúngica frente a *A. niger*, pero dichos extractos presentaron efectos inhibitorios sobre el hongo patógeno *C. albicans*, obteniendo diámetros de inhibición de 11.00 ± 0.47 mm y 15.00 ± 0.47 mm, siendo comparables con la droga control (Ketoconazole) que produce efectos inhibitorios con un diámetro de inhibición de 20.06 ± 0.40 mm.

## IV. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país que posee una extensa variedad de especies vegetales y en la mayor parte de los casos con un potencial agroindustrial desconocido, ya que dichas especies no se aprovechan, debido a la falta de información y respaldo científico de su valor nutritivo o contenido en metabolitos secundarios que pueden presentar beneficios para la salud humana. Una de las frutas más conocida y consumida, pero poco estudiada, es el jocote, nombre común en Guatemala del fruto de las especies *Spondias purpurea* y *Spondias mombin*. A la fecha, no se ha realizado en Guatemala una investigación fitoquímica completa sobre el fruto y las hojas de las especies de jocote.

La falta de información fitoquímica de los productos naturales de Guatemala es una desventaja, que impide generar valor agregado a productos agrícolas nacionales, que pueden ser de beneficio económico para los agricultores y para la salud de la población en general.

El jocote es una fruta que, según diferentes estudios internacionales, presenta un alto contenido vitamínico, además de actividad biológica contra ciertos organismos. En Guatemala el jocote se cultiva, comercializa y consume, sin ningún procesamiento, siendo poco aprovechado el potencial económico que esta fruta posee. Al contarse con información más detallada de su composición, existe la posibilidad de la elaboración de diferentes productos alimenticios con base en esta abundante fruta.

Un tipo de metabolitos que en la actualidad se investigan en especies vegetales, por sus propiedades beneficiosas para la salud, son los flavonoides. En el caso de las dos especies de jocote que se cultiva en Guatemala, se desconoce el contenido de estos metabolitos que podrían ser aprovechados para el procesamiento de la pulpa del jocote y la generación de productos de mayor valor agregado.

Por último este estudio busca contribuir en la generación de información de importancia para conocer un poco mejor la composición química de los frutos de jocote que pueden ser cosechados y consumidos en cada uno de los departamentos de Guatemala y de esta manera al conocer el contenido de metabolitos secundarios de importancia como los flavonoides y propiedades benéficas como la actividad antioxidante, sea posible brindar respaldo científico para la elaboración de productos a base de pulpa y cáscara de jocote con valor agregado e incrementar el potencial económico de dicha fruta poco aprovechada hasta el momento.

## V. OBJETIVOS

### General:

- Caracterizar metabolitos secundarios de frutos de variedades de jocote (*Spondias purpurea* y *Spondias mombin*) de Guatemala, para la propuesta de productos con potencial nutracéutico.

### Específicos:

- Identificar los principales flavonoides presentes en frutos de jocote de dos variedades, por cromatografía líquida de alta resolución.
- Determinar la actividad antioxidante de fracciones de extractos etanólicos de variedades de *Spondias spp.* de Guatemala.
- Determinar fenoles totales de fracciones de extractos orgánicos de variedades de *Spondias spp.* de Guatemala.

## VI. HIPÓTESIS

Los extractos metanólicos de las diferentes variedades de jocote contienen flavonoides y presentan actividad antioxidante, siendo aptos para el desarrollo de nuevos productos con potencial nutracéutico.

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Universo de trabajo:

Especies del género *Spondias spp* de Guatemala.

### 7.2. Muestra:

Frutos de variedades de jocote, *Spondias purpurea* y *Spondias mombin* de Guatemala

### 7.3. Materiales:

#### 7.3.1 Equipo:

- Balanza analítica, de 100 a 0.01 g. Marca PCE AB-100.
- Centrifugadora
- Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC), Shimadzu Modelo RF-10AXL y Serie No: C2095 44 50857 US.
- Espectrofotómetro UV-Visible, Agilent 8453.
- Evaporador Rotativo
- Evaporador "Speed Vac"
- Plancha de calentamiento Corning con agitación magnética
- Refrigeradora

#### 7.3.2 Materiales:

- Filtros de membrana Millex-LG de 0.2µm (Millipore)
- Pipeta automática de 100 a 1000µL
- Tubos para centrifuga
- Viales de 4 mL
- Viales de 1.5 mL
- Cajas de Petri

#### 7.3.3 Cristalería:

- 1 ampolla de decantación de 500 mL
- 10 balones de 50, 100 y 250 mL
- 10 vasos de precipitados de 100, 250 y 500 mL
- 2 probeta de 100 mL
- 1 mortero con pistilo.

#### 6.3.4 Reactivos:

- Acetato de etilo, grado reactivo, Merck (2.5 L).
- Acetonitrilo HPLC, Merck (4 L).
- Ácido clorhídrico concentrado, Merck (1 L).
- Ácido gálico, grado analítico, Sigma Aldrich (200 mL).
- Ácido Fórmico, grado reactivo, Merck (1 L).
- Bicarbonato de sodio, grado reactivo, Merck (0.5 g).
- 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), grado reactivo, Sigma Aldrich (0.5 g).
- Arena, grado reactivo, Merck (150 g)
- Etanol, grado reactivo, Merck (1 L).
- Folin-Ciocalteu, grado reactivo, Merck (100 mL).
- Metanol, grado reactivo, Merck (5 L).
- Ácido 2,5-dihidroxibenzoico, grado analítico, Sigma Aldrich
- Ácido caféico, grado analítico, Sigma Aldrich
- Ácido *p*-cumárico, grado analítico, Sigma Aldrich
- Rutina, grado analítico, Sigma Aldrich
- Ácido elágico, grado analítico, Sigma Aldrich
- Kaempferol-3-O-rutinósido, grado analítico, Sigma Aldrich
- Quercetina, grado analítico, Sigma Aldrich
- Kaempferol, grado analítico, Sigma Aldrich
- Taxifolina, grado analítico, Sigma Aldrich
- 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona, grado analítico, Sigma Aldrich

#### 7.4. Métodos:

##### 7.4.1. Muestreo:

Se realizaron muestreos en cultivos de jocote y poblaciones silvestres en los departamentos de: Guatemala, El Progreso, Sololá, Retalhuleu, Quiché, Petén, San Marcos, Chiquimula y Jutiapa, que son los nueve departamentos que presentan producción superior a los 1,000 quintales anuales, según el censo agropecuario de Guatemala realizado en 2003 (INE & MAGA, 2005).

Se muestrearon dos kg de frutos de jocote en un máximo de tres localidades en cada departamento.

##### 7.4.2. Extracción metanólica para análisis de actividad antioxidante y fenoles totales:

Se pesaron 5 g de pulpa de jocote seca y 5 g de arena grado reactivo. En un mortero se pulverizó el material vegetal utilizando arena para mejorar la extracción y se colocó la pulpa macerada en un tubo Falcon de 50 mL. Se agregó 30 mL de metanol, se agitó vigorosamente y se dejó

reposar por 24 h. Luego se centrifugó y el solvente se trasvasó a una caja Petri, donde se dejó evaporar todo el mismo, hasta obtener el extracto puro. Se colectó y almacenó en un vial para su posterior análisis. La extracción se realizó una vez para cada variedad de jocote.

#### 7.4.3. Extracción de flavonoides para análisis por HPLC:

Se pesaron 10.0 g de pulpa, se colocaron en un vaso de precipitado de 500 mL, se agregó 100 mL de agua hirviendo, fue agitado vigorosamente con un agitador de vidrio y se dejó reposar. Al disminuir la temperatura de las muestras a temperatura ambiente, se centrifugaron las muestras, se separó la fase acuosa y descartó el material remanente. Se extrajo inmediatamente cada extracto acuoso con 100 mL de acetato de etilo en ampollas de decantación de 500 mL, por triplicado, juntando las tres fracciones para luego concentrarlas en el evaporador rotatorio, hasta casi sequedad. Se trasvasó a viales de 1.5 mL con volúmenes de lavado de 1.0 mL de acetato de etilo para recuperar el total del material (Un solo lavado).

Luego fue evaporado el acetato de etilo por completo en cada vial utilizando el evaporador "Speed Vac", obteniendo el peso del sólido para cálculo de rendimiento de extracción. Se etiquetaron las muestras y almacenaron en refrigeración para su posterior análisis por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

#### 7.4.4. Análisis de flavonoides por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC):

Antes de realizar el análisis las muestras se filtran a través de filtros de membrana Millex-LG de 0.2  $\mu\text{m}$  (Millipore). La separación de metabolitos se realizó en un sistema de HPLC equipado con control de temperatura de la columna, con software de manejo de información, detector de arreglo de diodos (DAD), con rango de 200 a 600 nm y una columna, C18 UG120 (2.1x100mm x 2.7 $\mu\text{m}$ ).

Longitud de onda: 230, 254, 260, 285, 310 nm.

Flujo: 0.3 mL/min

Muestra Inyectada: 1  $\mu\text{L}$

Fase Móvil:

A: Agua/Ácido Fórmico (0.1%)

B: Acetonitrilo

La separación de flavonoides se llevó a cabo siguiendo las condiciones cromatográficas presentadas en el cuadro 1.

Cuadro 1: Condiciones cromatográficas para identificación de flavonoides.

<b>t (min)</b>	<b>A (%)</b>	<b>B (%)</b>
0	98	2
3	87	5
8	87	13
11	80	20
15	80	20
18	55	45
24	20	80
25	0	100
28	0	100
29	98	2
35	98	2

Fuente: (Magiera & Zareba, 2015).

Los flavonoides fueron identificados por medio de sus tiempos de retención y espectros de absorción UV comparados con los estándares de flavonoides y compuestos fenólicos inyectados con las mismas condiciones cromatográficas en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC).

#### 7.4.5. Actividad Antioxidante:

Se pesó 0.1 g de extracto seco y se agregaron 5 mL de metanol absoluto luego fue introducido en el sonicador por 30 min, para obtener la solución madre. De esta solución madre se preparó una serie de diluciones de acuerdo con el cuadro 2.

Cuadro 2: Diluciones de los extractos de jocote para la cuantificación de actividad antioxidante.

<b>No. Tubo</b>	<b>Extracto</b>	<b>Metanol</b>	<b>Dilución</b>
1	200 µL	800 µL	0.2
2	400 µL	600 µL	0.4
3	600 µL	400 µL	0.6
4	800 µL	200 µL	0.8
5	1000 µL	0	1.0

Fuente: Elaboración propia.

Se preparó una solución de 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH) 500 µM en metanol y un buffer de acetato a un pH de 5.5.

Se prepararon una serie de tubos que contiene los reactivos según se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3: Preparación de blanco, control y muestras para la cuantificación de actividad antioxidante.

Reactivo	Blanco Control	Control	Blanco de ensayo	Ensayo
Buffer de acetatos	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL
Metanol	6 mL	4.5 mL	5.7 mL	4.2 mL
Solución de DPPH	-----	1.5 mL	-----	1.5 mL
Dilución de cada muestra	-----	-----	0.3 mL	0.3 mL

Fuente: Elaboración propia.

Los tubos se incubaron a temperatura ambiente protegidos de la luz durante 30 minutos. Luego se leyó a una longitud de onda de 517 nm. Se realizaron dos réplicas de cada variedad de jocote.

Para calcular el porcentaje de inhibición de la concentración se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia del control} - \text{absorbancia de la dilución}}{\text{Absorbancia del control}} * 100$$

Luego se graficó la concentración del extracto (eje X) vrs porcentaje de absorbancia (eje Y). Se determinó la ecuación de la recta y el R<sup>2</sup> el cual se debe encontrar entre 0.97 a 0.99.

La actividad antioxidante se expresó en términos de la concentración de inhibición al 50% (IC<sub>50</sub>), que es la concentración del extracto requerida para dar un 50% de disminución de absorbancia de DPPH. Para ello se empleó la ecuación de la recta, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$IC_{50} = \frac{(50 - \text{Intercepto})}{\text{Pendiente}}$$

#### 7.4.6. Determinación de Fenoles totales:

Esta prueba se realizó para correlacionar el valor de fenoles totales, con la presencia de flavonoides identificados por HPLC y con la actividad antioxidante.

Se mezclaron 500 µL del extracto con 3.75 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (previamente diluido 1:10 con agua destilada) y se permitió el desarrollo de la reacción a 22°C por 5 min. Luego se añadió 3.75 mL de solución acuosa de bicarbonato de sodio (60 mg/L). Se midió la absorbancia a 725 nm, después de transcurridos 90 min. Los resultados

se expresaron como equivalentes de ácido gálico, el cual es usado como estándar. Se realizaron tres réplicas de cada variedad de jocote.

#### 7.4.7. Evaluación de resultados:

La actividad antioxidante se realizó por duplicado por lo que se incluyeron los datos individuales. El análisis de contenido de fenoles totales se realizó por triplicado por lo que se calculó la media de las repeticiones y su desviación estándar. En el caso de haber dos valores muy discordantes se repetirá el análisis por duplicado y se calculará el resultado sobre los tres datos.

La identificación de los polifenoles se realizó mediante la comparación de los tiempos de retención de los flavonoides detectados con los de estándares inyectados en el cromatógrafo líquido en las condiciones de operación analítica.

La actividad antioxidante se comparó con resultados obtenidos en estudios realizados en otros países, además de compararse con los resultados generados con antioxidantes artificiales de amplio uso como el butilhidroxitolueno (BHT) y el butilhidroxianisol (BHA).

Los resultados de la cuantificación de fenoles y taninos al igual que la actividad antioxidante se presentan en gráficas de barras y en tablas para realizar la discusión y comparación entre las especies estudiadas y evaluar su aprovechamiento en el desarrollo de productos con potencial nutracéutico, de acuerdo con la información provista por la literatura en relación con las aplicaciones de los flavonoides y otros metabolitos específicos.

## VIII. AVAL DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

En cumplimiento al INSTRUCTIVO PARA EVALUACIÓN TERMINAL DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA EN SU MODALIDAD DE “PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”.

Se extiende el siguiente aval a PEDRO PABLO MOLINA JAUREGUI, para la publicación de los resultados obtenidos en la investigación denominada “IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES FLAVONOIDES Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES ESPECIES DE JOCOTE (*Spondias spp.*) DE GUATEMALA PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS CON POTENCIAL NUTRACÉUTICO”, los cuales constituyen resultados parciales del proyecto de Investigación Macro denominado “CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DE DIFERENTES ESPECIES DE JOCOTE (*Spondias spp.*) DE GUATEMALA PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS CON POTENCIAL NUTRACÉUTICO”, que forma parte del proyecto FINDECYT/FODECYT 048-2017.



---

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino

Investigador Principal

## IX. RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestra la información de la localización geográfica y fechas de muestreo de un total de 24 muestras de frutos de jocote que fueron colectados entre el 2015 y 2019 para el desarrollo de la investigación. De estas muestras, 22 corresponden a nueve variedades de la especie *Spondias purpurea* (jobo, piña, colorado, tronador, dulce, corona, amarillo, de verano y Rax Ux), colectados en los departamentos de Guatemala, Chiquimula, El Progreso, Quiché, San Marcos, Sololá, Retalhuleu, y Jutiapa y dos variedades de la especie *Spondias mombin* (jobo y quinín), colectados en el departamento de Petén.

Tabla 1

*Datos de campo de colectas de frutos de Spondias spp. en diferentes localidades de la República de Guatemala.*

Especie	Variedad	Localidad de colecta	Coordenadas geográficas/Altitud	Fecha de colecta
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote jobo	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	N 14° 29' 01.32" O 90° 38' 29.00" 1,265 msnm	27/10/2015
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de piña	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	N 14° 29' 01.35" O 90° 38' 29.03" 1,265 msnm	27/10/2015
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote colorado	Barrio El Jocotal, San Jacinto, Chiquimula	N 14° 40' 11.93" O 89° 32' 21.25" 915 msnm	22/04/2016
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote tronador	Aldea Jutiapilla, Sanarate, El Progreso	N 14° 47' 42.17" O 90° 11' 33.93" 832 msnm	20/05/2016
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote dulce	Mercado de Pachalum, Quiché	N 14° 55' 33.38" O 90° 39' 50.11" 1,240 msnm	06/06/2016
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	San Marcos	--	07/10/2016
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote amarillo	San Marcos	--	07/10/2016
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	Mercado de Panajachel, Sololá	N 14° 44' 37.13" O 91° 09' 16.25" 1,589 msnm	09/11/2016
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote colorado	Provenientes de Honduras	--	15/03/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu	N 14° 12' 29.11" O 91° 40' 34.25" 14 msnm	05/04/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de verano	Mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa	N 14° 06' 45.97" O 89° 54' 53.64" 1,254 msnm	05/05/2017

Tabla 1 (Continuación)

<b>Especie</b>	<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Coordenadas geográficas/Altitud</b>	<b>Fecha de colecta</b>
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote tronador	Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa	N 14° 08' 16.70" O 89° 56' 22.00" 1,294 msnm	03/10/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	Mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada	N 14° 17' 36.12" O 89° 53' 50.79" 905 msnm	03/10/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	N 14° 38' 24.18" O 91° 13' 45.97" 1,599 msnm	11/10/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	N 14° 38' 24.18" O 91° 13' 45.97" 1,599 msnm	11/10/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	N 14° 38' 24.18" O 91° 13' 45.97" 1,599 msnm	09/11/2017
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	N 14° 38' 24.18" O 91° 13' 45.97" 1,599 msnm	11/04/2018
<i>Spondias mombin</i> L.	Jocote quinín	San Francisco, Petén	N 16° 49' 16.90" O 89° 55' 17.30" 211 msnm	05/09/2018
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa	N 14° 20' 06.67" O 90° 04' 10.22" 1,310 msnm	19/09/2018
<i>Spondias mombin</i> L.	Jocote Jobo	San Francisco, Petén	N 16° 51' 15.60" O 89° 55' 24.10" 189 msnm	25/10/2018
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	San Pedro la Laguna, Sololá	N 14° 41' O 91° 16' 1,610 msnm	20/10/2019
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote Rax Ux	San Pedro la Laguna, Sololá	N 14° 41' O 91° 16' 1,610 msnm	20/10/2019
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	San Marcos	--	22/10/2019
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote de corona	San Juan Sacatepéquez	N 14° 43' 8" O 90° 38' 39.01" 1,845 msnm	18/11/2019

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

En la Tabla 2 se presenta la información sobre el porcentaje de extracción promedio utilizando la técnica de maceración con metanol como solvente extractor de diferentes variedades de *Spondias purpurea* y *Spondias mombin* colectados en distintos sitios de la república de Guatemala. La muestra de la variedad colorado proveniente de Amatitlán, Guatemala, colectada en octubre de 2015 presentó el porcentaje de rendimiento más alto (40.75%), mientras que la muestra de la variedad Rax Ux recolectada en Atilán, Sololá en octubre de 2017 presentó el porcentaje de rendimiento más bajo de todas las muestras utilizadas (6.28%). A pesar de que los rendimientos de extracción de las muestras son considerablemente variables se determinó el valor promedio tomando en cuenta las 20 muestras analizadas dando un rendimiento de extracción promedio de 26.71%.

Tabla 2

*Rendimiento promedio de extracción (utilizando maceración con arena y metanol como solvente extractor) de la fruta de estudio.*

<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Fecha de colecta</b>	<b>Rendimiento de extracción (%)</b>
Jocote jobo	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	27/10/2015	19.26
Jocote de piña	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	27/10/2015	9.50
Jocote colorado	Barrio El Jocotal, San Jacinto, Chiquimula	22/04/2016	40.75
Jocote tronador	Aldea Jutiapilla, Sanarate, El Progreso	20/05/2016	39.66
Jocote dulce	Mercado de Pachalum, Quiché	06/06/2016	25.92
Jocote de corona	San Marcos	07/10/2016	19.72
Jocote amarillo	San Marcos	07/10/2016	36.49
Jocote de corona	Mercado de Panajachel, Sololá	09/11/2016	18.54
Jocote colorado	Provenientes de Honduras	15/03/2017	36.86
Jocote de corona	Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu	05/04/2017	39.45
Jocote de verano	Mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa	05/05/2017	35.08
Jocote tronador	Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa	03/10/2017	26.47
Jocote de corona	Mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada	03/10/2017	33.26
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atilán, Sololá	11/10/2017	6.28

Tabla 2 (Continuación)

<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Fecha de colecta</b>	<b>Rendimiento de extracción (%)</b>
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/10/2017	19.06
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	09/11/2017	16.56
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/04/2018	37.04
Jocote quinín	San Francisco, Petén	05/09/2018	35.94
Jocote de corona	Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa	19/09/2018	18.22
Jocote Jobo	San Francisco, Petén	25/10/2018	20.19
<b>Promedio General de Rendimiento de Extracción</b>			<b>26.71</b>

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

En la Tabla 3 se presenta la información de 10 estándares de flavonoides que fueron inyectados en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC). A cada uno de los estándares se le asignó un número del 1 al 10 en orden ascendente al tiempo de retención reportado, adicionalmente se detalla datos relevantes del estándar como: tiempo de retención en minutos, nombre y estructura química. Los tiempos de retención se encontraron en un rango entre 9.844 y 23.888 minutos. Es importante mencionar que la menor separación se observó entre el ácido *p*-cumárico y la rutina (0.313 min), siendo esta diferencia suficiente para separar dichos compuestos que además pueden diferenciarse por su espectro de absorción UV/Vis.

Tabla 3

*Estándares de flavonoides y los tiempos de retención obtenidos por HPLC.*

No.	Tiempo de retención tR (minutos)	Nombre del flavonoide	Estructura
1	9.844	Ácido 2,5-dihidroxibenzoico	
2	11.306	Ácido Caféico	
3	13.461	Ácido p-cumárico	
4	13.774	Rutina	
5	14.234	Ácido elágico	
6	15.064	Taxifolina	
7	15.374	Kaempferol-3-O-rutinósido	
8	19.556	Quercetina	
9	20.434	Kaempferol	
10	23.888	3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona	

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

En la Tabla 4 se presentan los flavonoides identificados para cada uno de los extractos obtenidos de pulpas de frutos de *Spondias* spp. inyectados en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) de diferentes localidades del interior de Guatemala. Entre todas las muestras se puede destacar principalmente a la colectada en Comapa, Jutiapa en octubre de 2017 de la variedad tronador, ya que fue la muestra que presentó la mayor cantidad de flavonoides presentes siendo posible identificar los diez compuestos analizados. Por otra parte, la muestra de la variedad corona obtenida en Panajachel, Sololá en noviembre de 2016 fue la que presentó la menor cantidad de flavonoides al ser identificados únicamente cuatro de los diez flavonoides analizados. Después del estudio cromatográfico en todas las muestras se puede mencionar que los flavonoides que se encontraron con mayor frecuencia fueron el ácido *p*-cumárico, la rutina y la quercetina, mientras que el ácido 2,5-dihidroxibenzoico y el kaempferol fueron encontrados con la menor frecuencia.

Tabla 4

*Composición de flavonoides en extractos de pulpa y cáscara de frutos de jocote de diferentes regiones de Guatemala.*

<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Fecha de colecta</b>	<b>Flavonoides presentes</b>
Jocote dulce	Mercado de Pachalum, Quiché	06/06/2016	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, taxifolina, kaempferol-3-O-rutinósido y quercetina.
Jocote amarillo	San Marcos	07/10/2016	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico y taxifolina.
Jocote de corona	Mercado de Panajachel, Sololá	09/11/2016	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote colorado	Provenientes de Honduras	15/03/2017	rutina, ácido elágico, quercetina, kaempferol y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote de corona	Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu	05/04/2017	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote de verano	Mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa	05/05/2017	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.

Tabla 4 (Continuación)

Variedad	Localidad de colecta	Fecha de colecta	Flavonoides presentes
Jocote tronador	Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa	03/10/2017	ácido 2,5-dihidroxibenzoico, ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, taxifolina, kaempferol-3-O-rutinósido, quercetina, kaempferol y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote de corona	Mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada	03/10/2017	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, kaempferol-3-O-rutinósido, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atilán, Sololá	11/10/2017	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, kaempferol-3-O-rutinósido y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atilán, Sololá	11/10/2017	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, taxifolina, kaempferol-3-O-rutinósido, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atilán, Sololá	09/11/2017	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, taxifolina, kaempferol-3-O-rutinósido, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atilán, Sololá	11/04/2018	ácido 2,5-dihidroxibenzoico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, quercetina, kaempferol y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote quinín	San Francisco, Petén	05/09/2018	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, taxifolina, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.

Tabla 4 (Continuación)

Variedad	Localidad de colecta	Fecha de colecta	Flavonoides presentes
Jocote de corona	Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa	19/09/2018	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, kaempferol-3-O-rutinósido, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.
Jocote Jobo	San Francisco, Petén	25/10/2018	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, kaempferol-3-O-rutinósido, quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona.

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de comparar el número de flavonoides presentes en la cáscara y en la pulpa de manera independiente de frutos de dos variedades de la especie *Spondias purpurea* colectados en diferentes puntos de Guatemala. Todas las muestras poseen un comportamiento marcado al presentar un contenido de flavonoides mayor en extractos de cáscara en comparación a los obtenidos en los extractos de pulpa de la misma muestra. La variedad corona que fue colectada en San Pedro la Laguna, Sololá en octubre de 2019, fue la muestra que presentó la mayor cantidad de flavonoides en cáscara siendo identificados siete de los diez flavonoides analizados. Por otra parte, el ácido elágico fue el flavonoide que se encontró con mayor frecuencia, ya que se identificó en cada una de las muestras tanto en cáscara como en pulpa, mientras que el ácido 2,5-dihidroxibenzoico fue el compuesto menos frecuente al encontrarse en una sola muestra.

Tabla 5

*Composición de flavonoides en extractos de pulpa y extractos de cáscara de frutos de jocote de diferentes regiones de Guatemala.*

<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Fecha de colecta</b>	<b>Parte vegetal</b>	<b>Flavonoides presentes</b>
Jocote de corona	San Pedro la Laguna, Sololá	20/10/2019	Pulpa	ácido elágico, kaempferol-3-O-rutinósido y quercetina
Jocote de corona	San Pedro la Laguna, Sololá	20/10/2019	Cáscara	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, taxifolina, kaempferol-3-O-rutinósido y quercetina
Jocote Rax Ux	San Pedro la Laguna, Sololá	20/10/2019	Pulpa	ácido elágico y kaempferol-3-O-rutinósido
Jocote Rax Ux	San Pedro la Laguna, Sololá	20/10/2019	Cáscara	ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, kaempferol-3-O-rutinósido y quercetina
Jocote de corona	San Marcos	22/10/2019	Pulpa	ácido elágico y kaempferol-3-O-rutinósido
Jocote de corona	San Marcos	22/10/2019	Cáscara	ácido caféico, ácido <i>p</i> -cumárico, rutina, ácido elágico, taxifolina y quercetina
Jocote de corona	San Juan Sacatepéquez	18/11/2019	Pulpa	ácido 2,5-dihidroxibenzoico, ácido elágico y kaempferol-3-O-rutinósido
Jocote de corona	San Juan Sacatepéquez	18/11/2019	Cáscara	ácido 2,5-dihidroxibenzoico, ácido caféico, ácido elágico y kaempferol-3-O-rutinósido

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la actividad antioxidante promedio de los extractos metanólicos de mezcla de cáscara y pulpa de frutos de *Spondias* spp. de Guatemala expresados como actividad inhibitoria del 50% (IC<sub>50</sub>) del radical DPPH. Todas las muestras se encuentran en un rango de 2.76 mg/mL a 37.34 mg/mL, destacando la muestra de la variedad tronador proveniente de El Progreso colectada en mayo de 2016, la cual presentó la actividad antioxidante más elevada. De las 20 muestras analizadas ocho se pueden clasificar como actividad antioxidante alta, nueve se consideran que poseen actividad antioxidante intermedia y tres muestras actividad antioxidante baja. La muestra de la variedad corona colectada en Panajachel, Sololá en noviembre de 2016 fue el extracto que presentó el valor más alto de IC<sub>50</sub>, es decir, la muestra que posee la actividad antioxidante más baja.

Tabla 6

*Actividad inhibitoria del 50% del radical DPPH (IC<sub>50</sub>) de extractos metanólicos de pulpa y cáscara de los frutos de jocote de diferentes regiones de Guatemala.*

Variedad	Localidad de colecta	Fecha de colecta	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	
			1	2
Jocote jobo	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	27/10/2015	31.19	29.61
Jocote de piña	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	27/10/2015	14.42	14.49
Jocote colorado	Barrio El Jocotal, San Jacinto, Chiquimula	22/04/2016	10.75	11.37
Jocote tronador	Aldea Jutiapilla, Sanarate, El Progreso	20/05/2016	2.76	2.84
Jocote dulce	Mercado de Pachalum, Quiché	06/06/2016	14.64	14.10
Jocote de corona	San Marcos	07/10/2016	24.96	24.58
Jocote amarillo	San Marcos	07/10/2016	15.48	16.19
Jocote de corona	Mercado de Panajachel, Sololá	09/11/2016	37.34	36.04
Jocote colorado	Provenientes de Honduras	15/03/2017	16.16	16.14
Jocote de corona	Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu	05/04/2017	13.15	13.99
Jocote de verano	Mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa	05/05/2017	10.01	10.00
Jocote tronador	Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa	03/10/2017	7.79	8.13
Jocote de corona	Mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada	03/10/2017	16.63	16.60
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/10/2017	9.35	9.31

Tabla 6 (Continuación)

<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Fecha de colecta</b>	<b>IC<sub>50</sub> (mg/mL)</b>	
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/10/2017	28.38	28.44
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	09/11/2017	8.92	9.03
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/04/2018	6.14	6.23
Jocote quinín	San Francisco, Petén	05/09/2018	6.82	6.70
Jocote de corona	Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa	19/09/2018	14.63	14.68
Jocote Jobo	San Francisco, Petén	25/10/2018	6.65	6.60

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

En la Tabla 7 se presentan los valores promedios obtenidos del contenido de fenoles totales de los extractos metanólicos de mezcla de cáscara y pulpa de frutos de *Spondias* spp. de Guatemala expresados como equivalentes de ácido gálico, el cual fue utilizado como estándar. Las muestras de jocote presentaron contenidos de fenoles totales en un rango de 0.080 mg/mL a 0.453 mg/mL, destacando al igual que en la actividad antioxidante, la muestra de la variedad tronador proveniente de El Progreso en mayo de 2016 al tener el contenido de fenoles totales más elevado. De las 20 muestras analizadas trece muestras no superan los 0.200 mg/mL, cuatro poseen valores superiores a los 0.200 mg/mL pero inferiores a los 0.300 mg/mL y tres muestras superan los 0.300 mg/mL de equivalentes de ácido gálico, reflejando el contenido de fenoles totales presentes. La muestra de la variedad corona colectada en Quesada, Jutiapa en octubre de 2017 fue el extracto que presentó el valor más bajo de equivalentes de ácido gálico, es decir, el menor contenido de fenoles totales de todos los extractos metanólicos analizados.

Tabla 7

*Contenido de fenoles totales de extractos metanólicos de pulpa y cáscara de los frutos de jocote de diferentes regiones de Guatemala, expresados en mg/mL de ácido gálico.*

<b>Variedad</b>	<b>Localidad de colecta</b>	<b>Fecha de colecta</b>	<b>Fenoles Totales (mg/mL AG*)</b>
Jocote jobo	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	27/10/2015	0.122 ± 0.020
Jocote de piña	Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán.	27/10/2015	0.167 ± 0.010
Jocote colorado	Barrio El Jocotal, San Jacinto, Chiquimula	22/04/2016	0.162 ± 0.040
Jocote tronador	Aldea Jutiapilla, Sanarate, El Progreso	20/05/2016	0.453 ± 0.030
Jocote dulce	Mercado de Pachalum, Quiché	06/06/2016	0.137 ± 0.000
Jocote de corona	San Marcos	07/10/2016	0.090 ± 0.010
Jocote amarillo	San Marcos	07/10/2016	0.246 ± 0.020
Jocote de corona	Mercado de Panajachel, Sololá	09/11/2016	0.114 ± 0.030
Jocote colorado	Provenientes de Honduras	15/03/2017	0.130 ± 0.010
Jocote de corona	Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu	05/04/2017	0.123 ± 0.020
Jocote de verano	Mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa	05/05/2017	0.152 ± 0.020
Jocote tronador	Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa	03/10/2017	0.214 ± 0.020
Jocote de corona	Mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada	03/10/2017	0.080 ± 0.010
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/10/2017	0.127 ± 0.050
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/10/2017	0.090 ± 0.020
Jocote Rax Ux	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	09/11/2017	0.258 ± 0.030
Jocote de corona	Mercado de Santiago Atitlán, Sololá	11/04/2018	0.379 ± 0.010
Jocote quinín	San Francisco, Petén	05/09/2018	0.341 ± 0.030
Jocote de corona	Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa	19/09/2018	0.146 ± 0.020
Jocote Jobo	San Francisco, Petén	25/10/2018	0.276 ± 0.010

\*AG: Ácido gálico.

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos de actividad antioxidante expresada como actividad inhibitoria del 50% (IC<sub>50</sub>) del radical DPPH y contenido de fenoles totales expresado como equivalentes de ácido gálico, utilizado como estándar, para los dos antioxidantes sintéticos de uso comercial (BHT y BHA) que fueron empleados durante la investigación como sustancias de referencia.

Tabla 8

*Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales experimental de antioxidantes sintéticos: BHT y BHA.*

Nombre del compuesto	Concentración del compuesto (µg/mL)	IC <sub>50</sub> (µg/mL)		Fenoles Totales (µg/mL AG*)
		1	2	
Butilhidroxitolueno (BHT)	210	221.30	220.95	0.228 ± 0.03
Butilhidroxianisol (BHA)	180	100.71	99.86	0.249 ± 0.02

\*AG: Ácido gálico.

Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

## X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 2, se pueden observar los rendimientos de extracción de las pulpas de frutos de jocote por maceración con metanol como solvente extractor, siendo varios considerablemente altos. Algunas diferencias entre variedades pueden deberse a factores ambientales como luz, clima, tipo de suelo y la ubicación donde fue formado el fruto, que pueden llegar a modificar la composición química y por lo tanto influir directamente en el porcentaje de extracción obtenido en cada una de las muestras (Figueiredo et al., 2008). El rendimiento mayor de extracción fue de 40.75% obtenido de la variedad de jocote colorado, proveniente de Chiquimula, seguido de variedades como tronador, amarillo y corona de la especie *Spondias purpurea* con rendimientos superiores a 30%. Otro rendimiento para destacar fue el obtenido por la variedad quinín (*Spondias mombin*), cuyo valor fue de 35.94%, por lo que en ambas especies se obtuvieron resultados de extracción satisfactorios. Cabe mencionar que la variedad de jocote Rax Ux, proveniente de Santiago Atitlán, Sololá presentó rendimientos de extracción anormalmente bajos junto con el jocote de piña, ambos pertenecientes a la especie *S. purpurea*.

La determinación del contenido o presencia de flavonoides y compuestos fenólicos se llevó a cabo por medio cromatografía líquida de alta resolución con un detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD), realizando la identificación por medio de la comparación de los tiempos de retención y los espectros de absorción correspondientes a cada compuesto eluido con los de los estándares de flavonoides

inyectados según el método cromatográfico (Magiera & Zareba, 2015). Se inyectaron nueve estándares de flavonoides y compuestos fenólicos, cuyas estructuras y tiempos de retención se detallan en la Tabla 3. Se analizaron un total de 19 muestras colectadas entre los años 2016 al 2019, representando 8 diferentes variedades de jocotes de la especie *S. purpurea* y 2 variedades diferentes de la especie *S. mombin*.

Es importante mencionar que los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y secuestradoras de radicales libres, dándoles una actividad antioxidante importante (Escamilla, Cuevas y Guevara, 2009); de igual forma los flavonoides desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía, isquémica, la aterosclerosis o el cáncer (Martínez, González, Culebras y Tuñón, 2002), haciendo que la determinación del contenido de flavonoides y compuestos fenólicos sea de alta relevancia y favorezca con un potencial nutracéutico elevado a aquellos frutos que los posean dentro de su composición química. Los resultados correspondientes a cada muestra de jocote analizada se detallan en las Tablas 4 y 5 de los resultados y en las Tablas 9 a la 34 en los anexos. En todas las muestras analizadas existen un mínimo de 4 flavonoides o compuestos fenólicos presentes de los 10 estándares inyectados (Tabla 3), lo que demuestra que dichos compuestos forman parte de la composición química del fruto de las especies *S. purpurea* y *S. mombin*.

La muestra que presentó la mayor cantidad de flavonoides y compuestos fenólicos identificados fue la muestra de la variedad jocote tronador de la especie *S. purpurea* colectada en el departamento de Jutiapa en octubre de 2017, presentando los diez compuestos analizados (Tabla 4). Otras muestras que destacan por la cantidad de compuestos identificados fueron dos muestras de la variedad Rax Ux colectadas en Santiago Atitlán, Sololá en octubre y noviembre de 2017 y dos muestras de la variedad corona colectadas en la aldea La Brea, Jutiapa en septiembre de 2018 y en Sololá en abril de 2018; correspondiendo estas muestras a la especie *S. purpurea*, presentando la muestra de la variedad Rax Ux colectada en noviembre ocho flavonoides, mientras que las demás muestras presentaron siete flavonoides o compuestos fenólicos, siendo para la primera muestra el ácido 2,5-dihidroxibenzoico y el kaempferol los únicos compuestos no encontrados, para la muestra de la variedad Rax Ux colectada en octubre y la primera muestra de la variedad corona, los flavonoides ausentes fueron el ácido 2,5-dihidroxibenzoico, la taxifolina y el kaempferol mientras que para la última muestra los compuestos no encontrados fueron el ácido caféico, la taxifolina y el kaempferol-3-O-rutinósido (Tabla 4).

De las dos variedades analizadas de la especie *S. mombin*, la variedad de jocote jobo colectada en San Francisco, Petén en octubre de 2018, fue la que presentó la mayor cantidad de compuestos identificados encontrando un máximo de 7 flavonoides y compuestos fenólicos (Tabla 4), siendo el ácido 2,5-dihidroxibenzoico y el kaempferol los únicos compuestos ausentes. Por otra parte, la segunda

variedad de dicha especie, es decir, la muestra de jocote quinín colectada en San Francisco, Petén en septiembre de 2018, resultó ser uno de los frutos con menor cantidad de flavonoides y compuestos fenólicos identificados (Tabla 4), confirmando únicamente la presencia de 5 compuestos, destacando principalmente la quercetina y la taxifolina.

Respecto a las muestras que presentaron el menor número de flavonoides, se pueden mencionar muestras de distintas variedades como: jocote de verano, colectado en Jutiapa en mayo de 2017 y dos muestras de jocote corona colectados en Sololá en 2016 y San Juan Sacatepéquez en 2019 de la especie *S. purpurea*; estas muestras presentaron únicamente 4 flavonoides y compuestos fenólicos, teniendo en común las primeras dos muestras al ácido *p*-cumárico y la rutina, destacando también otros compuestos como ácido elágico (primera y tercer muestra), quercetina y 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona (primera y segunda muestra).

También es importante mencionar que, de los flavonoides y compuestos fenólicos analizados, fueron el ácido *p*-cumárico, la rutina y la quercetina los que se encontraron en un mayor número de muestras, estando presentes los dos primeros compuestos en 17 de 19 muestras analizadas y el tercero en 16 de 19 muestras. Estos flavonoides son de gran interés debido a que se ha demostrado que el ácido *p*-cumárico es capaz de inhibir el crecimiento de células de cáncer de colon al inducir la apoptosis a través de la vía ROS-mitocondrial (Jaganathan, Supriyanto, & Mandal, 2013), es considerado un buen agente antioxidante y un buen agente antimicrobiano (Boz, 2015). Así mismo Pragasam, Venkatesan y Rasool (2012), llegaron a la conclusión que el ácido *p*-cumárico es un agente inmunosupresor con potencial en el tratamiento de enfermedades inflamatorias autoinmunes. Por otra parte se ha evidenciado que la rutina revierte de manera eficiente la resistencia a múltiples fármacos y restaura la quimiosensibilidad de las células de cáncer de mama, deteniendo con éxito la progresión del ciclo celular (Iriti et al., 2017) y la quercetina potencialmente puede ser usada como agente antiviral contra el virus del herpes tipo 1 (Ordaz et al., 2018), destacando ambos flavonoides (rutina y quercetina) por su estructura y propiedades una actividad antioxidante elevada (Martínez et al., 2002; Pérez & Martínez, 2001). Otros dos flavonoides considerablemente presentes en la mayor parte de las muestras fueron el ácido elágico y la 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona, siendo parte de la composición química de 15 y 13 muestras respectivamente.

Por otra parte, los compuestos analizados que se encontraron en menos muestras fueron el ácido 2,5-dihidroxibenzoico y el kaempferol. Estos compuestos fueron identificados en solo tres muestras, coincidiendo en dos correspondientes a la variedad tronador recolectada en Comapa, Jutiapa en abril de 2018 y la variedad corona colectada en Santiago Atitlán en abril de 2018. Además, el ácido 2,5-dihidroxibenzoico fue encontrado en la muestra de la variedad corona obtenida en San Juan Sacatepéquez en noviembre de 2019, mientras que el kaempferol fue identificado en la variedad colorado proveniente de Honduras (analizada para propósitos comparativos) en marzo de 2017; cabe destacar que todas las muestras mencionadas provienen de la misma especie, *S. purpurea*.

Como puede verse detallado en los últimos resultados cromatográficos obtenidos en la Tabla 5, se buscó determinar si existía una diferencia considerable en el contenido de flavonoides y compuestos fenólicos entre distintas partes del fruto, es decir, entre la cáscara y la pulpa de un mismo fruto. Como puede apreciarse claramente en los resultados y de igual forma visiblemente en los cromatogramas obtenidos (Figuras 75, 76, 83, 84, 88, 89, 94 y 95 de los anexos), si existe una diferencia considerable en el contenido y abundancia de flavonoides y compuestos fenólicos entre ambas partes del fruto, siendo sustancialmente mayor en la cáscara del jocote en comparación con la pulpa de este. Esto demuestra la importancia y valor nutracéutico potencial que presenta la cáscara del jocote, ya que en todas las muestras en las que los componentes fueron analizados por separado se encontró un mayor contenido de flavonoides y compuestos fenólicos en la cáscara de las muestras analizadas y en la mayoría de las muestras se lograron identificar en promedio 50% o más flavonoides que los identificados utilizando únicamente las pulpas del jocote. Esto concuerda con lo obtenido por Li et al. (2006) quienes reportaron que el contenido total de compuestos fenólicos, flavonoides y proantocianidinas es mucho mayor en cáscara que en pulpa de granada (*Punica granatum*) y lo demostrado por Tomas-Barberan et al. (2001), quienes encontraron que la cáscara de melocotón, nectarina y ciruela contenía una mayor cantidad de compuestos fenólicos, antocianinas y flavonoides en comparación con las pulpas de dichos frutos, siendo así el jocote otra fruta que presenta este comportamiento marcado entre cáscara y pulpa.

Con lo mencionado anteriormente y los resultados obtenidos es posible confirmar la importancia de tomar a la cáscara de jocote en conjunto con la pulpa como fuente principal de flavonoides y posibles beneficios a la salud. Es importante mencionar que en la actualidad se ha encontrado que las cáscaras de los frutos son las principales fuentes de antioxidantes naturales, esto gracias a que los compuestos polifenólicos se encuentran generalmente en niveles más elevados en la cáscara de las frutas; debido a que poseen mayor cantidad de compuestos fenólicos, pueden favorecer a la naturaleza de actuar como parte protectora de factores externos que puedan dañar a la planta (Dominguez, 2009), respaldando de igual manera los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación.

Debido al contenido de flavonoides y compuestos fenólicos presentes en todas las muestras era de esperar que los frutos de jocote presentaran alguna actividad antioxidante cuantificable, ya que se ha demostrado que compuestos fenólicos como flavonoides, taninos y antocianinas son considerados agentes antioxidantes y antimicrobianos importantes (Araújo et al., 2012). La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, es decir, la capacidad de reaccionar y estabilizar radicales libres (Londoño, 2011). Se utilizó el método de reducción del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), donde el compuesto en su forma radical presenta una coloración violeta característica que desaparece al reaccionar con un compuesto antirradical, lo que permite relacionar la decoloración del DPPH con la actividad antioxidante que posea el material vegetal y cuantificarlo espectrofotométricamente (Brand-Williams, Cuvelier & Berset, 1995). Este método es una forma rápida, relativamente fácil y sensible para determinar la

actividad antioxidante de un compuesto específico o un extracto vegetal (Pourmorad, Hosseinimehr & Shahabimajid, 2006).

En la Tabla 6 se presentan los resultados de actividad antioxidante para 20 muestras de nueve variedades de jocote de la especie *S. purpurea* y 2 variedades de la especie *S. mombin*. Los resultados se presentan como IC<sub>50</sub>, es decir, la concentración de antioxidante necesaria para estabilizar un 50% del radical DPPH. Este valor representa la concentración del extracto que inhibe el 50% del radical DPPH. Así, valores menores de IC<sub>50</sub> representan actividades antioxidantes mayores, es decir, la capacidad antioxidante expresada en IC<sub>50</sub> es inversamente proporcional a la cantidad de compuestos fenólicos presentes en una muestra (Dominguez, 2009). En esta investigación se utilizaron como sustancias de referencia soluciones de butil hidroxitolueno (BHT) y butil hidroxianisol (BHA) en concentraciones de 210 y 180 µg/mL (Tabla 8), los cuales son antioxidantes sintéticos ampliamente utilizados en la industria farmacéutica y de alimentos, siendo el BHT el menos efectivo y el más económico, por lo que constantemente se realizan investigaciones en busca de alternativas antioxidantes de origen natural. Con base en los resultados obtenidos se puede considerar que valores superiores a 25 mg/mL tienen actividad antioxidante baja, ya que implican una actividad antioxidante inferior a 120 veces el valor obtenido por las sustancias de referencia BHA y BHT, mientras que IC<sub>50</sub> entre 10 a 25 mg/mL, se considera una actividad intermedia, debido a que poseen actividad antirradicalar entre 120 a 50 veces el valor obtenido por los antioxidantes comerciales BHA y BHT y las muestras con IC<sub>50</sub> menores a 10 mg/mL deben considerarse como actividad antioxidante alta, ya que son potenciales antioxidantes superiores a 50 veces los resultados obtenidos de los compuestos de referencia BHA y BHT. Se puede observar que la mayor parte de las muestras poseen una actividad antioxidante alta o intermedia, con lo que se confirma la acción antioxidante o antirradicalar que ejercen los flavonoides y compuestos fenólicos identificados en cada una de las muestras.

Es importante destacar que las muestras que presentaron la mayor variedad de flavonoides obtuvieron valores bajos de IC<sub>50</sub>, es decir, actividades antioxidantes altas, como la muestra de jocote tronador proveniente de Comapa, Jutiapa en el cual se identificaron diez flavonoides (Tabla 4), posee un IC<sub>50</sub> de 7.79-8.13 mg/mL, la muestras de jocote Rax Ux obtenida en Santiago Atitlán, Sololá en noviembre de 2017 que presentó ocho flavonoides y un IC<sub>50</sub> de 8.92-9.03 mg/mL, la muestra de jocote corona colectada en Santiago Atitlán, Sololá en abril de 2018 que presentó siete flavonoides y compuestos fenólicos y un IC<sub>50</sub> de 6.14-6.23 mg/mL y la muestra de jocote jobo proveniente de San Francisco, Petén en octubre de 2018 que presentó 7 flavonoides y un IC<sub>50</sub> de 6.60-6.65 mg/mL, siendo las primeras 3 muestras de la especie *S. purpurea* y la última de la especie *S. mombin*.

Además de la variedad de flavonoides presentes en las muestras, la actividad antioxidante obtenida de las muestras podría deberse en cierta medida a la presencia y abundancia de algunos flavonoides específicos como el caso de la quercetina que por su estructura química es considerado el flavonoide que mejor reúne los requisitos para ejercer una efectiva función antioxidante (Martínez et al.,

2002) y la rutina que también ha demostrado tener efectos inhibitorios elevados (Pérez & Martínez, 2001), siendo ambos flavonoides capaces de funcionar como estabilizadores de radicales y como los secuestradores más fuertes de O<sub>2</sub> generado enzimáticamente (Zavaleta, Muñoz, Blanco, Alvarado y Loja, 2005). Adicional a estos flavonoides altamente conocidos se puede mencionar el aporte producido por la taxifolina que ha demostrado tener una capacidad antioxidante alta (Wei et al., 2009) y puede ser utilizada para minimizar o prevenir la oxidación lipídica, retrasando la formación de productos de oxidación tóxicos, manteniendo la calidad y prolongando la vida útil tanto de alimentos como de productos farmacéuticos (Topal et al., 2015). Tomando en cuenta las propiedades de la quercetina, la rutina y la taxifolina descritas anteriormente la presencia de estos compuestos puede ser un factor importante en los resultados de potencial antioxidante obtenidos, ya que estuvieron presentes los tres o al menos uno de estos flavonoides en todas las muestras con actividades antioxidantes altas y ausentes o con muy poca abundancia en las muestras con actividades antioxidantes intermedias y bajas.

En la Tabla 7 se presentan los resultados del contenido de fenoles totales para 20 muestras de nueve diferentes variedades de jocote de la especie *S. purpurea* y 2 variedades diferentes de la especie *S. mombin*. Los resultados se presentan como equivalentes de ácido gálico en mg/mL, es decir, el contenido total de fenoles (fenoles simples, ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, taninos hidrolizados y condensados, lignanos, ligninas y derivados) se hacen reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteu para su cuantificación espectrofotométrica como ácido gálico con alto grado de pureza utilizado como estándar (Blainski, Cristiny & Palazzo, 2013). Al igual que con la actividad antioxidantes se utilizaron soluciones de BHT y BHA como sustancias de referencia (ver Tabla 8). La actividad antioxidante generalmente está relacionada con metabolitos que contienen grupos fenólicos, por lo cual se determinó el contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu (Ocampo, Valverde, Colmenares y Isaza, 2014).

Los valores obtenidos del contenido de fenoles totales en extractos metanólicos de pulpa y cáscara de jocotes en la Tabla 7 respaldan los resultados de actividad antioxidante (Tabla 6) y confirman el potencial benéfico de metabolitos secundarios como flavonoides y compuestos fenólicos para la salud, ya que las muestras que obtuvieron valores superiores a los 0.200 mg/mL de ácido gálico también obtuvieron resultados de IC<sub>50</sub> bajos, indicando una actividad antioxidante alta. Entre los resultados que se pueden destacar se encuentran: el jocote tronador de Comapa, Jutiapa colectado en octubre de 2017 que presentó los diez flavonoides y compuestos fenólicos analizados y un IC<sub>50</sub> 7.79-8.13 mg/mL, así como un contenido de fenoles totales de 0.214 ± 0.020 y la muestra de jocote Rax Ux colectado en Sololá en noviembre 2017 con IC<sub>50</sub> de 8.92-9.03 mg/mL, la muestra de jocote corona colectada en Santiago Atitlán, Sololá en abril de 2018 con IC<sub>50</sub> de 6.14-6.23 mg/mL y jocote jobo proveniente de San Francisco, Petén en octubre de 2018 con IC<sub>50</sub> de 6.60-6.65 mg/mL, presentaron contenidos de fenoles totales de 0.258 ± 0.030 mg/mL, 0.379 ± 0.010 mg/mL y 0.276 ± 0.010 mg/mL respectivamente, demostrando que el contenido de fenoles totales es directamente proporcional a la actividad antioxidante que posee el extracto vegetal.

Adicionalmente el análisis de los resultados obtenidos de fenoles totales (Tabla 7) puede explicar resultados que difieren al comportamiento normal de las muestras, como sucede con la muestra de la especie *S. mombin* de la variedad quinín que fue mencionado previamente como una de las muestras con el menor número de flavonoides identificados, pero posee una actividad antioxidante alta (6.70-6.82 mg/mL), lo cual se debe a que a pesar de no poseer un número grande de flavonoides, sí posee un contenido alto en fenoles totales con un resultado de  $0.341 \pm 0.030$  mg/mL produciendo de esta manera la actividad antioxidante elevada. De igual forma se puede explicar el comportamiento atípico de la muestra de jocote corona colectada en Santiago Atitlán en octubre de 2017 que a pesar de presentar siete de los diez flavonoides analizados, posee una actividad antioxidante considerablemente baja al tener un  $IC_{50}$  de 28.38-28.44 mg/mL, lo que se debe al bajo contenido de fenoles totales que posee la muestra al tener únicamente  $0.090 \pm 0.020$  mg/mL. Esto refleja que las muestras con mayor potencial nutracéutico son aquellas que presentaron un valor elevado en los parámetros, es decir, contenido de flavonoides, actividad antioxidante y fenoles totales.

Los resultados pueden considerarse prometedores para el desarrollo de productos nutracéuticos, especialmente las variedades de tronador, corona y Rax Ux de la especie *S. purpurea* colectados en Comapa, Jutiapa, Aldea La Brea, Jutiapa y Santiago Atitlán, Sololá por la diversidad de flavonoides y compuestos fenólicos que presentan, lo cual a su vez les brinda las propiedades antioxidantes deseadas para la elaboración de productos de un alto valor agregado.

De igual forma las dos variedades de jocote (jobo y quinín) de la especie *S. mombin* presentaron resultados en cuanto a contenido de flavonoides y actividad antioxidante promisoros para buscar mejorar o aumentar el aprovechamiento de dicho fruto que actualmente no se le está utilizando como posible fuente de alimento y productos nutracéuticos.

## XI. CONCLUSIONES

- Se confirmó la presencia de flavonoides y compuestos fenólicos en las ocho variedades de las dos especies de jocote que abarcó el estudio.
- El ácido *p*-cumárico, la rutina y la quercetina fueron los compuestos fenólicos que se presentaron con mayor frecuencia en las cáscaras y pulpas de los frutos de jocote de diferentes variedades de las especies *Spondias purpurea* y *Spondias mombin* al encontrarse en 17 de 19 muestras analizadas.
- La variedad de jocote tronador colectado en Comapa, Jutiapa en octubre de 2017 de la especie *Spondias purpurea*, fue la única muestra que presentó los diez flavonoides y compuestos fenólicos analizados.
- Las variedades de las especies de jocote *Spondias purpurea* y *Spondias mombin* en que se identificó una mayor diversidad de flavonoides y compuestos fenólicos, presentaron actividades antioxidantes elevadas, lo cual demuestra una relación directa entre ambos resultados.
- La actividad antioxidante en todas las variedades de las dos especies de jocos que abarcó la investigación es directamente proporcional al contenido determinado de fenoles totales.
- Los frutos de jocote son un alimento rico en flavonoides, por lo que pueden ser considerados para el desarrollo de productos nutraceuticos con alto valor agregado, ya que presentan una extensa variedad de flavonoides y compuestos fenólicos considerados provechosos para el organismo, y presentar actividad antioxidante que resulta ser benéfica para la salud.
- La presencia de flavonoides y compuestos fenólicos es mucho mayor en la cáscara que en la pulpa de frutos de la variedad de jocote corona de la especie *Spondias purpurea*.
- La rutina, la quercetina y la taxifolina contribuyen directamente con el potencial antioxidante de las cáscaras y pulpas de los frutos de jocote de diferentes variedades de las especies *Spondias purpurea* y *Spondias mombin*, ya que su presencia resultó en actividades antioxidantes altas, mientras que las muestras en que estuvieron ausentes o con muy poca abundancia presentaron actividades antioxidantes intermedias y bajas.
- La técnica de maceración con arena es un método de extracción eficiente para la obtención de compuestos fenólicos en pulpas de frutos de jocote de diferentes variedades de las especies *Spondias purpurea* y *Spondias mombin*.

## XII. RECOMENDACIONES

- Ampliar la investigación para el desarrollo de productos nutracéuticos con mezcla de pulpa y cáscara de frutos de jocote de la variedad corona, en especial de los cosechados en la Aldea La Brea y Comapa, Jutiapa, Santiago Atitlán, Sololá, y San Francisco, Petén ya que presentaron la mayor diversidad de flavonoides y compuestos fenólicos y una actividad antioxidante considerable.
- Continuar la investigación analizando los flavonoides en cáscara y pulpa por separado de otras variedades de jocote (*Spondias purpurea*) y de las variedades de la especie *Spondias mombin*, con el propósito de confirmar si la tendencia sobre el contenido de flavonoides presentes observada en esta investigación se mantiene en todos los frutos independientemente de la variedad, región y especie.
- Evaluar la actividad antioxidante de mezcla de pulpas y mezclas de cáscaras y pulpas de variedades con mayor actividad antioxidante para comparar los resultados obtenidos con la actividad producida de la variedad del fruto individual.

### XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida-Doria, R.F. & Regitano-D'Arce, A.B. (2000). Antioxidant activity of rosemary and oregano ethanol extracts in soybean oil under thermal oxidation. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 20, 97-203.
- Araújo, A., Maia, S., Mendes, M., Ferreira, D., Costa, C., de Almeida, R., Pinto, Í., & Florindo, M. (2012). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of two *Spondias* species from northeastern Brazil. *Journal of Pharmaceutical Biology*. 50(6), 740-746.
- Barahona, O. (2018). Análisis del proceso de comercialización del jocote de corona (*Spondias mombin* L.) en los departamentos de Jalapa y Jutiapa, Guatemala, C.A., para consumo local y de exportación hacia El Salvador, C.A. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Blainski, A., Cristiny, G., & Palazzo, J. (2013). Application and analysis of the Folin Ciocalteu method for the determination of the total phenolic content from *Limonium brasiliense* L. *Molecules*. 18(6), 6852-6865.
- Boz, H. (2015). *p*-Coumaric acid in cereals: presence, antioxidant and antimicrobial effects. *International Journal of Food Science and Technology*. 50, 2323-2328.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*. 28(1), 25-30.
- Ceva, P., Bizzo, H., Alves, S., & Antunes, O. (2003). Analysis of volatile compounds of Taperebá (*Spondias mombin* L.) and Cajá (*Spondias mombin* L.) by simultaneous distillation and extraction (SDE) and solid phase microextraction (SPME). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 1387-1392.
- Chete, L. (1992). *Evaluación del efecto cicatrizante del tallo, hojas, flores y frutos de Chenopodium ambrosioides* L. (apazote) y de la corteza y hojas de *Spondias purpurea* L. (jocote de corona) en heridas producidas en ratas albinas (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Corthout, J., Pieters, L., Claeys, M., Vanden Berghe, D., & Vlietinck, A.J. (1991). Antiviral ellagitannins from *Spondias mombin*. *Phytochemistry*. 30, 1129-1130.
- Corthout, J., Pieters, L., Claeys, M., Vanden Berghe, D., & Vlietinck, A.J. (1992). Antiviral caffeoyl esters from *Spondias mombin*. *Phytochemistry*. 31, 1979-1981.

- Dolatabadi J. (2011). Molecular aspects on the interaction of quercetin and its metal complexes with DNA. *International Journal of Biological Macromolecules*. 48, 227-233.
- Dominguez, J. (2009). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en la pulpa y cáscara de *Mauritia flexuosa* L.F. "Aguaje" (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.
- Engels, C., Gräter, D., Esquivel, P., Jiménez, V., Gänzle, M., & Schieber, A. (2012). Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Food Research International*. 46, 557-562.
- Escamilla, C., Cuevas, E., & Guevara, J. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Revista de la Facultad de Medicina, UNAM*. 52(2), 73-75.
- Figueiredo, C., Barroso, J., Pedro, L., & Scheffer, J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*. 23, 213-226.
- Franco, M. & Shibamoto, T. (2000). Volatile composition of some brazilian fruits: Umbu- caja (*Spondias citerea*), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Araça-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48, 1263-1265.
- Ghate, N., Hazra, B., Sarkar, R., & Mandal, N. (2014). *In vitro* anticancer activity of *Spondias pinnata* bark on human lung and breast carcinoma. *Journal of Cytotechnology*. 66, 209-218.
- INE, MAGA. (2005). República de Guatemala. Instituto Nacional de Estadística. IV Censo Nacional Agropecuario. 2003.
- Iriti, M., Kubina, R., Cochis, A., Sorrentino, R., Varoni, E., Kabala-Dzik, A., Azzimonti, B., Dziedzic, A., Rimondini, L., & Wojtyczka, R. (2017). Rutin, a Quercetin glycoside, restores chemosensitivity in human breast cancer cells. *Phytotherapy Research*. 31(10), 1529-1538.
- Jaganathan, S., Supriyanto, E., & Mandal, M. (2013). Events associated with apoptotic effect of *p*-Coumaric acid in HCT-15 colon cancer cells. *World Journal of Gastroenterology*. 19(43), 7726-7734.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*. 96, 254-260.

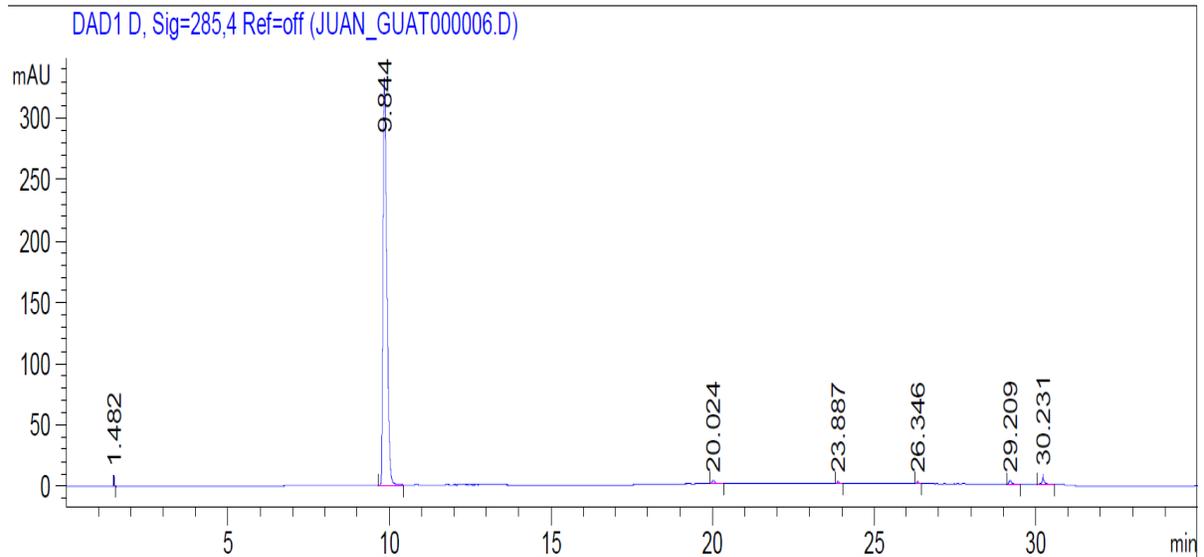
- Londoño, J. (2011). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. En L. Garcés. (Ed.), *Desarrollo y transversalidad*. 129-163. Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.
- Magiera, S. & Zareba, M. (2015). Chromatographic determination of phenolic acids and flavonoids in *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity. *Journal of Food Analytical Methods*.8, 2665-2674
- Martínez, C. (2014). Identificación de flavonoides con actividad antioxidante presentes en *Alchornea coelophylla* (Euphorbiaceae). (Tesis de Licenciatura). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
- Martínez, S., González, J., Culebras, J., & Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*. 17(6), 271-278.
- Morataya, J. (2004). Caracterización del sistema productivo de jocote (*Spondias purpurea*) en el departamento de Chiquimula. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Ocampo, D., Valverde, C., Colmenares A., & Isaza, J. (2014). Fenoles totales y actividad antioxidante en hojas de dos especies colombianas del género *Meriania* (Melastomataceae). *Revista Colombiana de Química*. 43(2), 41-46.
- Okwuosa, O., Chulwura, E., Chukwuma, G., Okwuosa, C., Enweani, I., Agbakoba, N., Chukwuma, C., Manafa, p., & Umedum, C. (2012). Phytochemical and antifungal activities of *Uvaria chamae* leaves and roots, *Spondias mombin* leaves and bark and *Combretum racemosum* leaves. *African Journal of Medicine and Medical Sciences*. 41, 99-103.
- Ordaz, N., Dorantes, L., Salas, J., Barrón, B., Salas, M., & Nova, M. (2018). Citotoxicidad y actividad antiviral de extractos de chiles (*Capsicum* spp). *Revista Polibotánica*. 46, 273-285.
- Parissi, M., Leal, C., Rondon, F., Maia, S., Machado, L., Almeida, C., Franco, H., & Cardoso, R. (2012). Leishmanicidal activity *in vitro* of *Musa paradisiaca* L. and *Spondias mombin* L. fractions. *Journal of Veterinary Parasitology*. 187, 79-84.
- Pérez, G. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 22 (1), 48-57.
- Pérez Sabino, J. F., Farfán Barrera, C., Oliva Hernández, B.E., Jayes Reyes, P. G., Mérida Reyes, M.S., & Muñoz Wug, M. (2012). *Determinación de los flavonoides en seis plantas del género Lippia (Verbenaceae) nativas de Guatemala como posibles fuentes de nutraceuticos* (Informe final). Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

- Pérez, G. & Martínez, G. (2001). Los Flavonoides como antioxidantes naturales. *Acta farmacéutica Bonaerense*. 20(4), 297-306.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J., & Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*. 5(11), 1142-1145.
- Pragasam, S., Venkatesan, V., & Rasool, M. (2012). Immunomodulatory and anti-inflammatory effect of *p*-Coumaric acid, a common dietary polyphenol on experimental inflammation in rats. *Inflammation*. 36(1), 169-176.
- Rivas, I. (1994). Determinación de la actividad diurética de las infusiones del tallo de *Arthrostemma ciliatum* Ruiz & Pavon. (Caña de Cristo), de las hojas de *Bixa Orellana* L. (Achiote), *Chaptalia nutans* (L.) Polak (Mol mish) y *Spondias purpurea* L. (Jocote de Corona) en ratas albinas (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Schlesier, K., Harwat, M., Böhm, V., & Bitsch, R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*. 36 (2), 177-187.
- Silva, A., Morals, S., Marques, M., Lima, D., Santos, S., Almelda, R., Viera, I., & Guedes, M. (2011). Antiviral activities of extracts and phenolic components of two *Spondias* species against dengue virus. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*. 4, 406-413.
- Standley, P. & Steyermark, J. A. (1949). Flora of Guatemala. *Fieldiana: Botany*, 24 (6), 192-195.
- Tarahovsky, Y., Kim, Y., Yagolnik, E., & Muzafarov, E. (2014). Flavonoid-membrane interactions: involvement of flavonoid-metal complexes in raft signaling. *Journal of Biochimica et Biophysica Acta*. 1838 (5), 1235-1246.
- Tiburski, J., Rosenthal, A., Deliza, R., Godoy, R., & Pacheco, S. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Journal of Food Research International*. 44, 2326-2331.
- Tomás-Barberán, F., Gil, M., Cremin, P., Waterhouse, A., Hess-Pierce, B., & Kader, A. (2001). HPLC-DAD-ESIMS Analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(10), 4748-4760.
- Topal, F., Nar, M., Gocer, H., Kalin, P., Kocyigit, U., Gülcin, I., & Alwasel, S. (2015). Antioxidant activity of taxifolin: an activity-structure relationship. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 31(4), 674-683.

- Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46, 4113-4117.
- Wei, Y., Chen, X., Jiang, X., Ma, Z., & Xiao, J. (2009). Determination of taxifolin in *Polygonum orientale* and study on its antioxidant activity. 22(2), 154-157
- Zamora, A. (1996). Confirmación de la actividad antimicrobiana de los árboles *Spondias purpurea* y *Simarouba glauca* nativos de Guatemala (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Zavaleta, J., Muñoz, A., Blanco, T., Alvarado, C., & Loja, B. (2005). Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. *Horizonte Médico*. 5(2), 26-37.

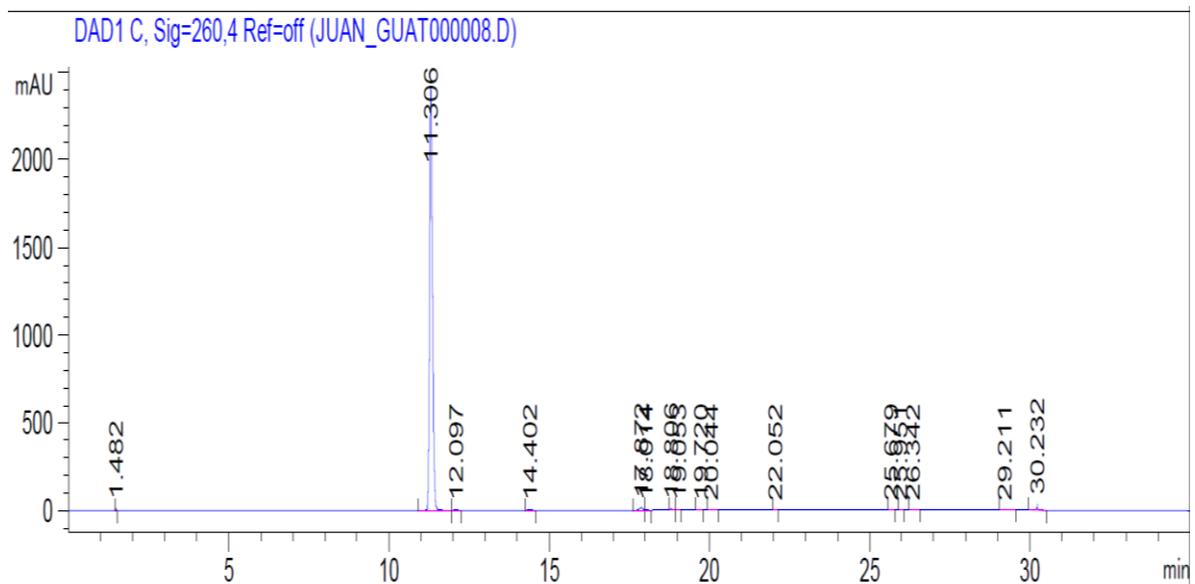
## XIV. ANEXOS

Figura 1: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido 2,5-dihidroxibenzoico a 285 nm eluido a 9.844 min.



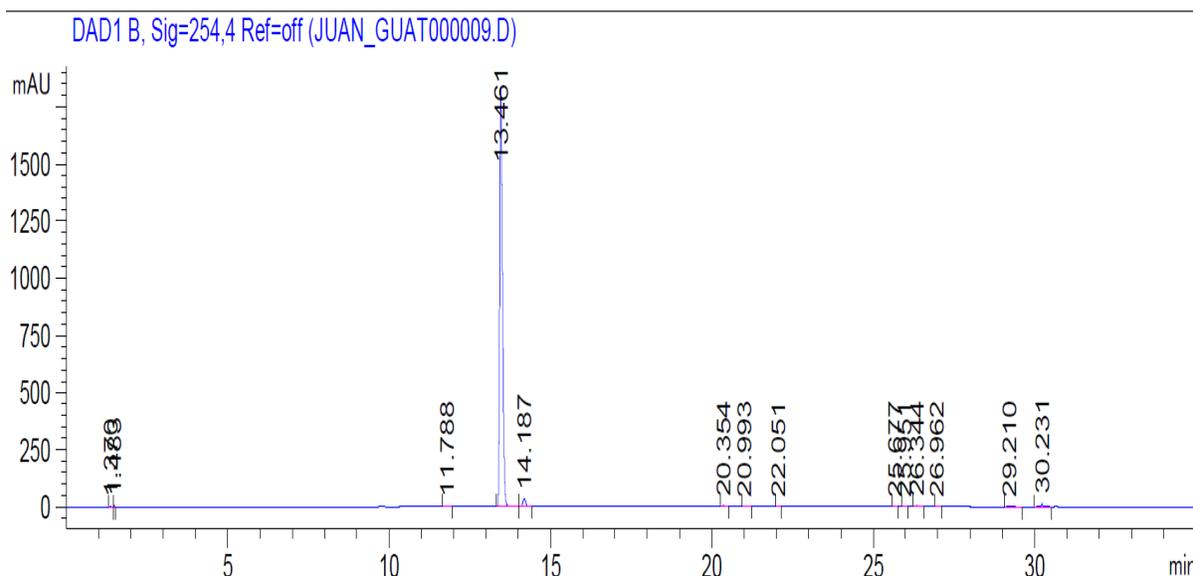
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 2: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido cafeico a 260 nm eluido a 11.306 min.



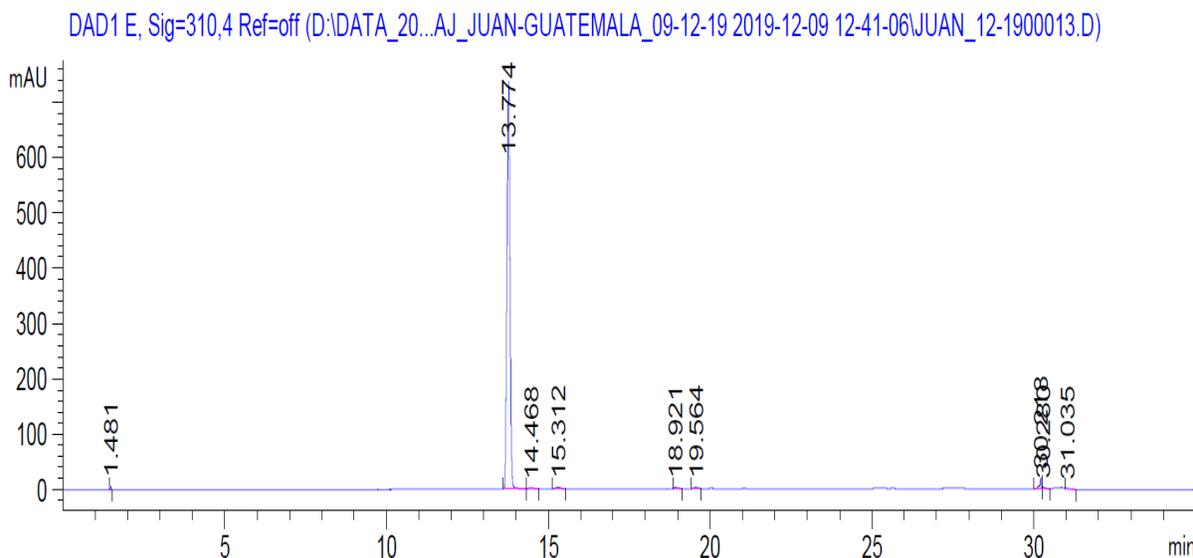
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 3: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido *p*-cumárico a 254 nm eluido a 13.461 min.



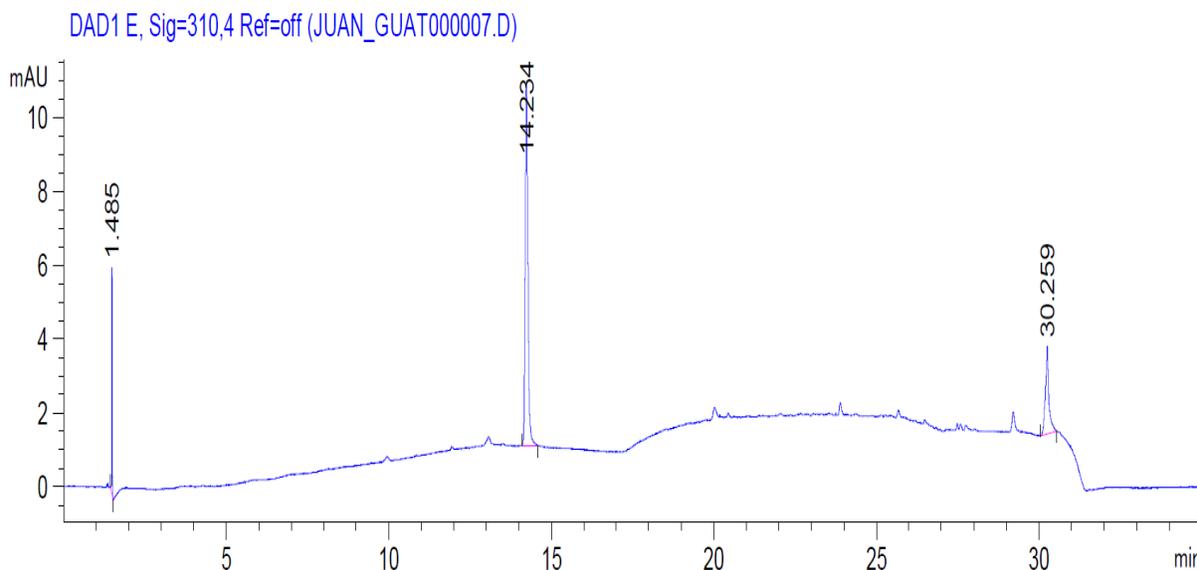
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 4: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de rutina a 310 nm eluido a 13.774 min.



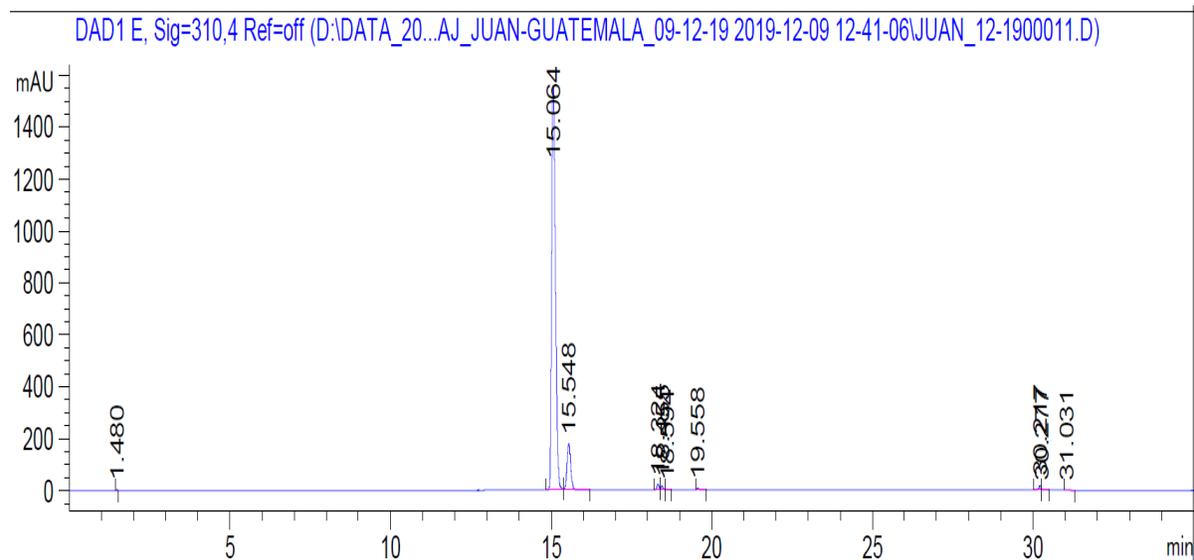
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 5: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de ácido eláxico a 310 nm eluido a 14.234 min.



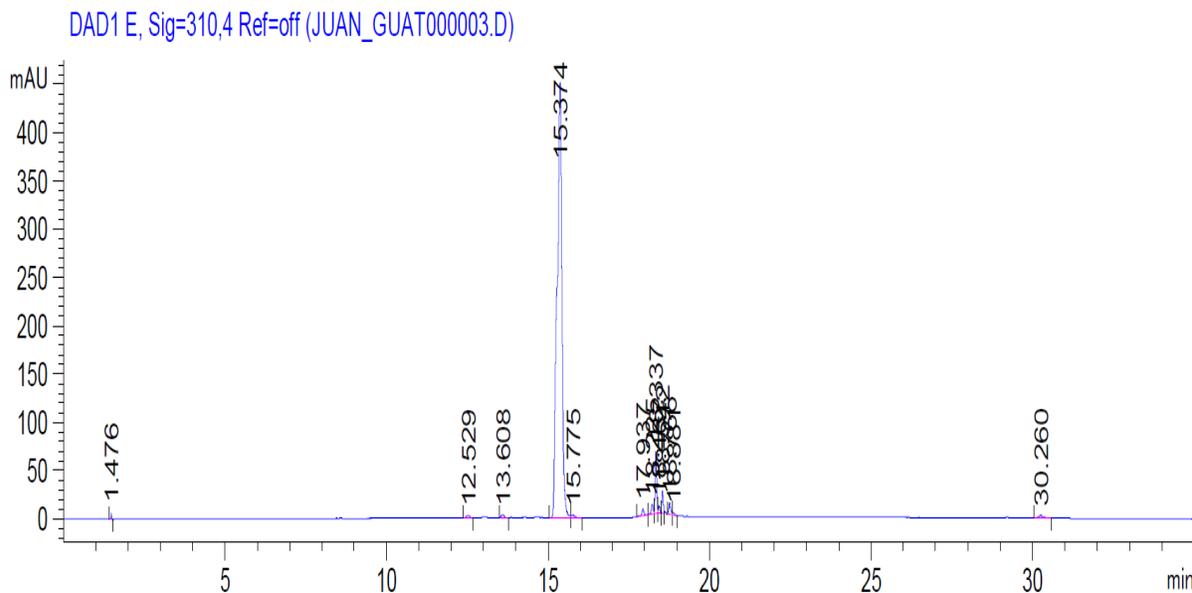
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 6: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de taxifolina a 310 nm eluido a 15.064 min.



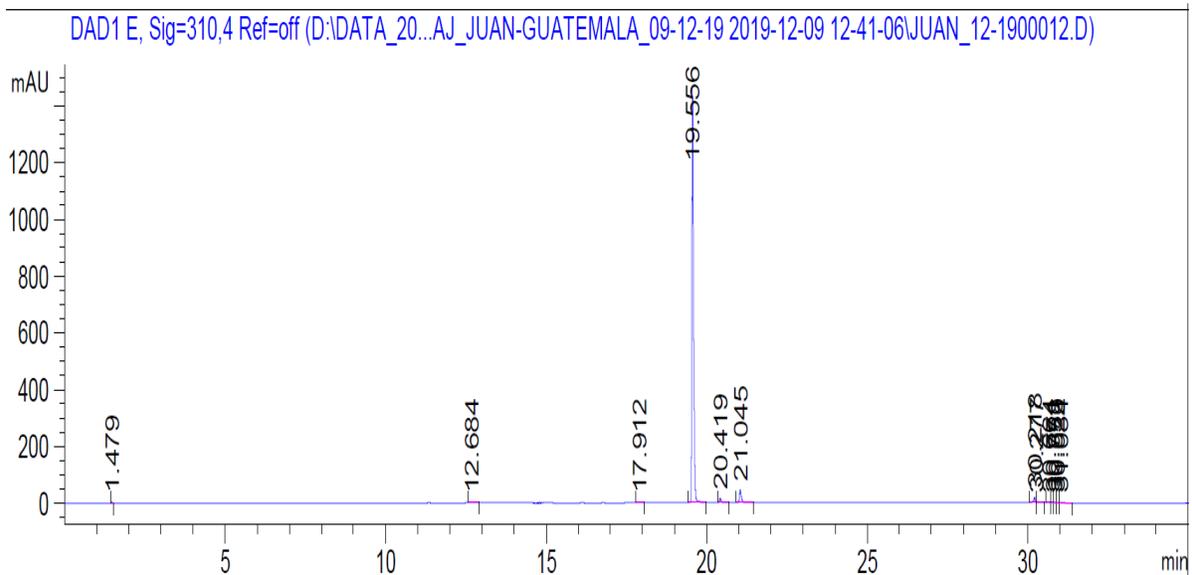
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 7: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de kaempferol-3-O-rutinósido a 310 nm eluido a 15.374 min.



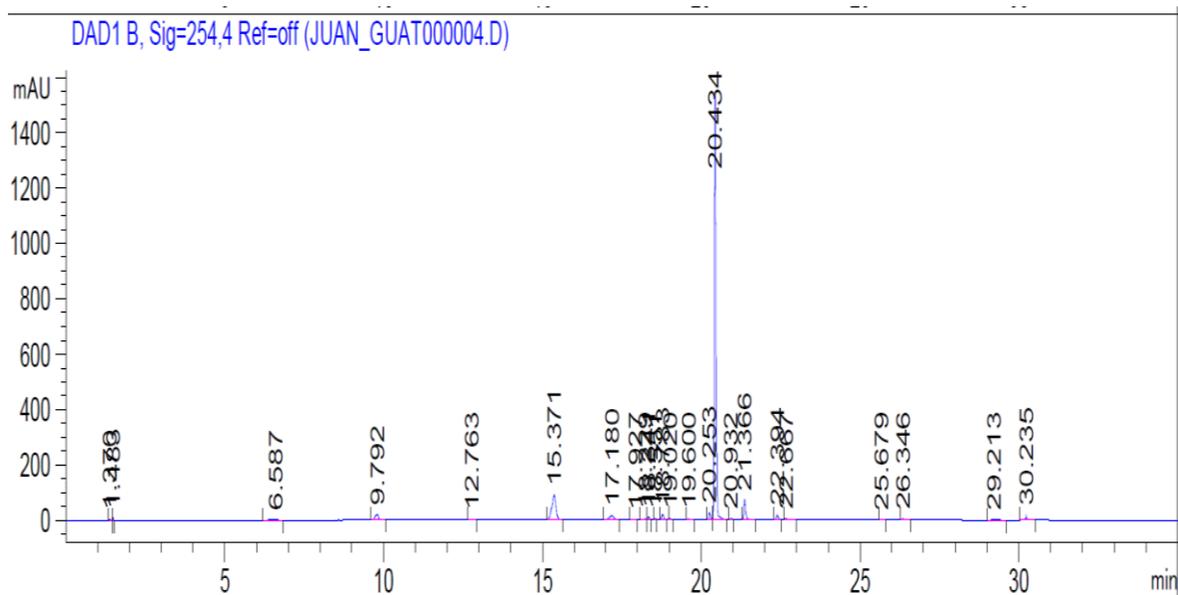
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 8: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de quercetina a 310 nm eluido a 19.556 min.



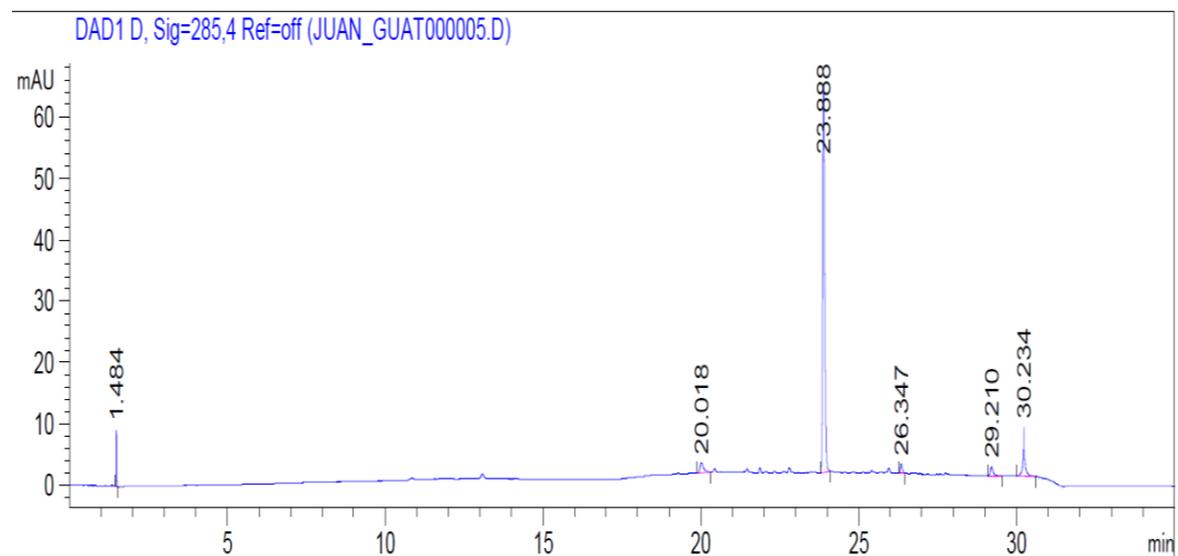
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 9: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de kaempferol a 254 nm eluido a 20.434 min.



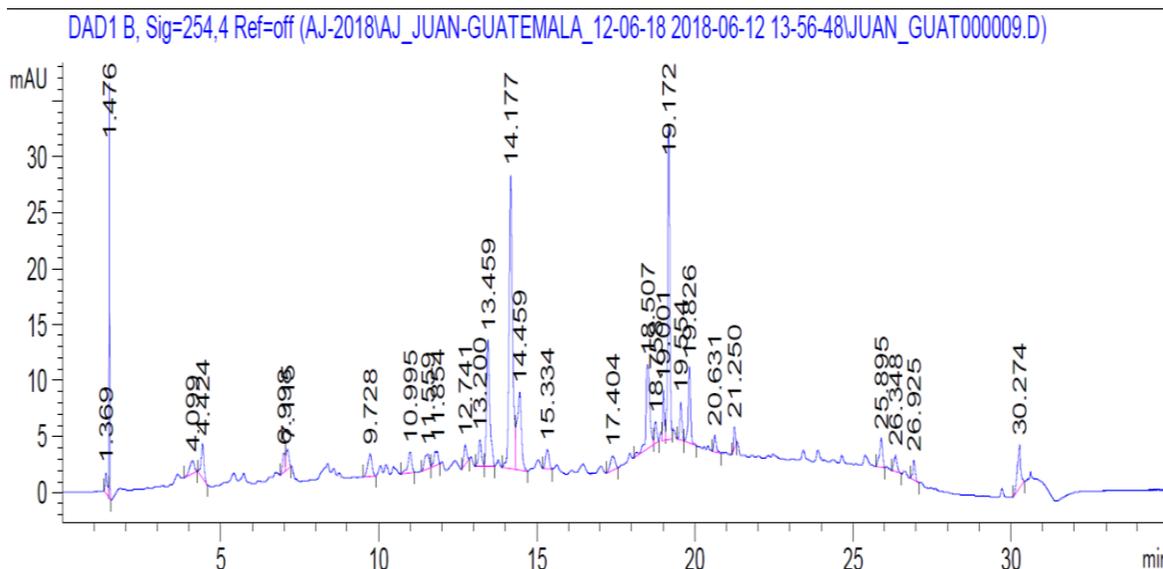
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 10: Cromatograma (HPLC-DAD) de estándar de 3-hidroxi-6-metoxi-1-flavona a 285 nm eluido a 23.888 min.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

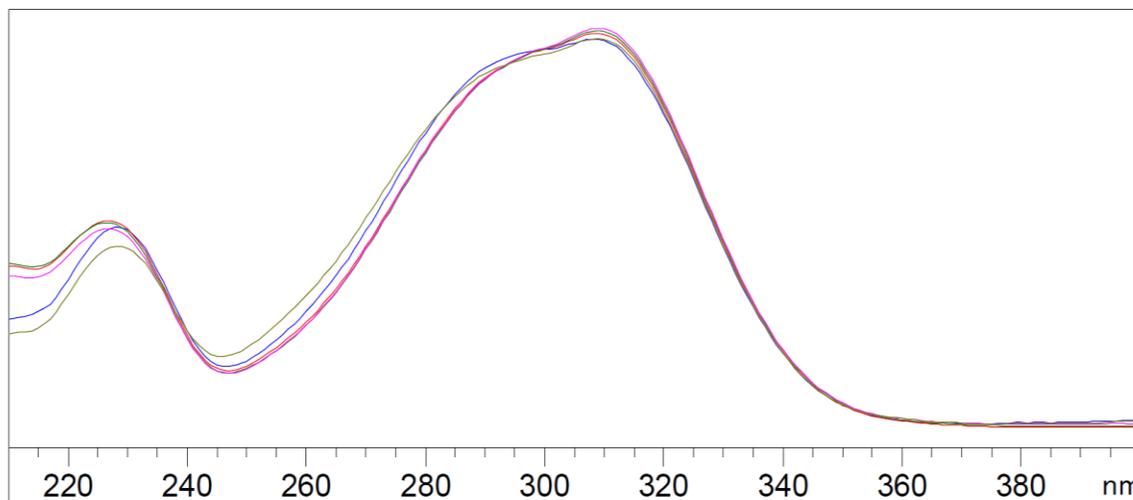
Figura 11: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote dulce, Mercado de Pachalum, Quiché, 06/06/2016.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 12: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.462 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote dulce, Mercado de Pachalum, Quiché, 06/06/2016.

Peak :33 at 13.462 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

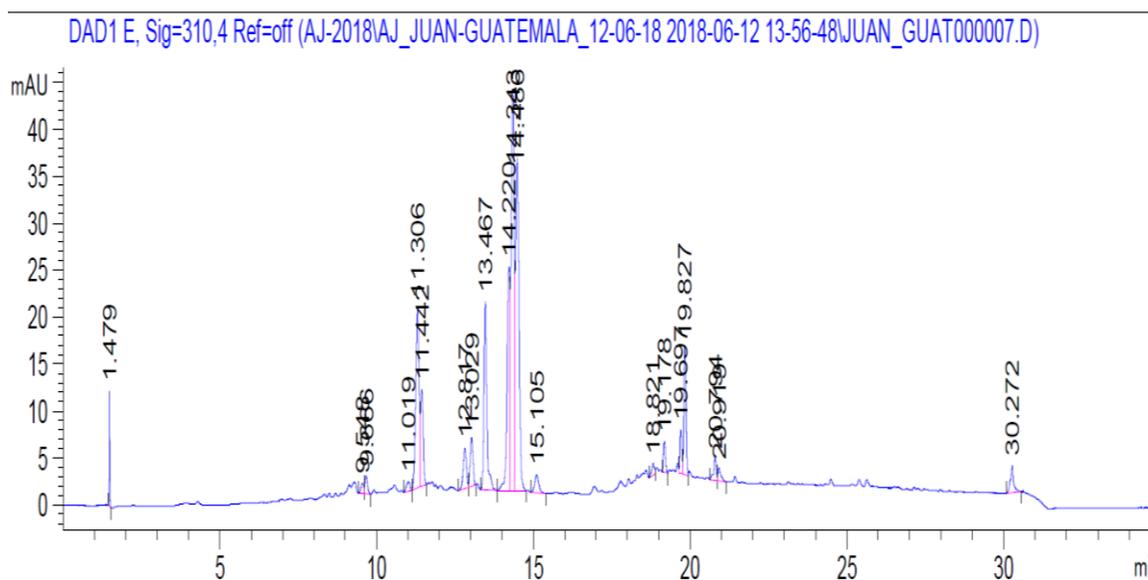
Tabla 9

Composición de flavonoides de jocote dulce, mercado de Pachalum, Quiché, 06/06/2016.

Estándar	1	2	3	4	6	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	15.064	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			177.36 0.4%				152.52 0.34%		
DAD 1B 254 nm			81.31 8.88%			12.80 1.4%	15.45 1.69%		
DAD 1C 260 nm			110.77 10.69%		9.54 0.92%	14.69 1.42%	14.48 1.4%		
DAD 1D 285 nm			295.63 26.18%		29.69 2.63%		9.24 0.82%		
DAD 1E 310 nm			360.57 40.68%	7.22 0.81%			9.2 1.04%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

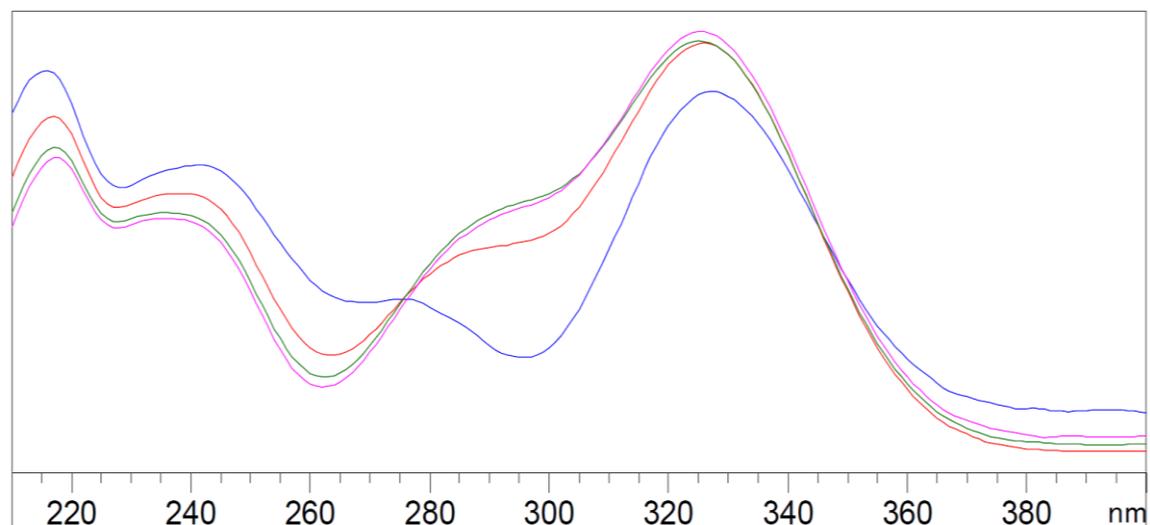
Figura 13: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 14: Espectro de ácido caféico eluido a 11.306 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.

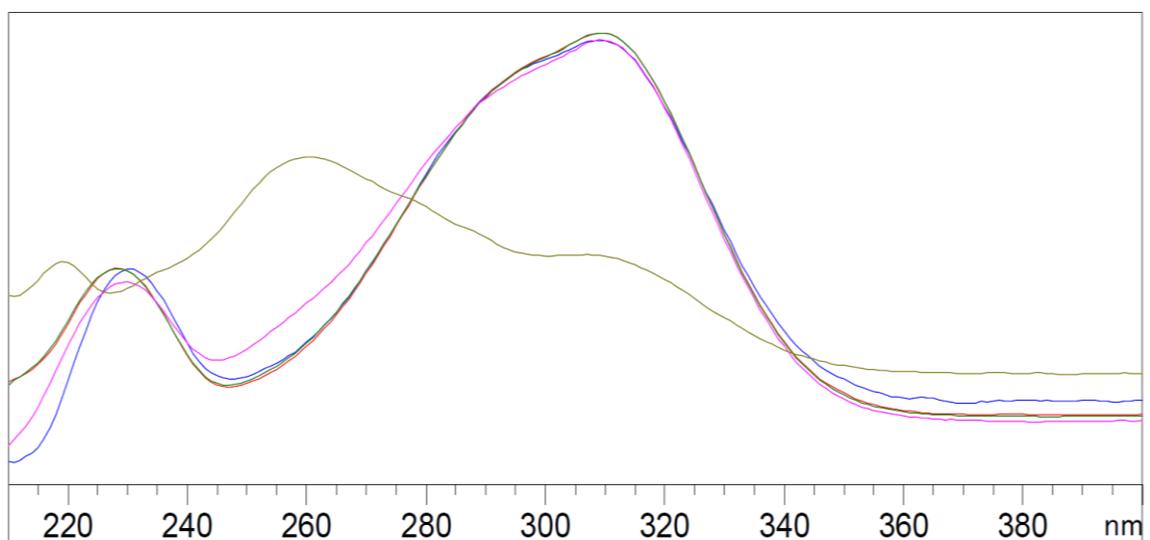
Peak :24 at 11.306 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 15: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.467 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.

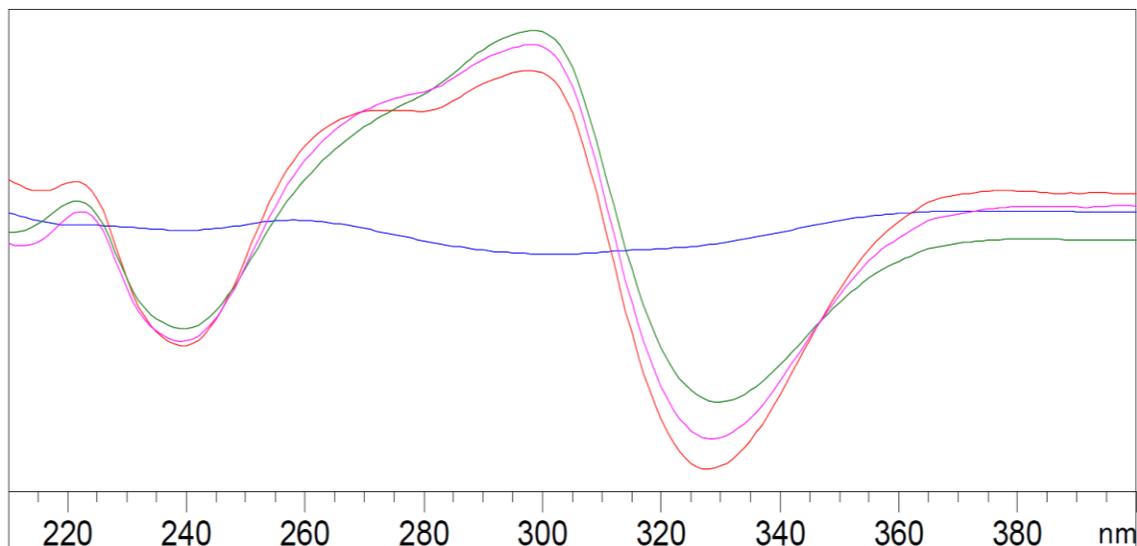
Peak :33 at 13.467 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 16: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.219 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.

Peak :36 at 14.219 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

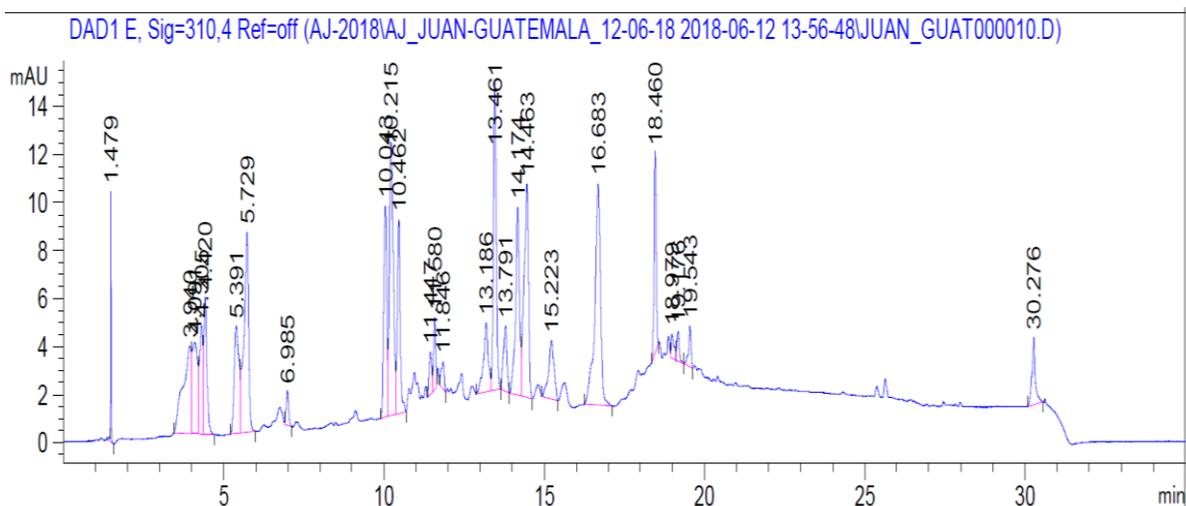
Tabla 10

*Composición de flavonoides de jocote amarillo, San Marcos, 07/10/2016.*

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>14.234</b>	<b>15.064</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		86.56 0.6%	79.03 0.55%	11.94 0.08%		15.01 0.10%			
DAD 1B 254 nm		72.07 1.57%			50.41 1.1%	15.38 0.34%			
DAD 1C 260 nm		57.50 1.17%	20.18 0.41%		76.82 1.56%	15.11 0.29%			
DAD 1D 285 nm		121.12 4.05%	110.25 3.68%		190.39 6.36%	17.07 0.57%			
DAD 1E 310 nm		143.73 10.89%	130.68 9.9%		151.86 11.5%	17.35 1.31%			

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

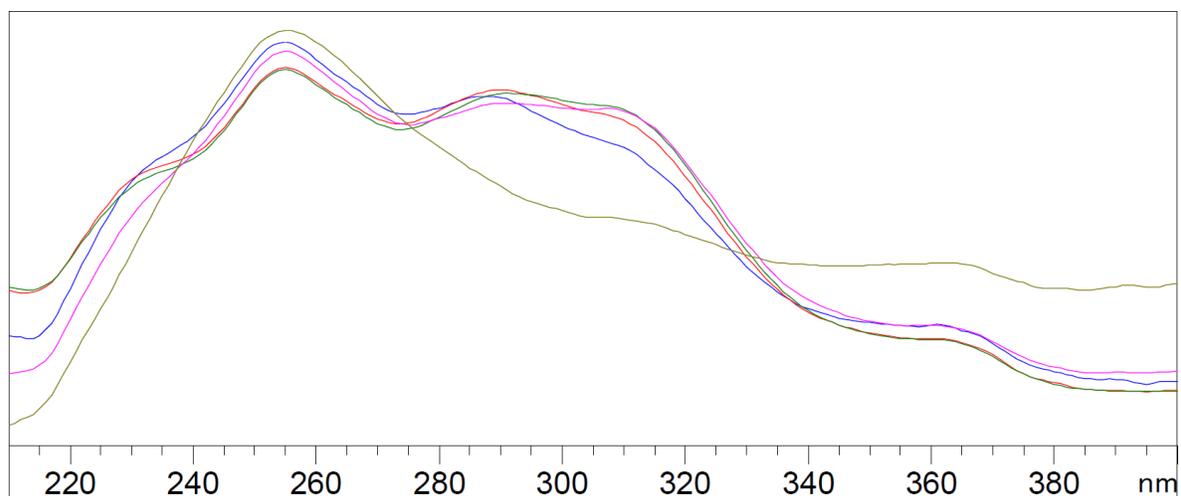
Figura 17: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 18: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.464 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.

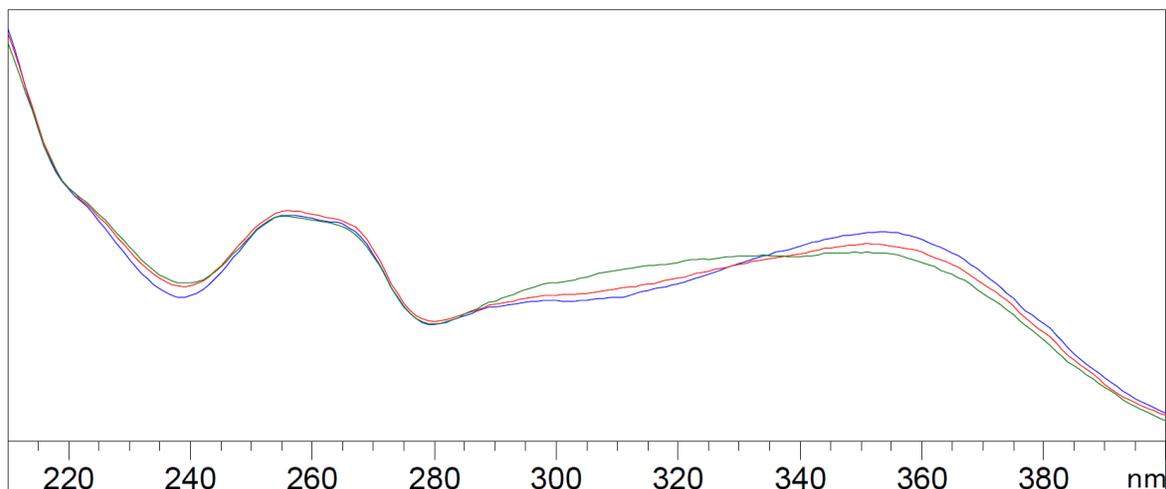
Peak :36 at 13.464 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 19: Espectro de rutina eluido a 13.787 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.

Peak :37 at 13.787 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

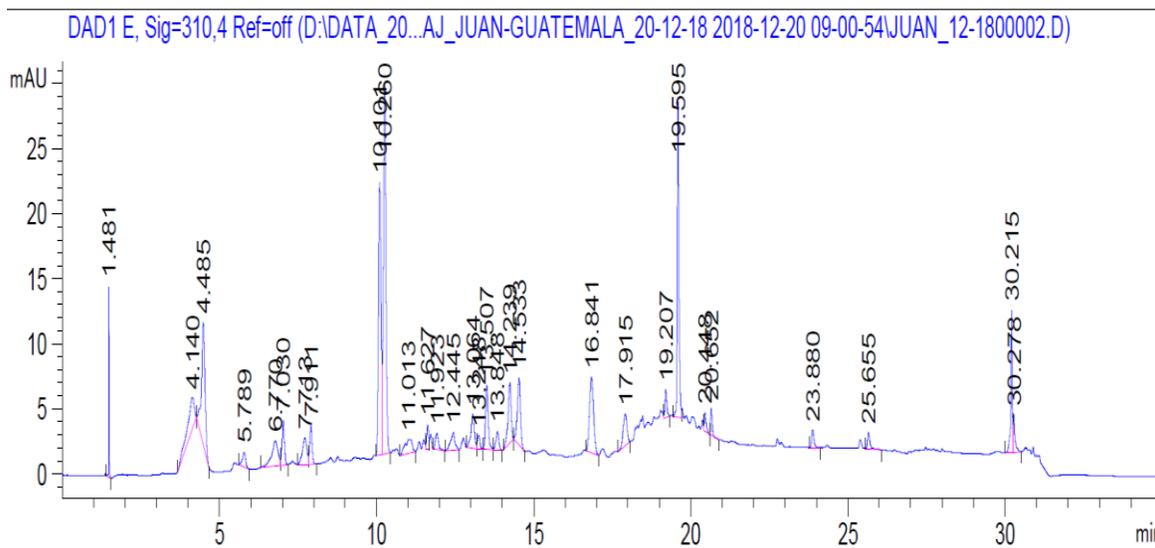
Tabla 11

Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Panajachel, Sololá, 09/11/2016.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			62.3 0.51%	25.32 0.21%			3442.7 28.01%		
DAD 1B 254 nm			113.59 4.95%	34.04 1.48%			18.18 0.79%		6.72 0.29%
DAD 1C 260 nm			111.17 4.66%	34.04 1.43%			16.73 0.70%		
DAD 1D 285 nm			104.69 4.22%	20.84 0.84%			8.61 0.35%		
DAD 1E 310 nm			81.01 7.51%	21.16 1.96%			9.15 0.85%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

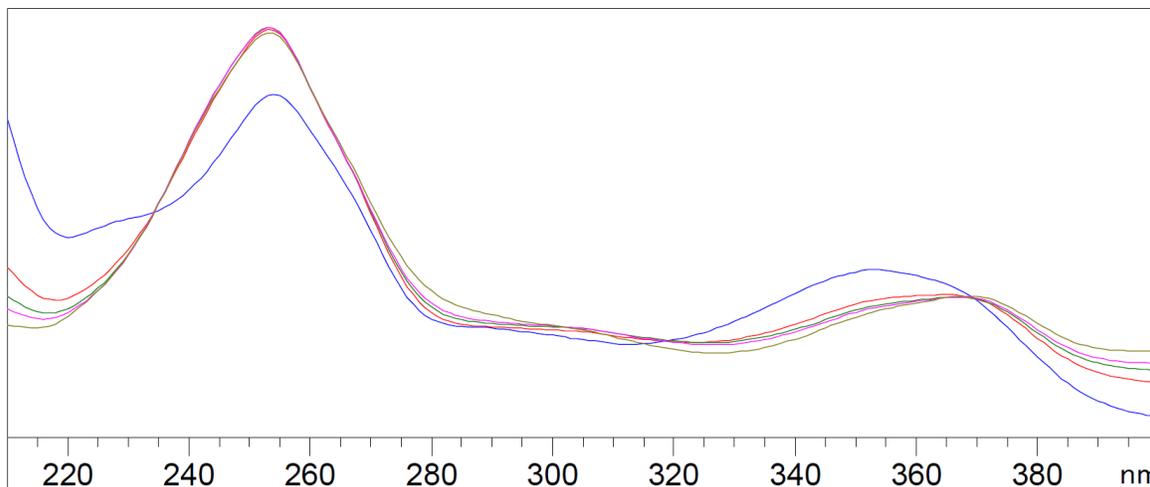
Figura 20: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 21: Espectro de ácido elágico eluido a 14.246 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.

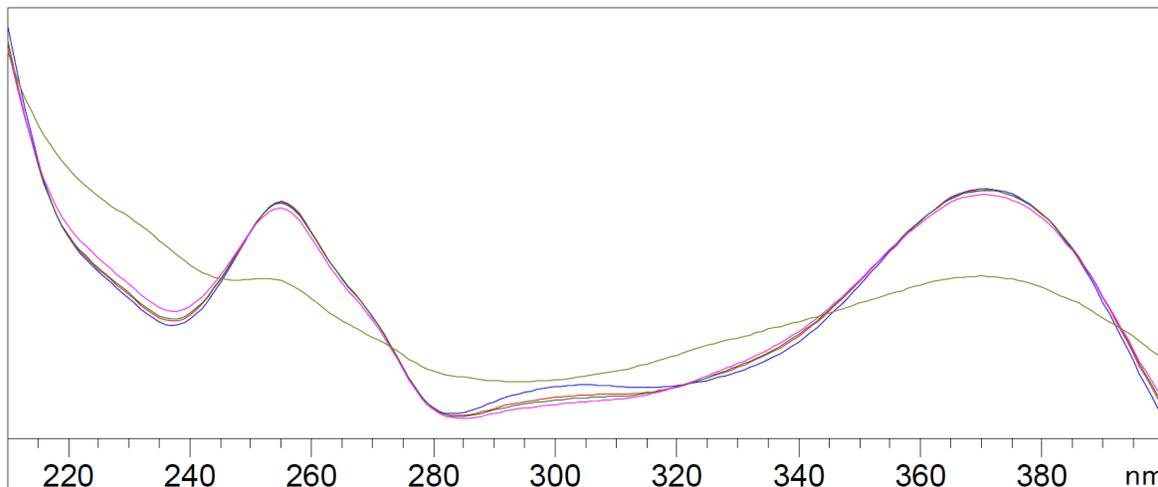
Peak :38 at 14.246 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 22: Espectro de quercetina eluido a 19.596 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.

Peak :52 at 19.596 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

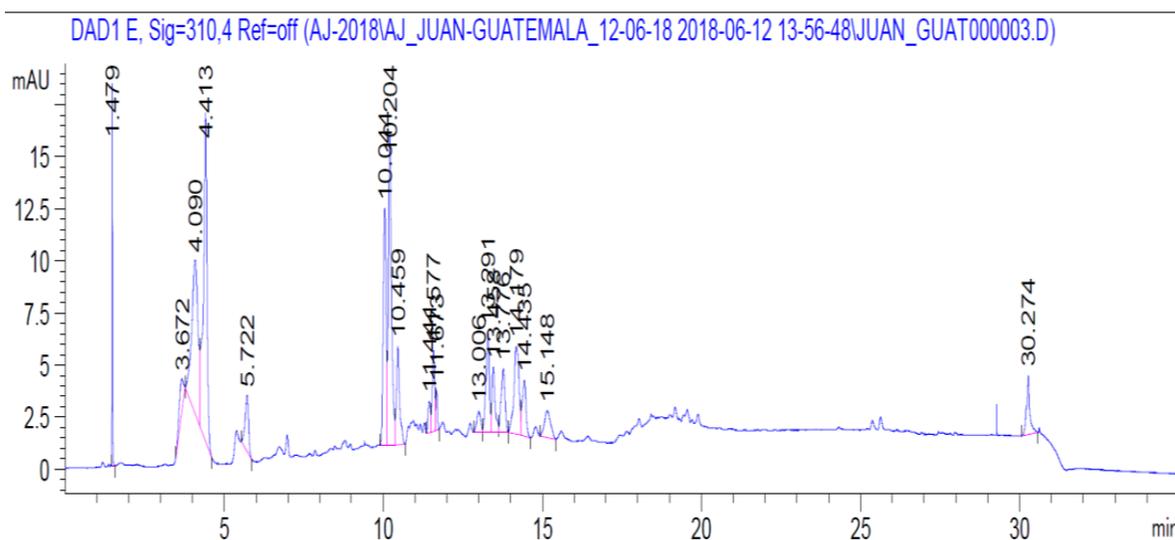
Tabla 12

*Composición de flavonoides de jocote colorado, provenientes de Honduras, 15/03/2017.*

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>14.234</b>	<b>15.374</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm				7.71 0.03%	107.48 0.48%		270.98 1.21%	7.84 0.04%	4118 18.5%
DAD 1B 254 nm				6.86 0.27%	265.67 10.4%		224.56 8.78%	8.94 0.35%	11.92 0.47%
DAD 1C 260 nm				7.74 0.28%	226.58 8.19%		205.39 7.42%	10.11 0.37%	11.72 0.42%
DAD 1D 285 nm				8.89 0.4%	56.63 2.55%		80.50 3.62%	5.64 0.25%	
DAD 1E 310 nm				8.92 0.98%	31.06 3.4%		89.66 9.8%	6.52 0.71%	6.72 0.73%

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

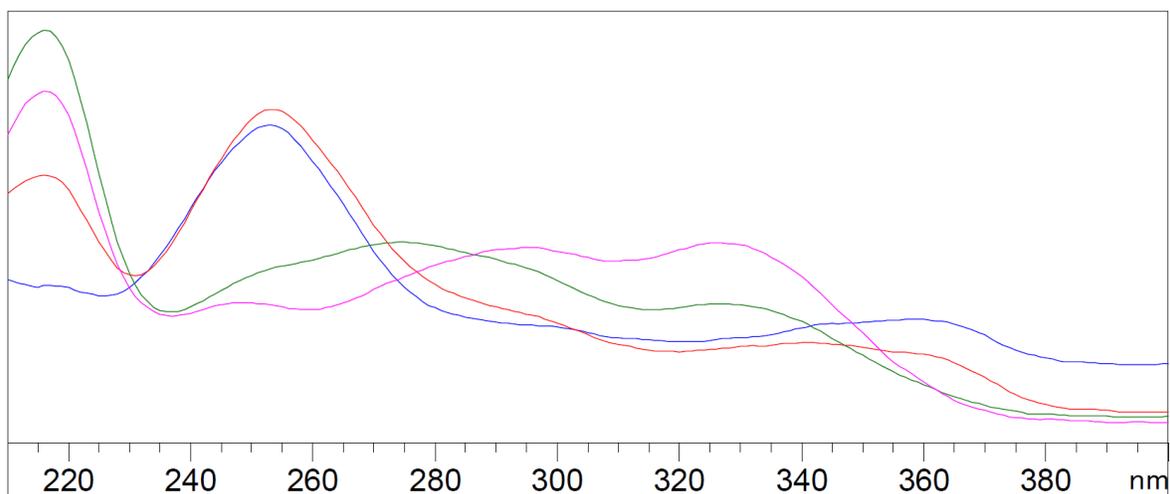
Figura 23: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 24: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.264 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.

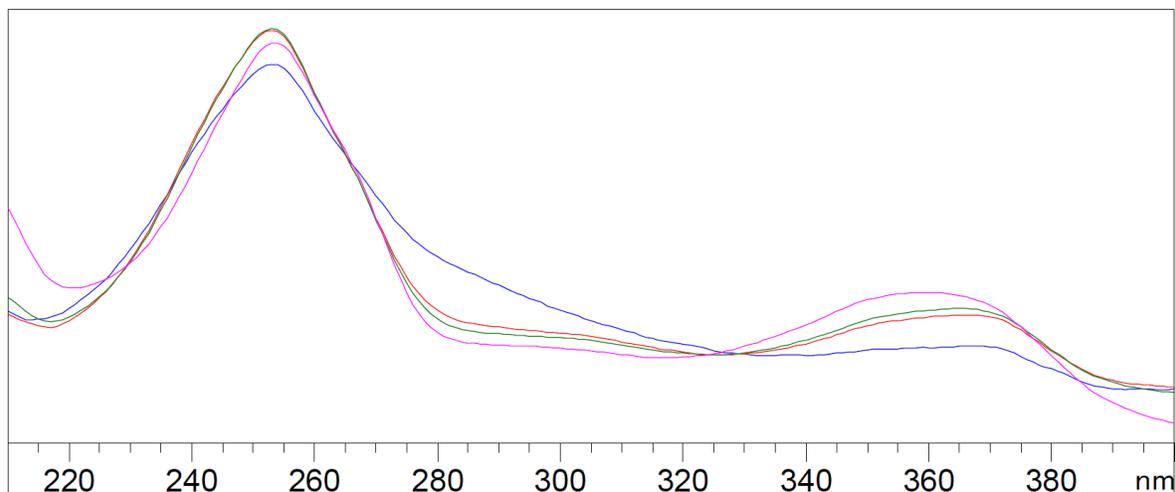
Peak :33 at 13.264 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 25: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.164 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.

Peak :37 at 14.164 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

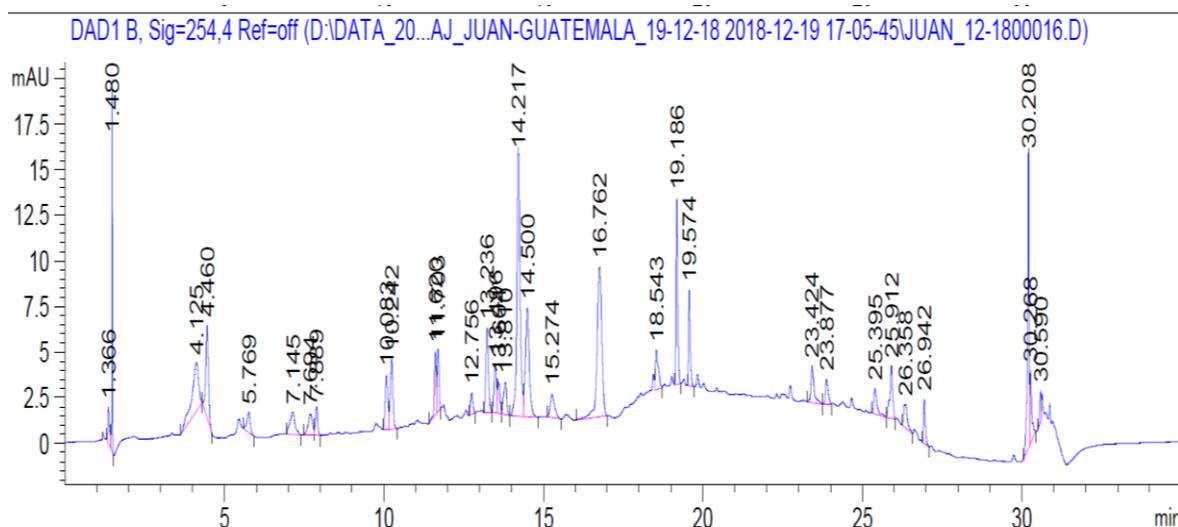
Tabla 13

*Composición de flavonoides de jocote de corona, Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, 05/04/2017.*

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>14.234</b>	<b>15.374</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			28.39 0.14%	16.75 0.08%	94.26 0.46%				
DAD 1B 254 nm			12.00 0.51%	28.49 1.22%	212.91 9.13%		5.79 0.25%		7.28 0.31%
DAD 1C 260 nm			11.61 0.42%	22.79 0.82%	185.17 6.64%				
DAD 1D 285 nm			16.09 0.59%	12.28 0.45%	59.34 2.19%				
DAD 1E 310 nm			22.18 3.06%	25.13 3.47%	46.81 6.46%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

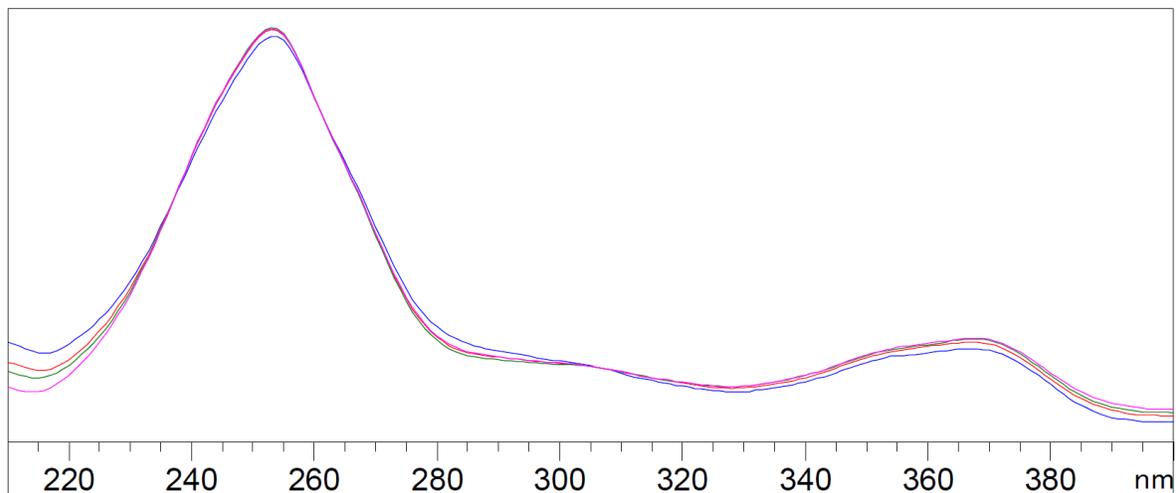
Figura 26: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 27: Espectro de ácido elágico eluido a 14.217 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).

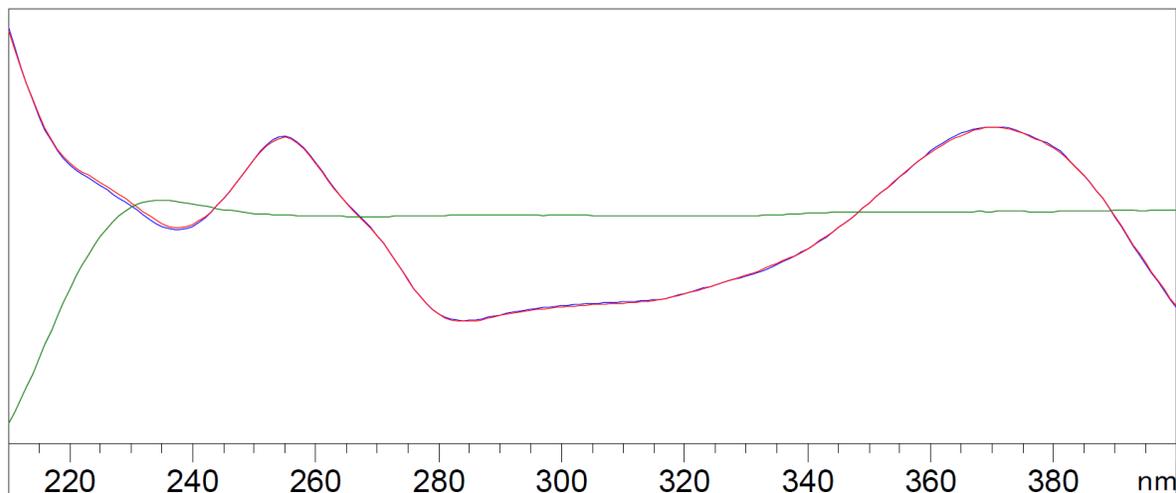
Peak :28 at 14.217 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 28: Espectro de quercetina eluido a 19.572 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).

Peak :36 at 19.572 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

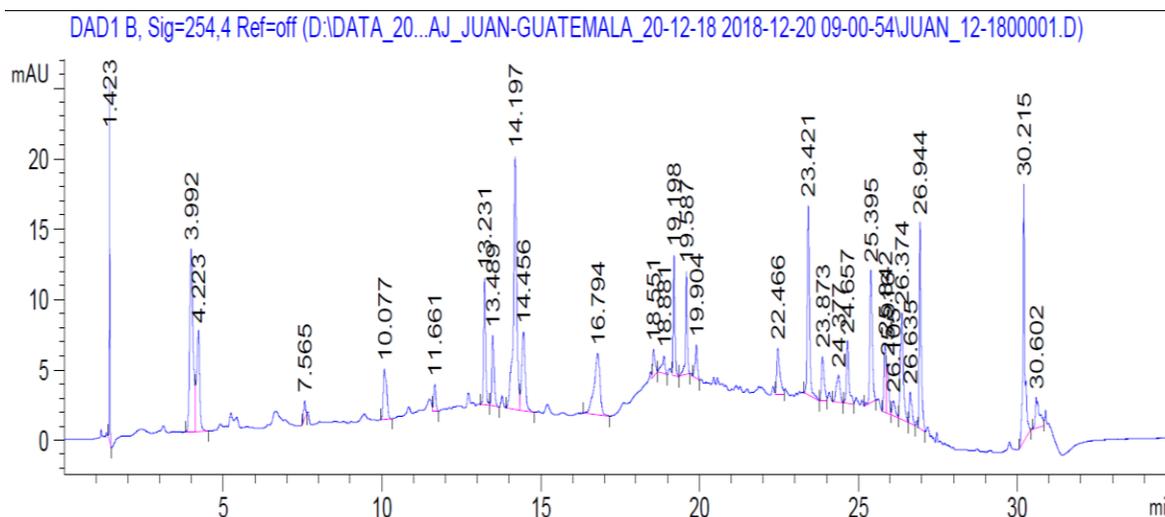
Tabla 14

*Composición de flavonoides de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra A).*

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>14.234</b>	<b>15.374</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			5.59 0.02%	7.46 0.02%	46.54 0.13%		9454 25.8%		
DAD 1B 254 nm			15.03 2.05%	12.16 1.66%	103.84 14.2%		18.9 2.58%		7.79 1.06%
DAD 1C 260 nm			14.39 1.87%	12.32 1.6%	88.39 11.5%		16.96 2.2%		7.63 0.99%
DAD 1D 285 nm			10.99 2.22%		22.39 4.53%		6.89 1.39%		
DAD 1E 310 nm			10.51 3.97%	6.85 2.59%	14.52 5.48%		7.24 2.73%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

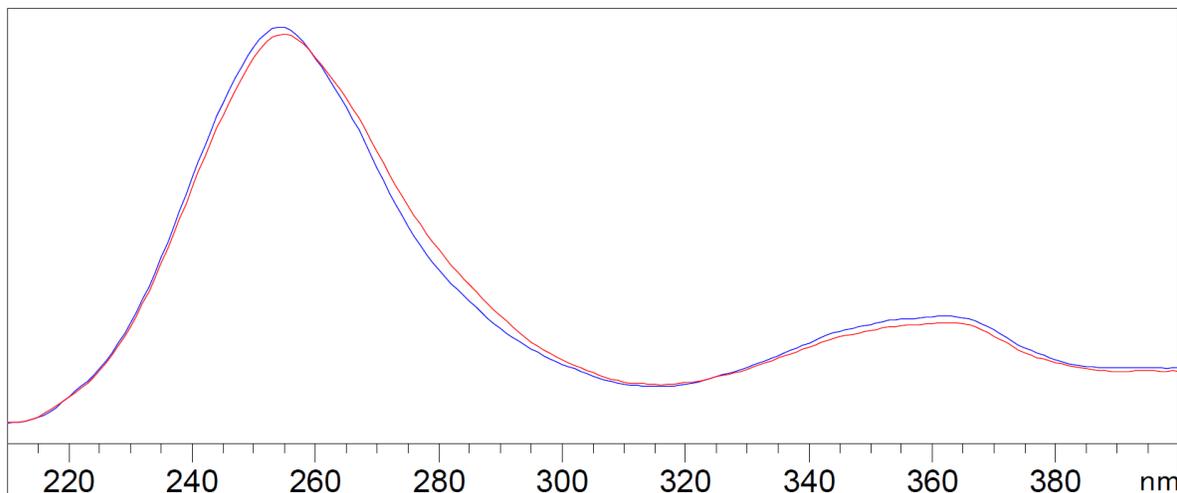
Figura 29: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 30: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.489 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).

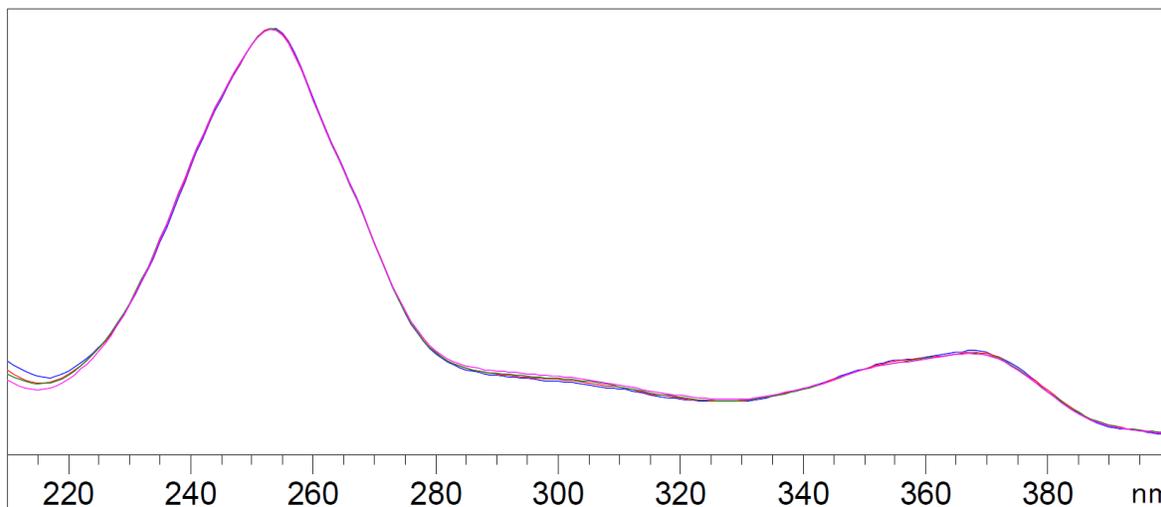
Peak :23 at 13.489 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 31: Espectro de ácido elágico eluido a 14.197 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).

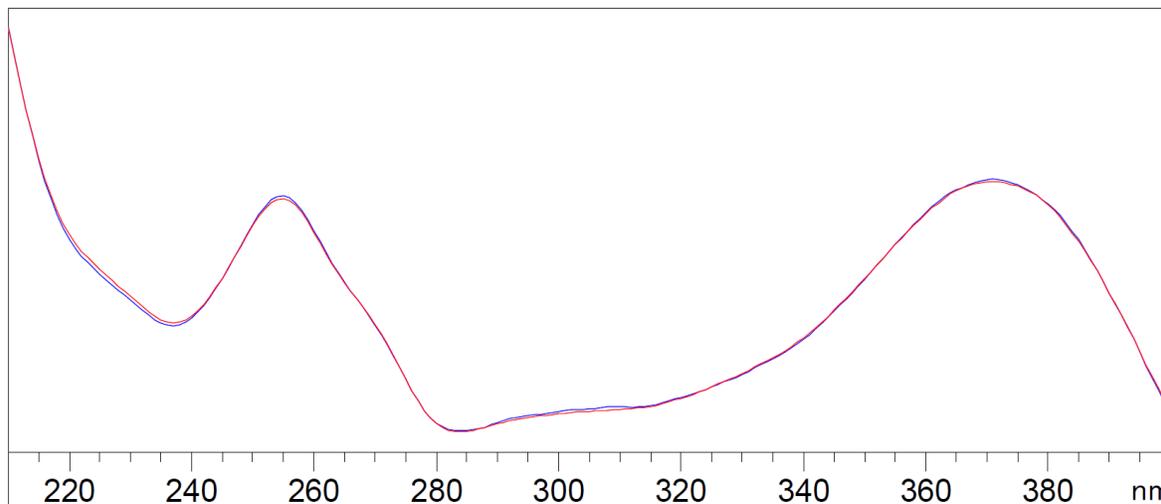
Peak :24 at 14.197 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 32: Espectro de quercetina eluido a 19.586 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).

Peak :33 at 19.586 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

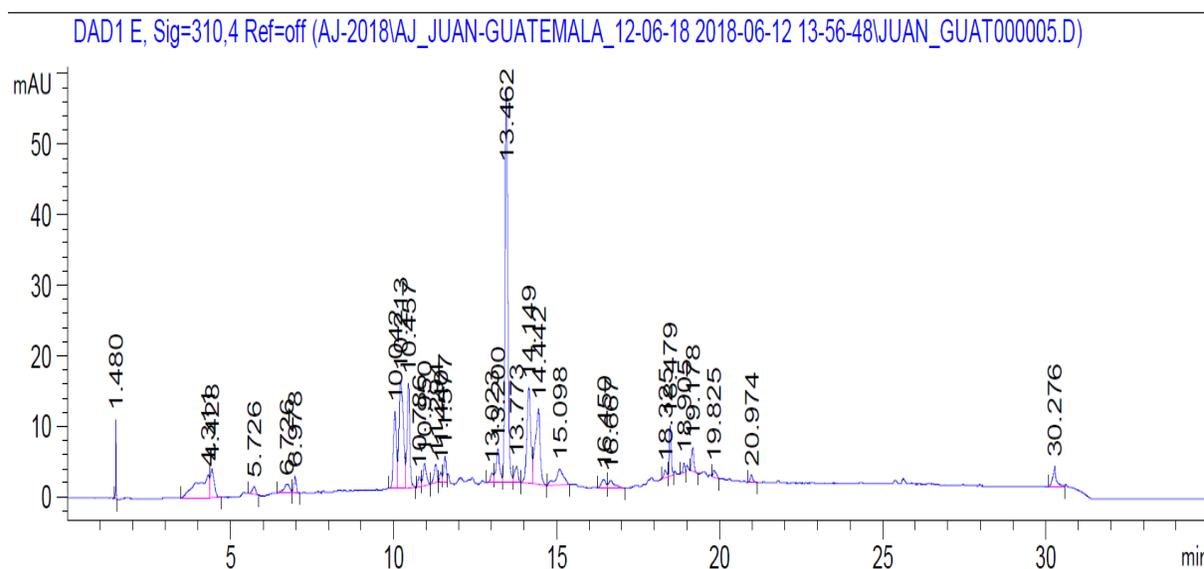
Tabla 15

Composición de flavonoides de jocote de verano, mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, 05/05/2017 (Muestra B).

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm					42.06 0.17%		47.51 0.19%		48.69 0.2%
DAD 1B 254 nm			25.34 2.39%		132.96 2.39%		28.81 2.72%		18.71 1.77%
DAD 1C 260 nm			23.49 2.2%		111.95 10.47%		28.69 2.68%		18.32 1.71%
DAD 1D 285 nm					18.98 2.19%		10.30 1.19%		
DAD 1E 310 nm					15.62 4.83%		10.70 3.31%		5.88 1.82%

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

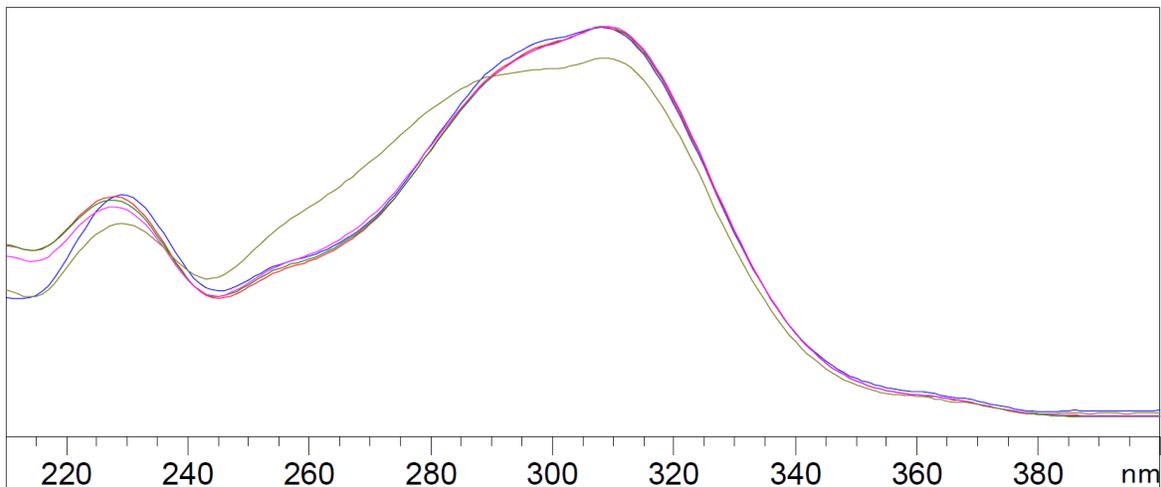
Figura 33: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 34: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.462 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.

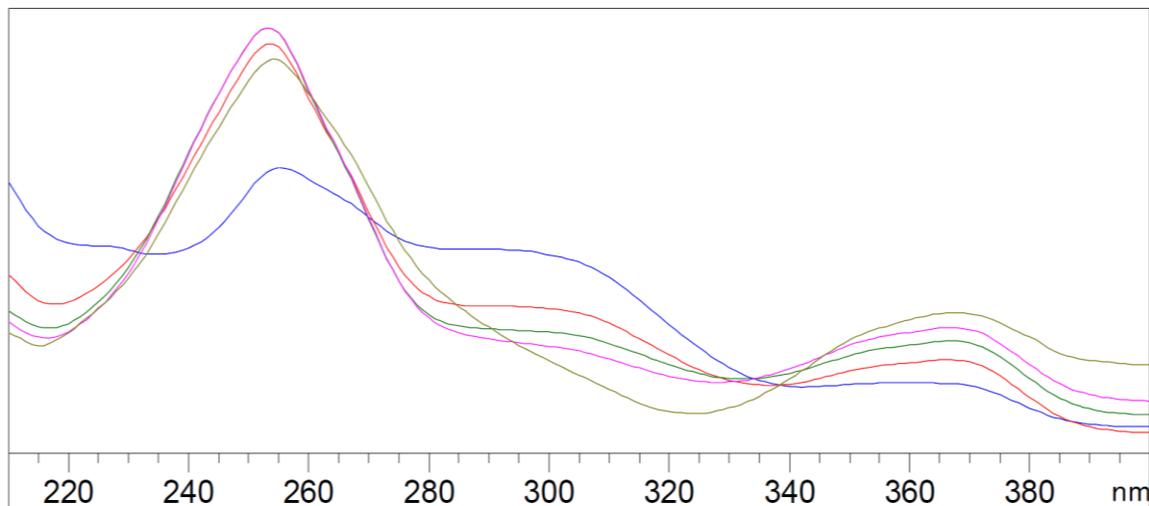
Peak :40 at 13.462 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 35: Espectro de ácido elágico eluido a 14.167 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.

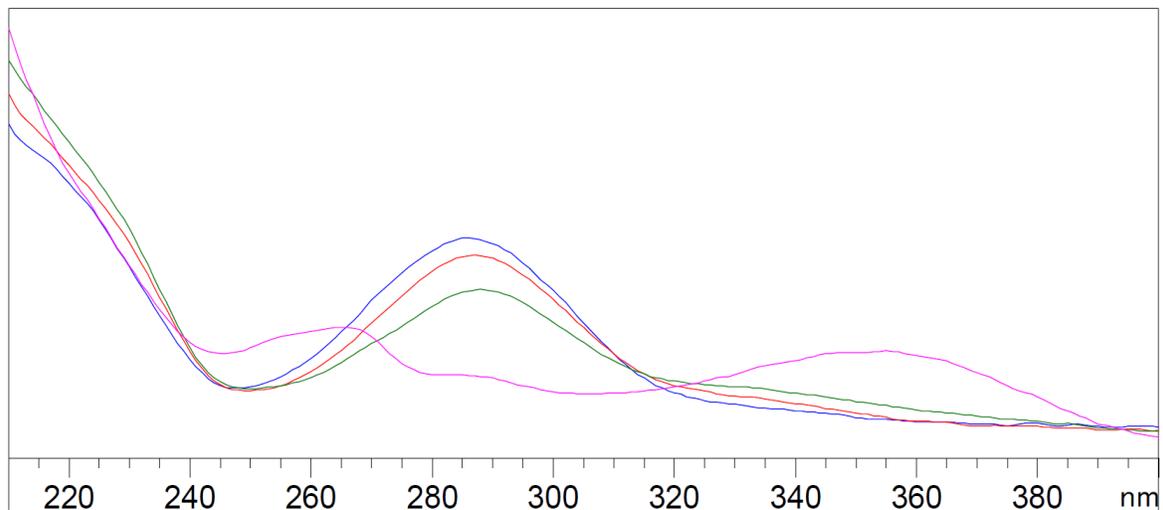
Peak :42 at 14.167 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 36: Espectro de taxifolina eluido a 15.111 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.

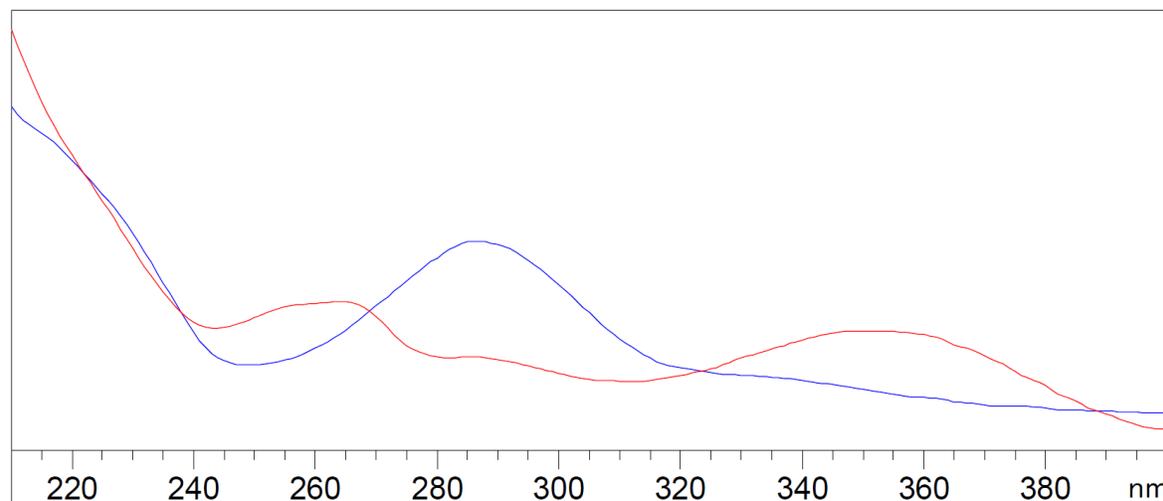
Peak :45 at 15.111 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 37: Espectro de kaemferol-3-O-rutinósido eluido a 15.299 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.

Peak :46 at 15.299 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

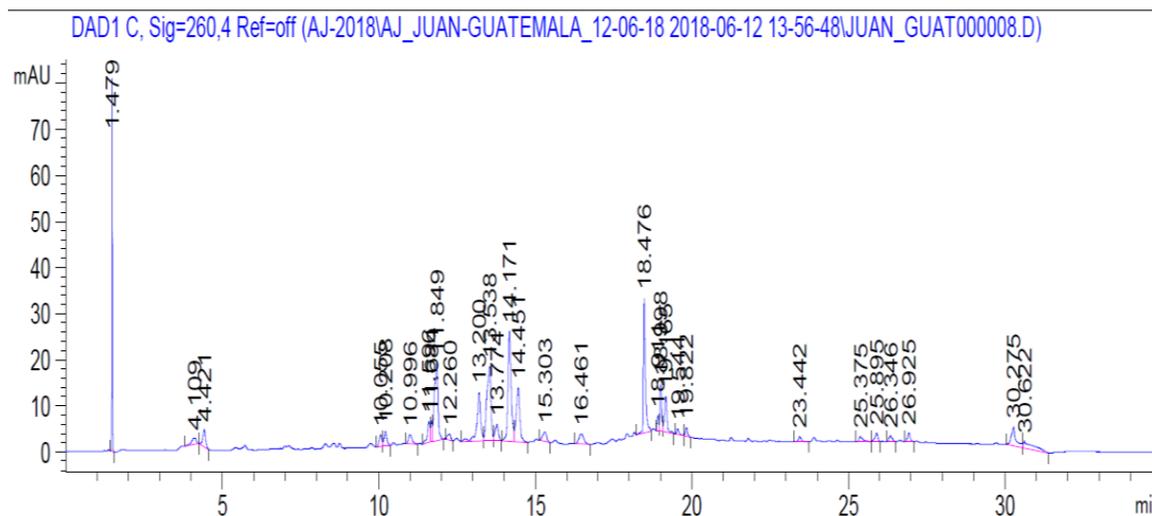
Tabla 16

Composición de flavonoides de jocote tronador, Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, 03/10/2017.

Estándar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.064	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		10.46 0.05%	190.12 0.82%	204.25 0.88%				74.52 0.32%		
DAD 1B 254 nm	23.59 1.03%		152.14 6.64%	32.69 1.43%	399.82 17.46%		49.23 2.15%	9.55 0.42%	6.93 0.3%	9.54 0.42%
DAD 1C 260 nm	22.77 0.96%		168.96 7.09%	35.05 1.47%	348.49 14.63%		54.67 2.29%	8.18 0.34%	8.19 0.34%	9.03 0.38%
DAD 1D 285 nm		12.94 0.68%	293.28 15.40%	24.56 1.29%	148.87 7.82%	30.00 1.58%				
DAD 1E 310 nm		15.38 1.16%	339.83 25.72%	18.29 1.38%	112.55 8.52%	35.68 2.70%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

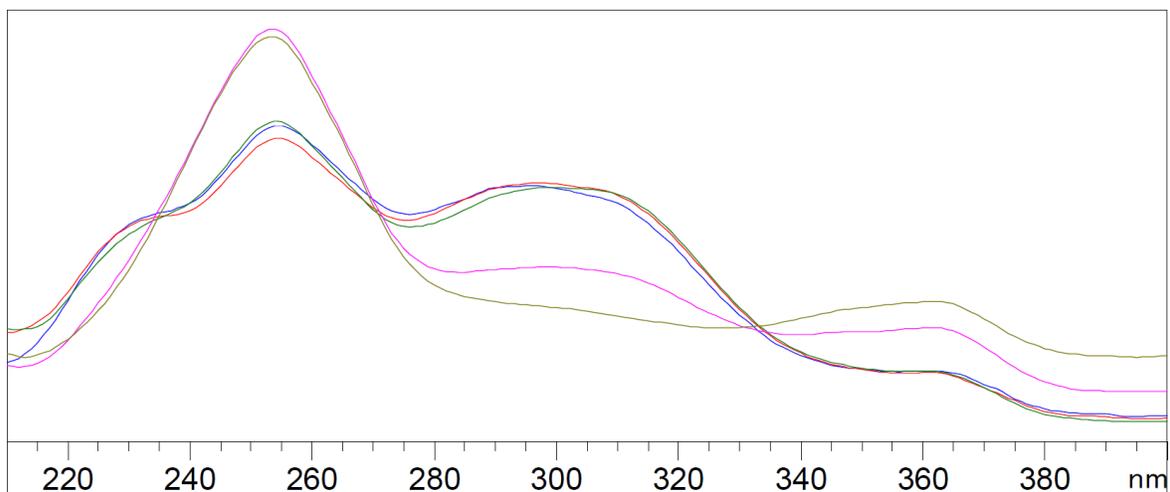
Figura 38: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 39: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.462 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.

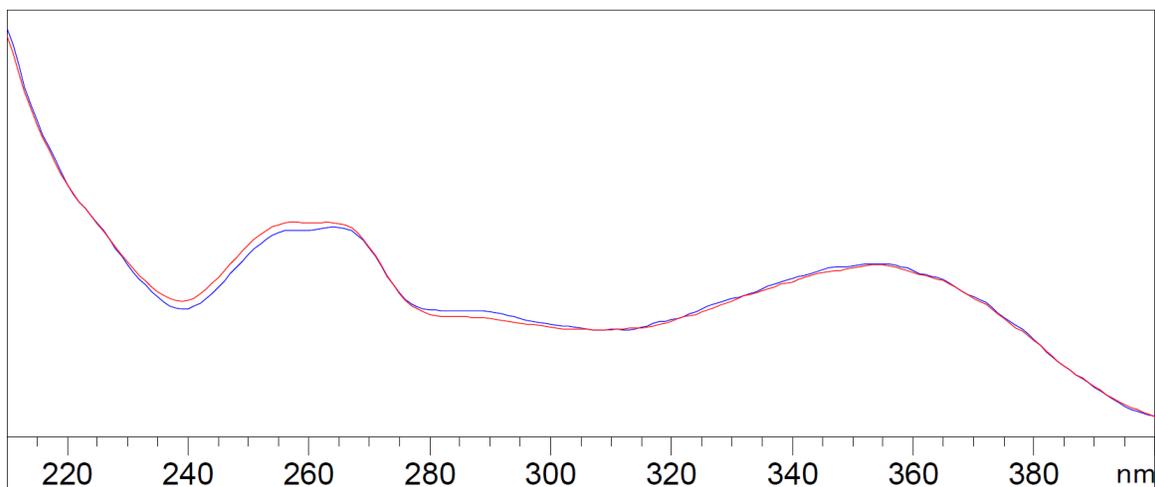
Peak :27 at 13.462 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 40: Espectro de rutina eluido a 13.774 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.

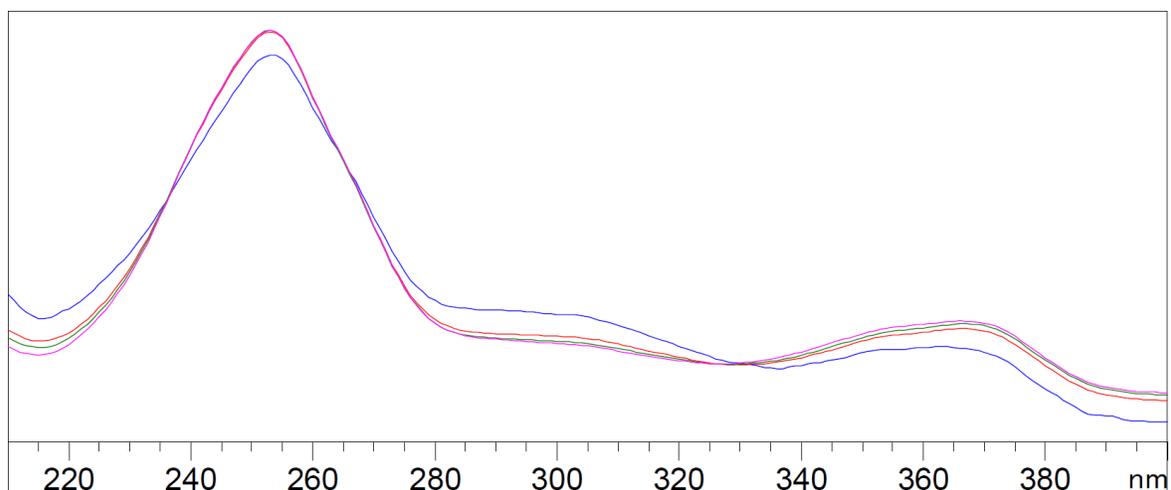
Peak :29 at 13.774 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 41: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.171 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.

Peak :30 at 14.171 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

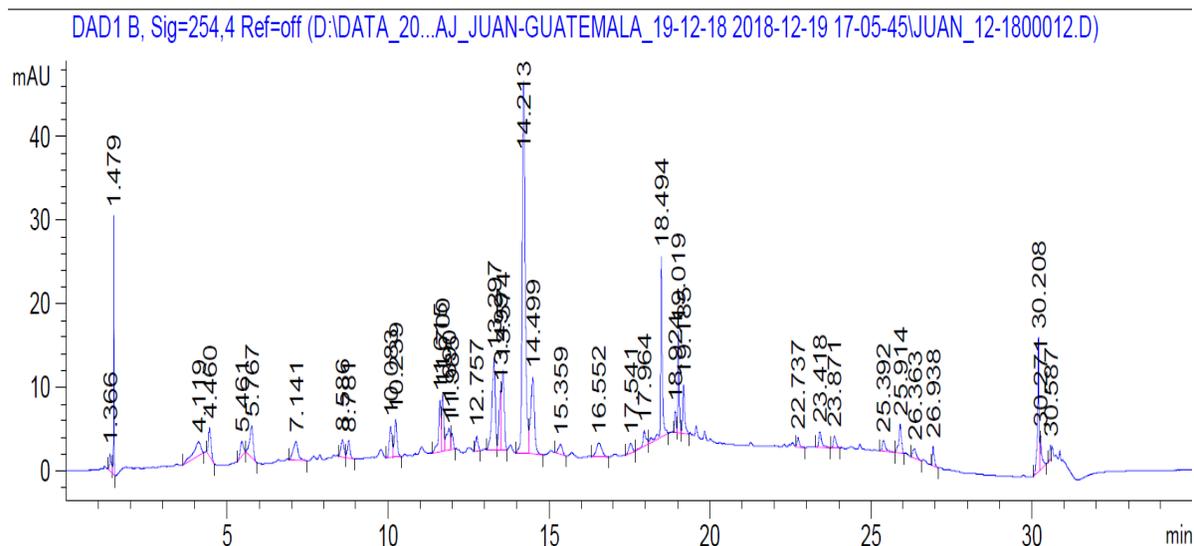
Tabla 17

Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, 03/10/2017.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y $\lambda$ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			62.58 0.21%	17.62 0.06%	83.38 0.28%				
DAD 1B 254 nm				26.12 2.02%	202.9% 15.70%	17.85 1.38%	6.00 0.46%		9.02 0.70%
DAD 1C 260 nm				26.75 2.06%	171.45 13.18%	19.74 1.52%	7.05 0.54%		
DAD 1D 285 nm			66.96 8.45%	11.91 1.5%	47.03 5.93%				
DAD 1E 310 nm			63.06 10.98%	10.65 1.86%	37.18 6.48%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

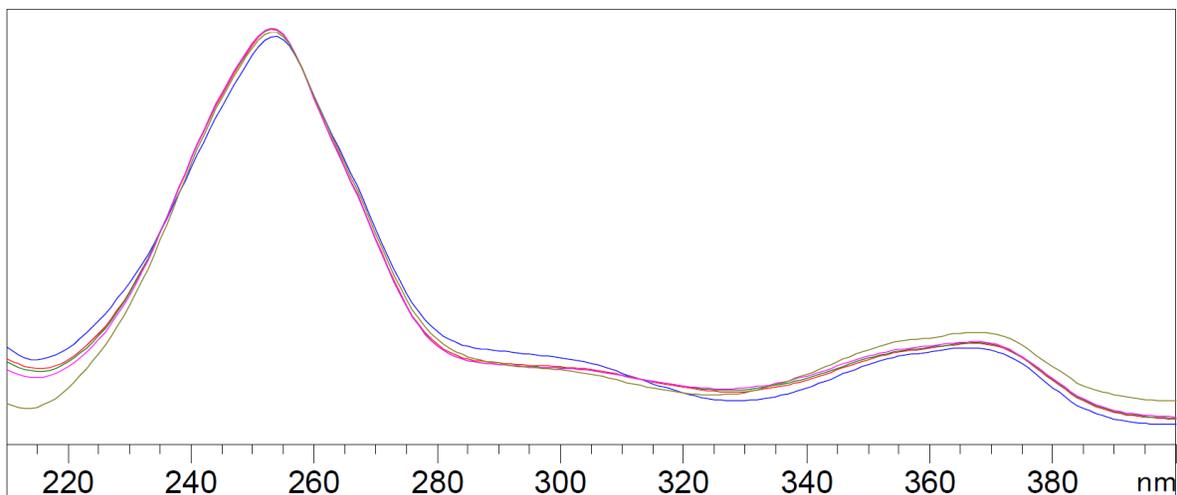
Figura 42: Cromatograma (HPLC-DAD) a 254 nm de cáscara-pulpa de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 43: Espectro de ácido elágico eluido a 14.213 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

Peak :35 at 14.213 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

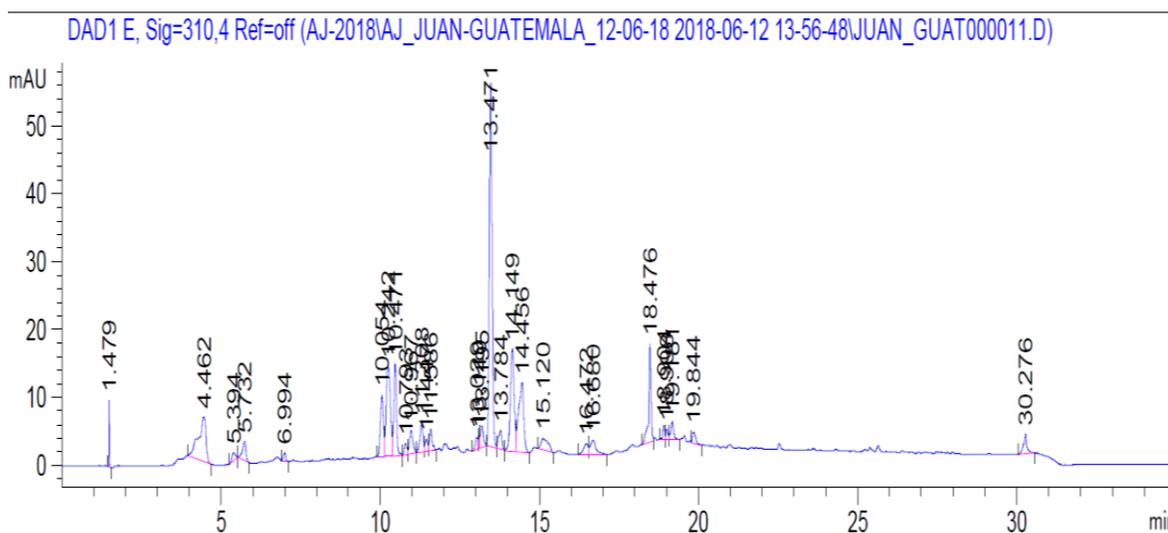
Tabla 18

Composición de flavonoides de jocote *Rax Ux*, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			44.39 0.13%		101.47 0.3%				
DAD 1B 254 nm					291.03 24.31%	9.86 0.82%			7.89 0.66%
DAD 1C 260 nm					245.08 20.16%	10.92 0.90%			7.82 0.64%
DAD 1D 285 nm			60.07 6.05%	10.20 1.03%	40.62 4.09%				
DAD 1E 310 nm			44.28 8.99%		48.01 9.74%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

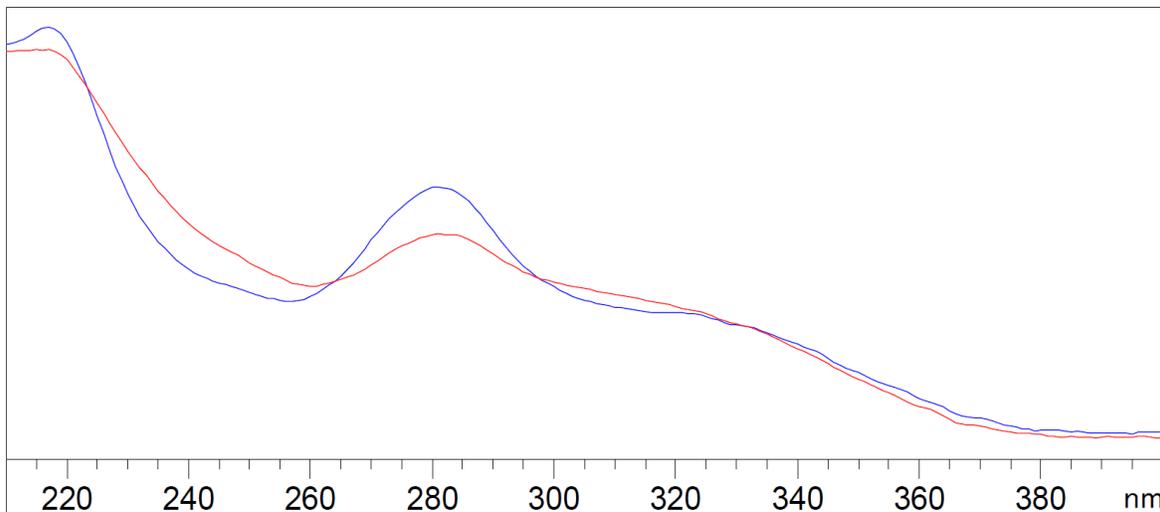
Figura 44: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 45: Espectro de ácido caféico eluido a 11.590 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

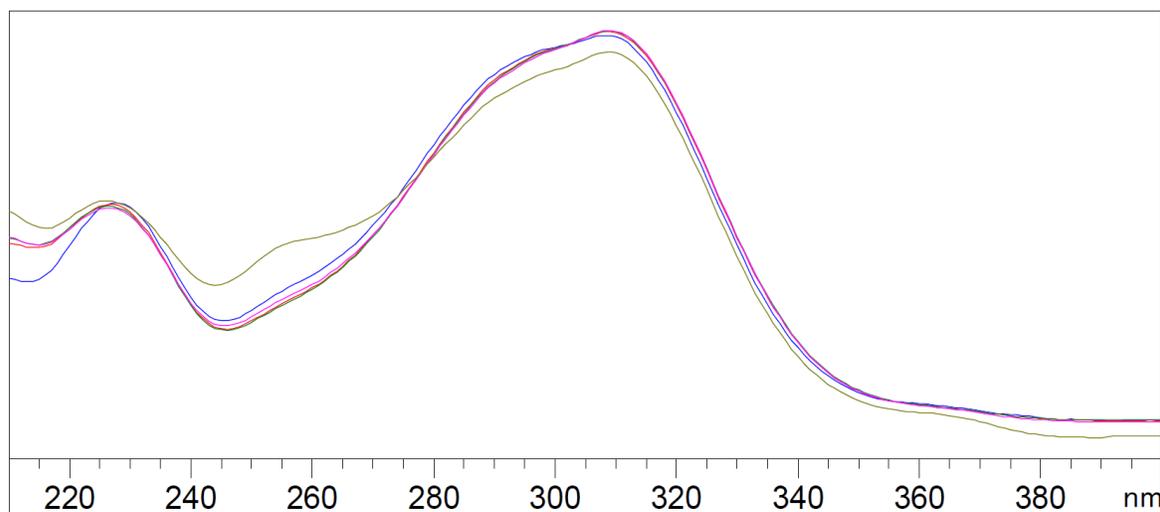
Peak :33 at 11.590 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 46: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.471 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

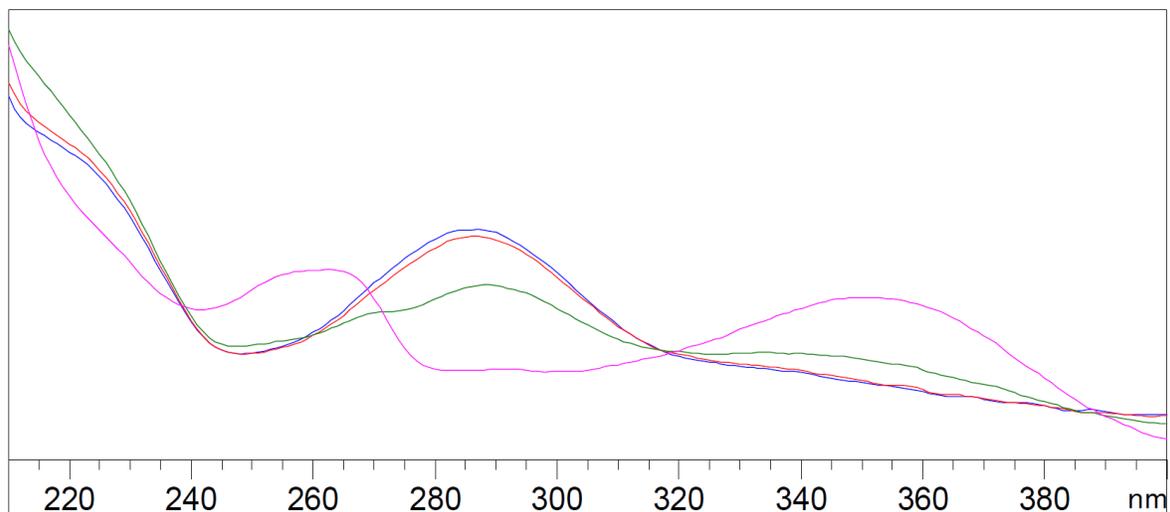
Peak :44 at 13.471 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 47: Espectro de taxifolina eluido a 15.135 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

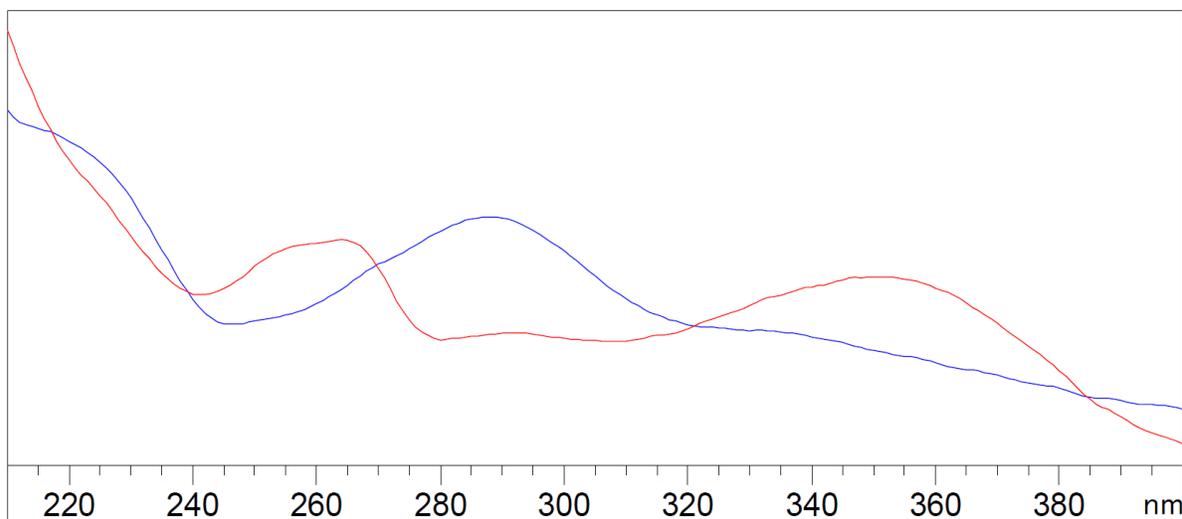
Peak :49 at 15.135 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 48: Espectro de kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.315 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

Peak :50 at 15.315 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

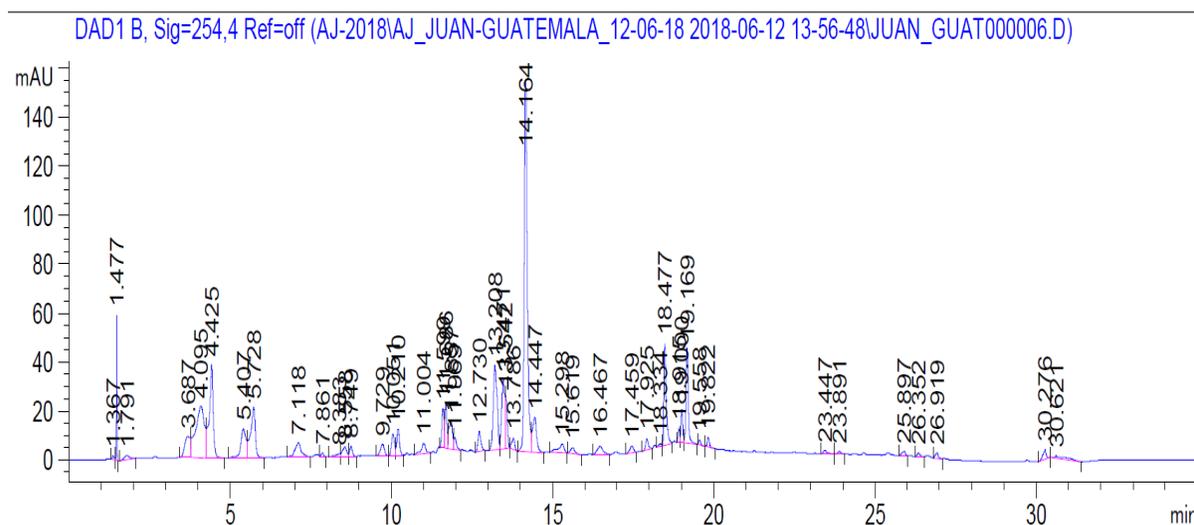
Tabla 19

Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/10/2017.

Estándar	1	2	3	4	6	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	15.064	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		12.28 0.04%	182.67 0.52%	24.39 0.07%	60.81 0.17%				
DAD 1B 254 nm		7.96 0.31%	122.5 4.83%	44.74 1.76%		65.94 2.6%	14.98 0.59%		18.07 0.71%
DAD 1C 260 nm			139.77 5.19%	45.46 1.69%		67.79 2.52%	11.61 0.43%		14.37 0.53%
DAD 1D 285 nm		18.32 0.85%	281.01 13.04%	24.63 1.14%	37.96 1.76%	15.58 0.72%			
DAD 1E 310 nm		28.89 2.15%	326.93 24.32%	20.75 1.54%	27.71 2.06%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

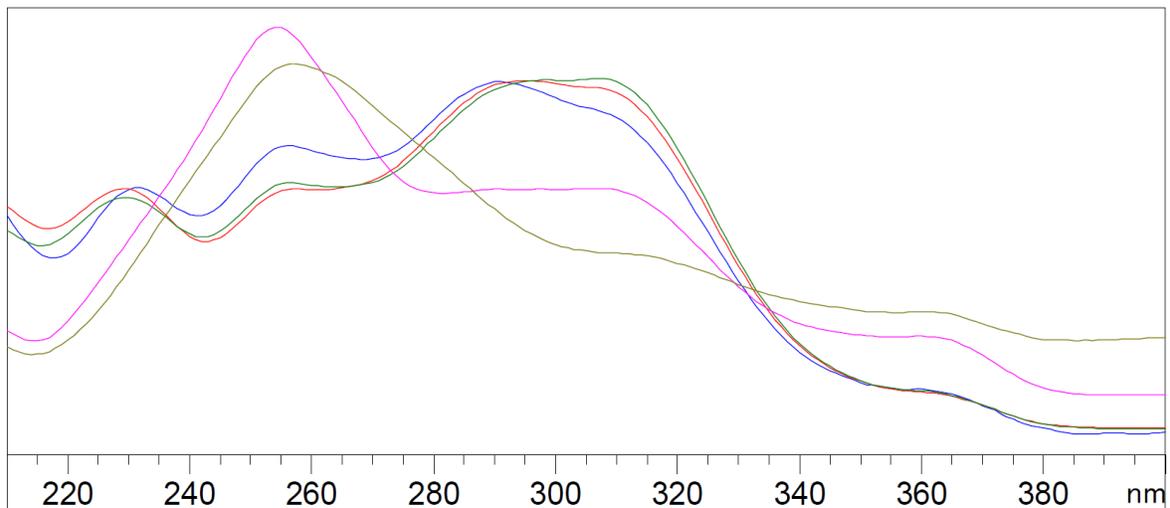
Figura 49: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 50: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.469 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.

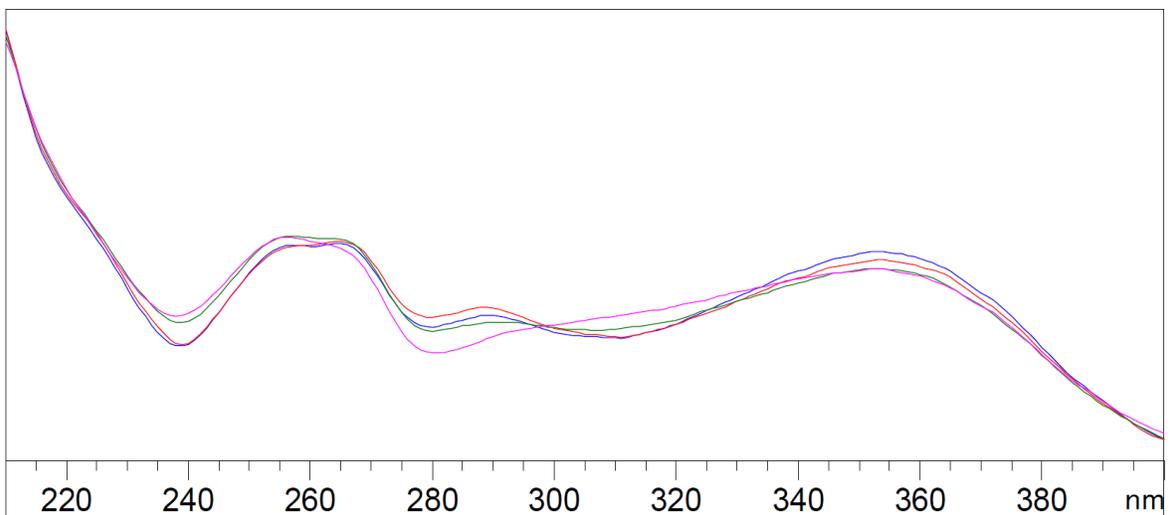
Peak :45 at 13.469 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 51: Espectro de rutina eluido a 13.784 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.

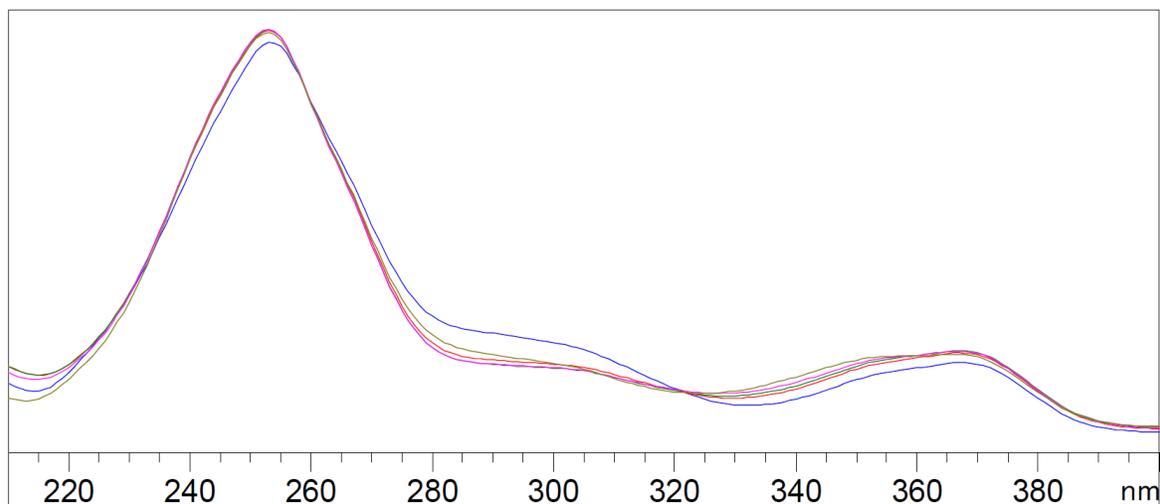
Peak :47 at 13.784 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 52: Espectro de ácido elágico eluido a 14.164 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.

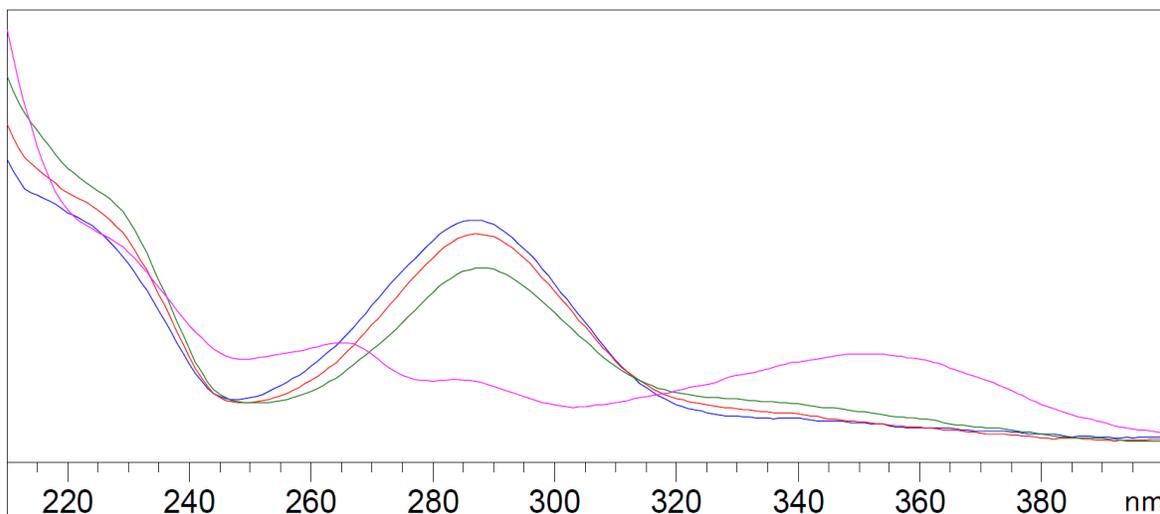
Peak :49 at 14.164 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 53: Espectro de taxifolina eluido a 15.111 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.

Peak :53 at 15.111 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

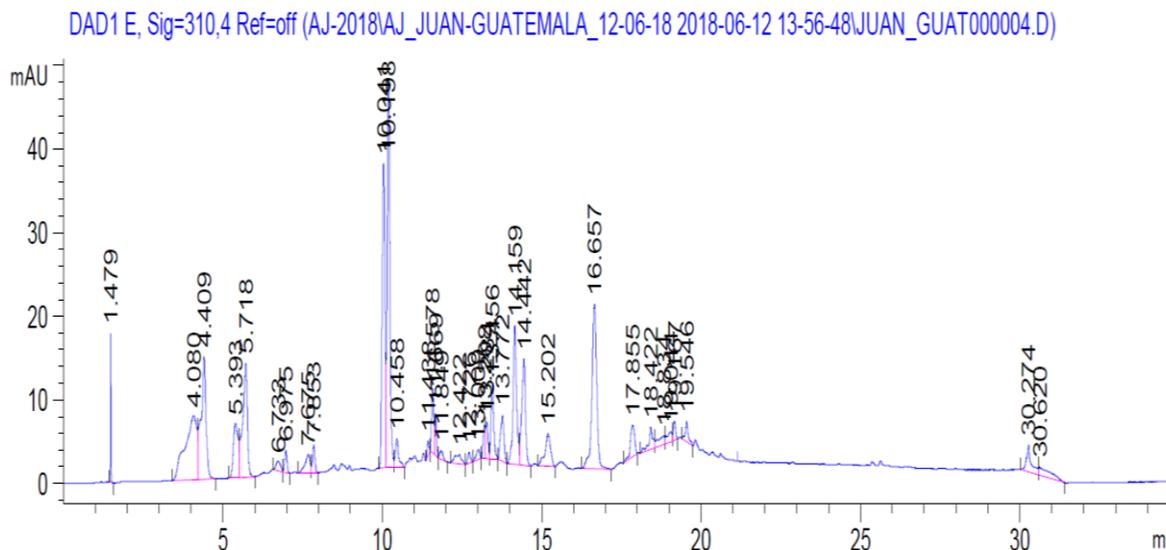
Tabla 20

Composición de flavonoides de jocote Rax Ux, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 09/11/2017.

Estándar	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tR	11.306	13.461	13.774	14.234	15.0644	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm	6.66 0.02%	208.15 0.68%	25.56 0.08%	363.38 1.19%	79.23 0.26%				
DAD 1B 254 nm		184.36 4.16%	29.87 0.67%	992.41 22.4%		44.83 1.01%	7.9 0.18%		6.97 0.16%
DAD 1C 260 nm		289.13 5.89%	40.34 0.82%	826.97 16.84%		56.05 1.14%	5.98 0.12%		
DAD 1D 285 nm	10.65 0.23%	275.63 5.87%	18.22 0.39%	259.34 5.52%	59.00 1.26%				
DAD 1E 310 nm	15.52 0.79%	271.57 13.85%	25.64 1.31%	184.31 9.4%	12.09 0.62%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

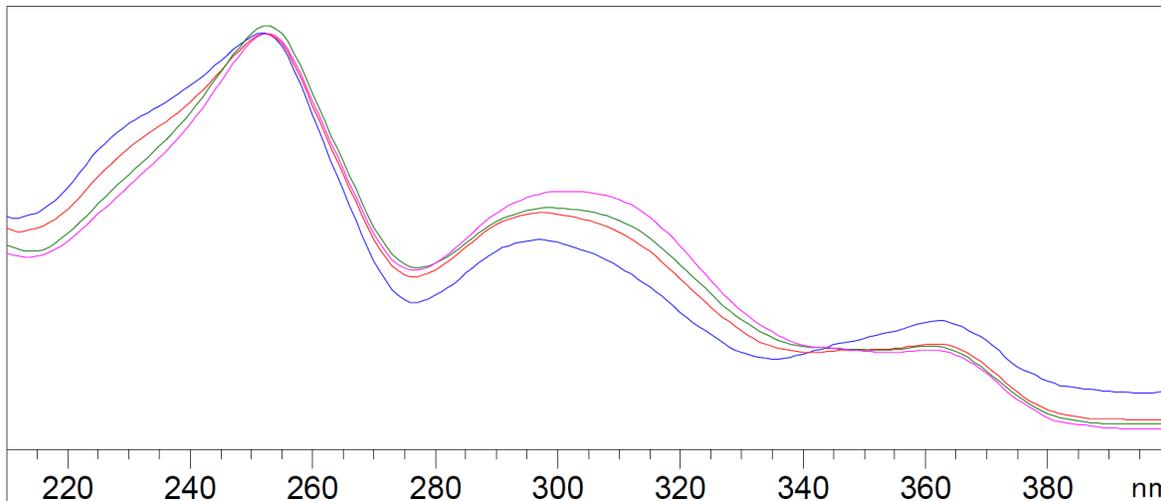
Figura 54: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 55: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.459 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.

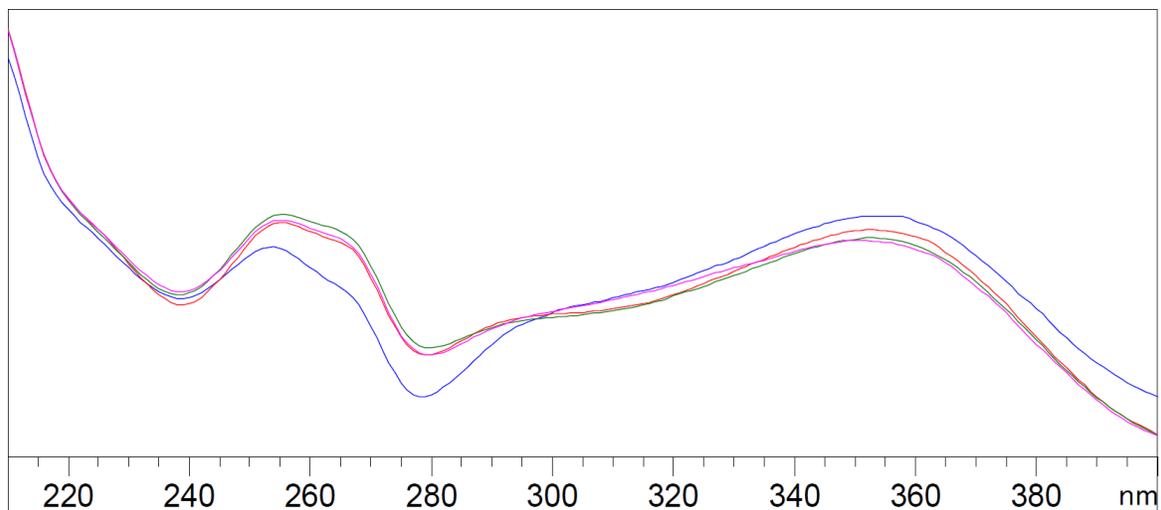
Peak :46 at 13.459 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 56: Espectro de rutina eluido a 13.769 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.

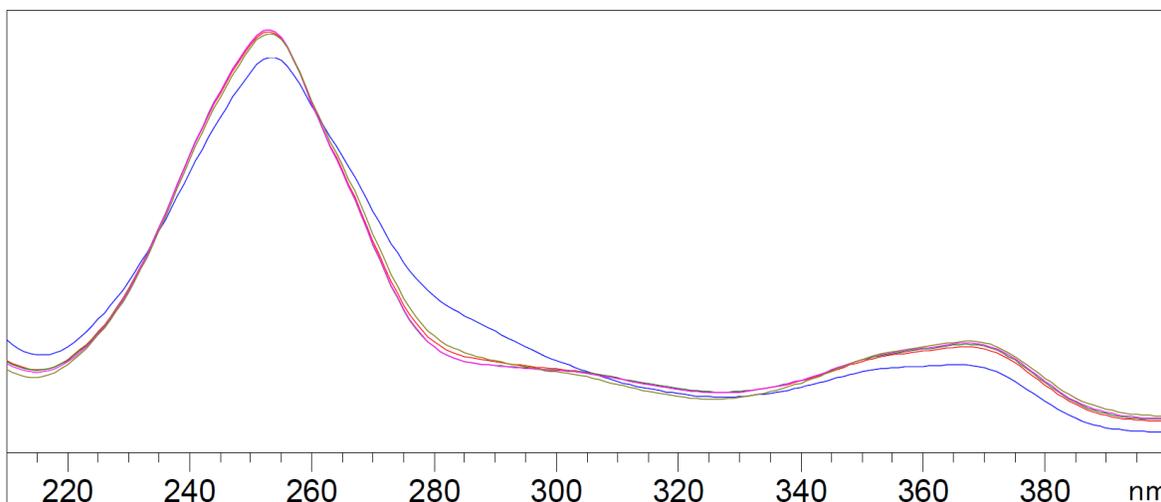
Peak :48 at 13.769 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 57: Espectro de ácido elágico eluido a 14.160 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.

Peak :49 at 14.160 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

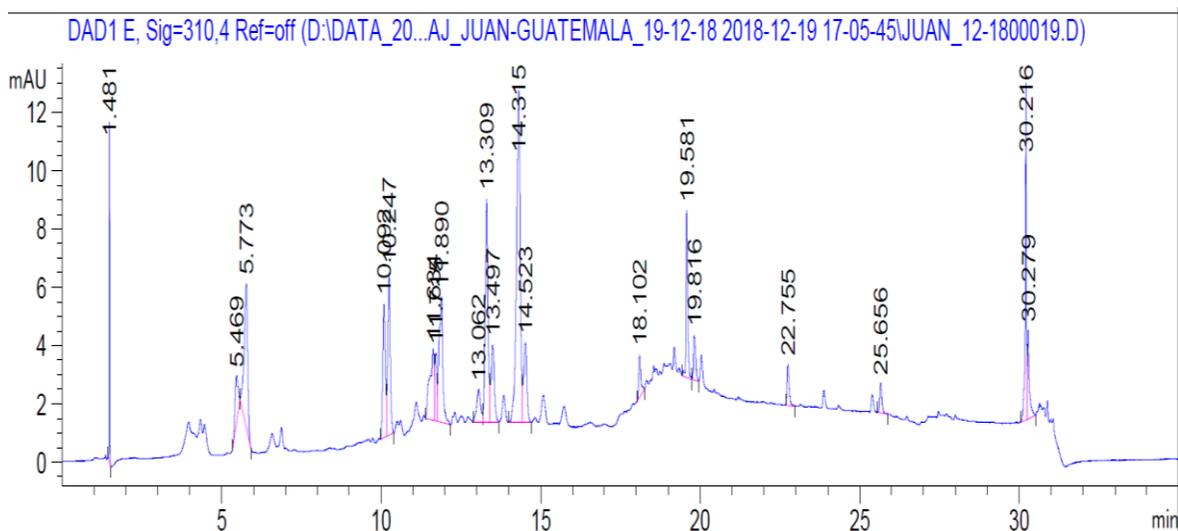
Tabla 21

Composición de flavonoides de jocote de corona, mercado de Santiago Atitlán, Sololá, 11/04/2018.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			69.61 0.53%	49.20 0.37%	347.91 2.63%		334.95 2.53%	44.40 0.34%	
DAD 1B 254 nm	24.45 0.50%		112.78 2.30%	53.46 1.09%	933.28 19.03%		18.89 0.39%		7.88 0.16%
DAD 1C 260 nm	20.64 0.39%		108.58 2.05%	51.50 0.97%	780.34 14.72%		16.43 0.31%		7.50 0.14%
DAD 1D 285 nm			75.15 1.56%	27.28 0.57%	193.39 4.02%		13.63 0.28%		
DAD 1E 310 nm			52.77 2.54%	41.09 1.98%	125.87 6.07%		14.68 0.71%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

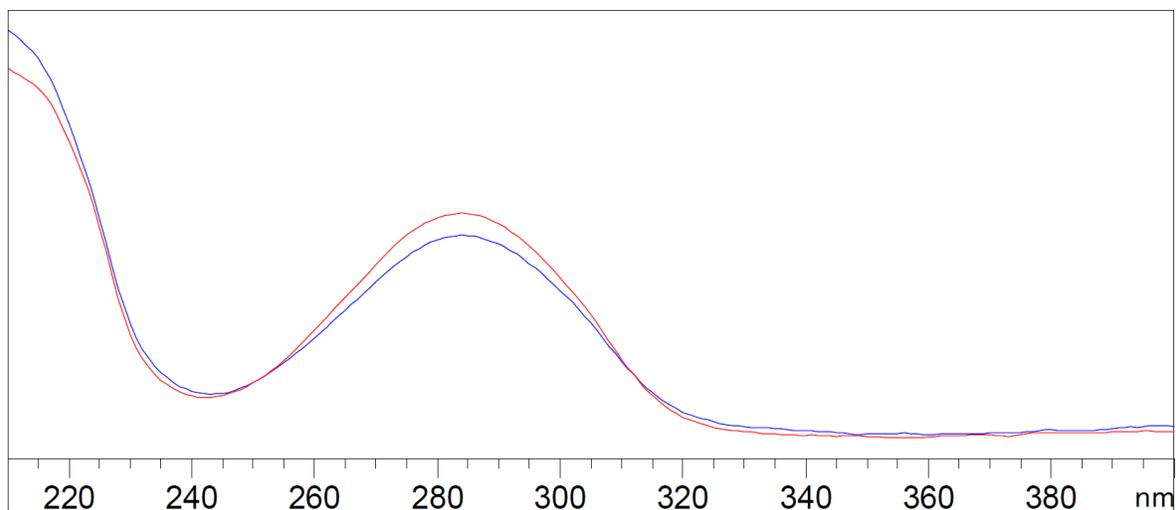
Figura 58: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 59: Espectro de taxifolina eluido a 15.084 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.

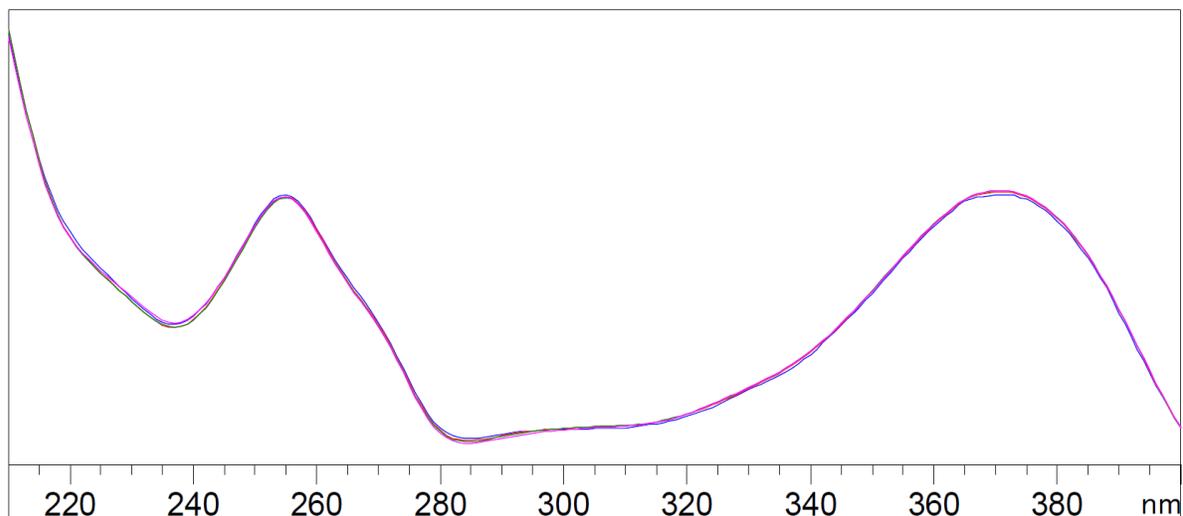
Peak :25 at 15.084 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 60: Espectro de quercetina eluido a 19.581 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.

Peak :36 at 19.581 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

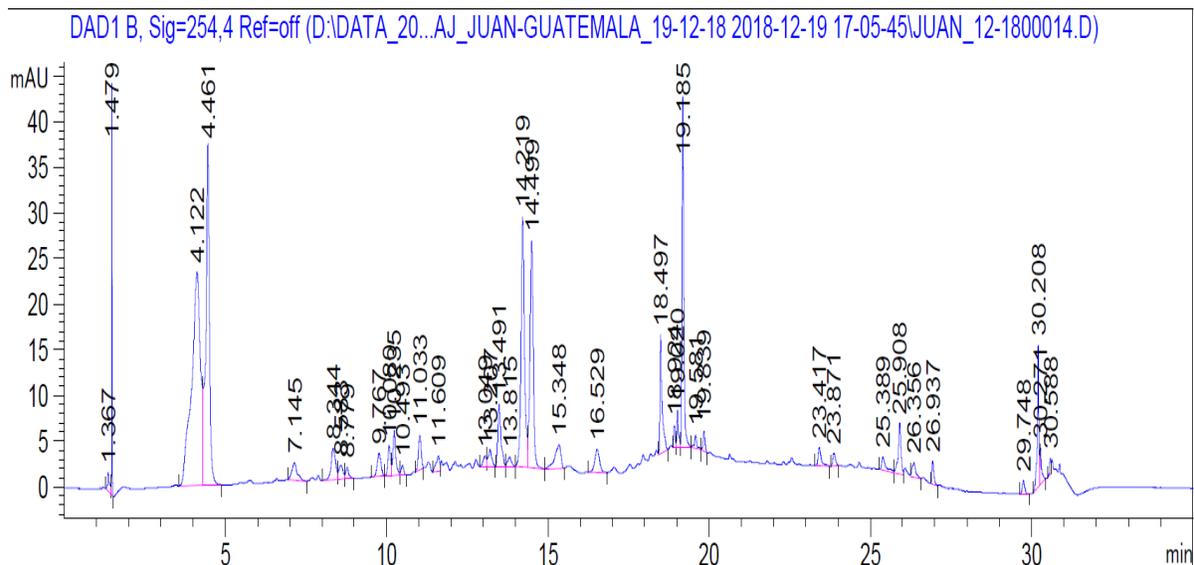
Tabla 22

*Composición de flavonoides de jocote quinín, San Francisco, Petén, 05/09/2018.*

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>15.064</b>	<b>15.374</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm					25.48 0.11%		44.79 0.20%		
DAD 1B 254 nm							55.47 4.94%		7.49 0.67%
DAD 1C 260 nm					11.53 0.86%		50.69 3.77%		7.38 0.55%
DAD 1D 285 nm		137.61 10.22%	32.63 2.42%		23.64 1.76%		18.95 1.41%		
DAD 1E 310 nm		47.33 10.25%					21.03 4.55%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

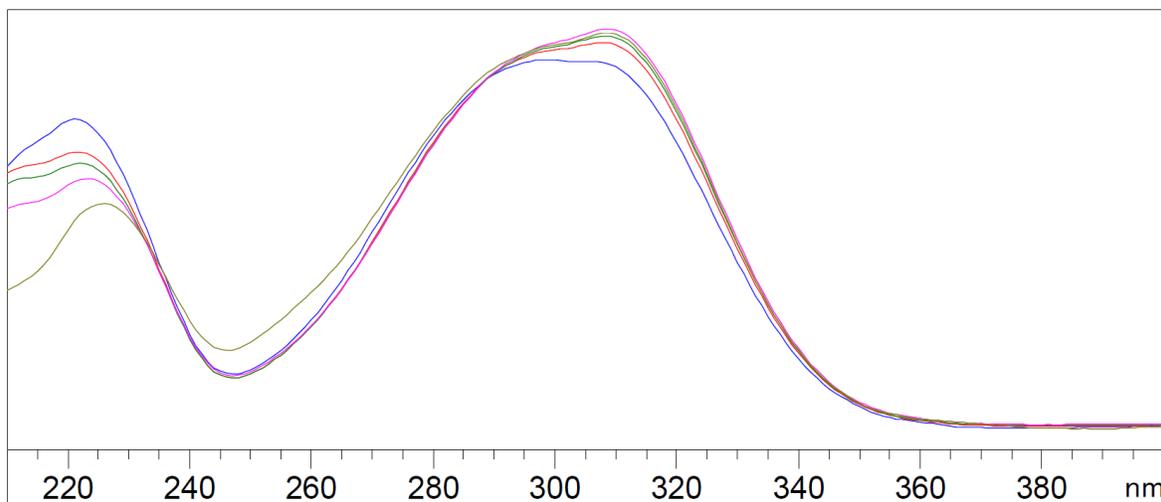
Figura 61: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 62: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.491 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).

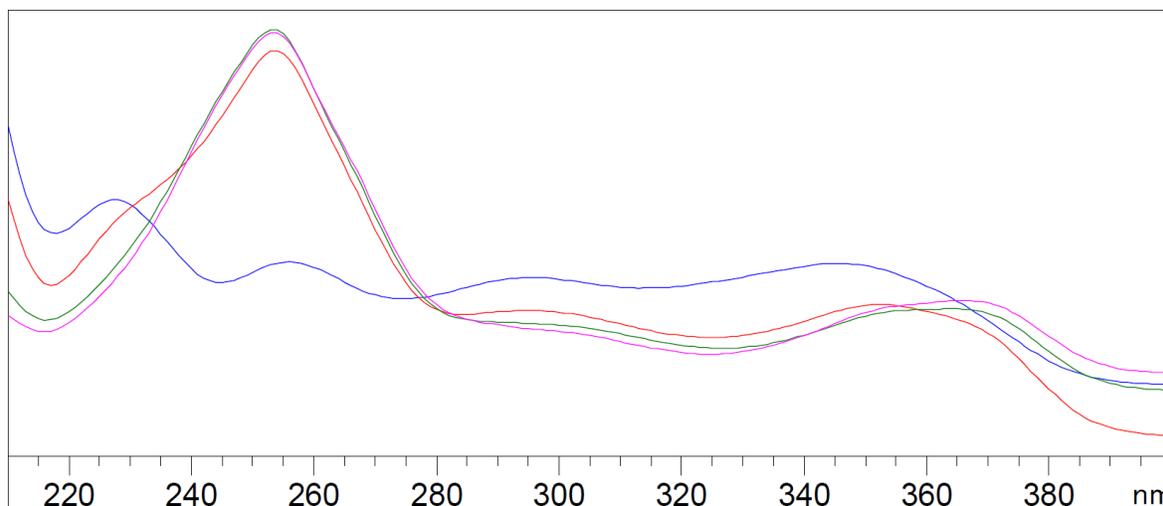
Peak :36 at 13.491 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 63: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.219 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).

Peak :39 at 14.219 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

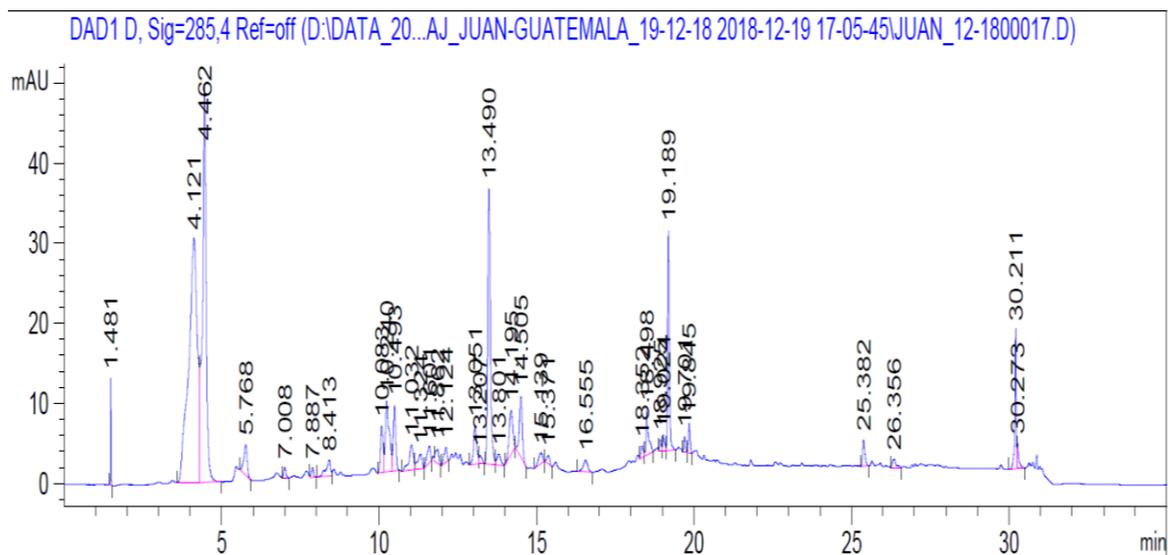
Tabla 23

*Composición de flavonoides de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra A).*

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>14.234</b>	<b>15.374</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		11.64 0.05%	130.77 0.6%	10.4 0.05%	118.3 0.54%				
DAD 1B 254 nm			45.34 2.37%	7.82 0.41%	200.95 10.5%	34.66 1.81%	7.1 0.37%		8.12 0.42%
DAD 1C 260 nm			64.6 2.92%	7.67 0.35%	175.22 7.92%	39.51 1.78%	5.13 0.23%		7.97 0.36%
DAD 1D 285 nm		18.27 0.98%	199.9 10.7%	9.70 0.52%	46.11 2.47%				
DAD 1E 310 nm		9.39 1.01%	229.53 24.73%						

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

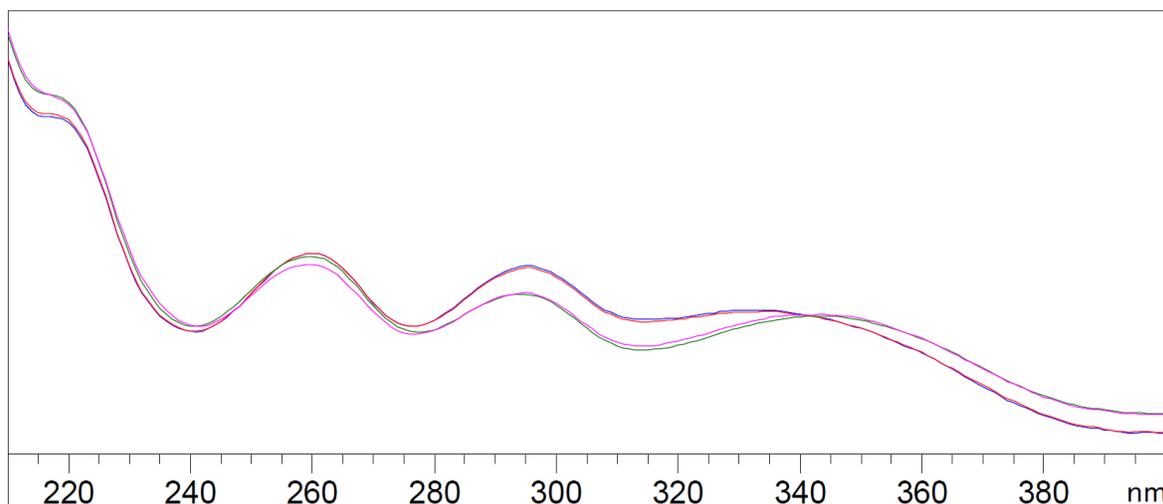
Figura 64: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 65: Espectro de ácido caféico eluido a 11.032 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).

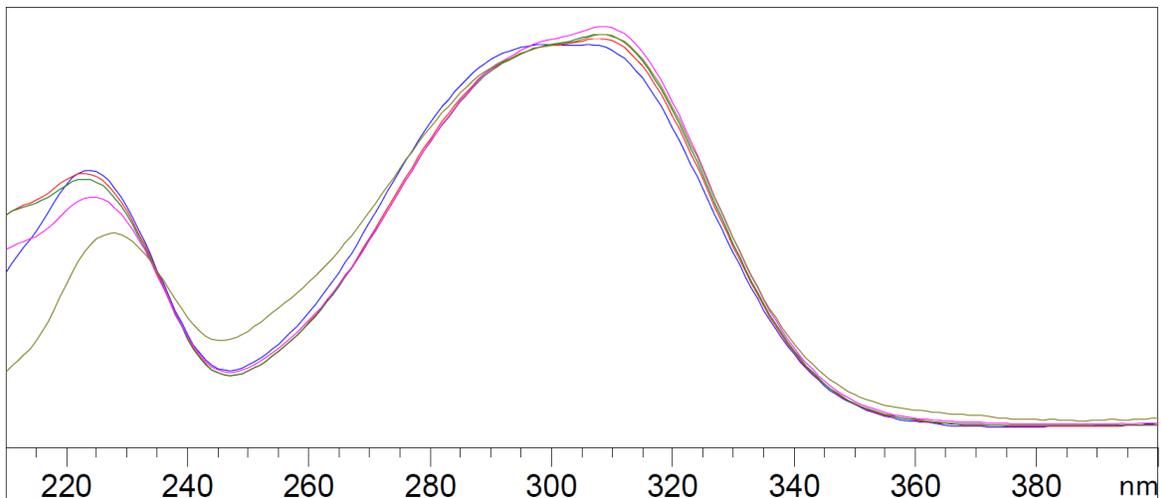
Peak :24 at 11.032 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 66: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.491 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).

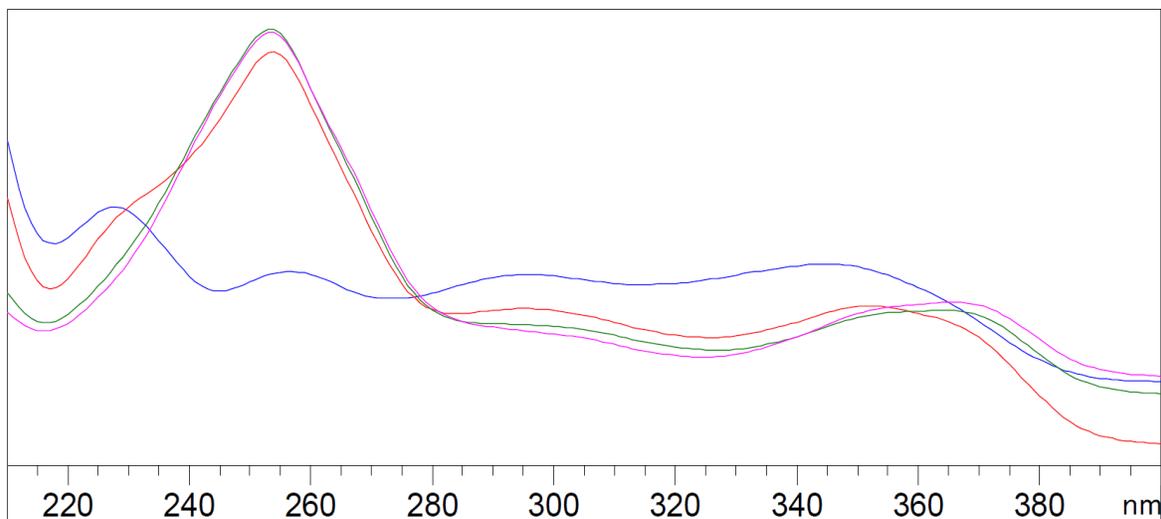
Peak :37 at 13.491 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 67: Espectro de ácido elágico eluido a 14.220 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).

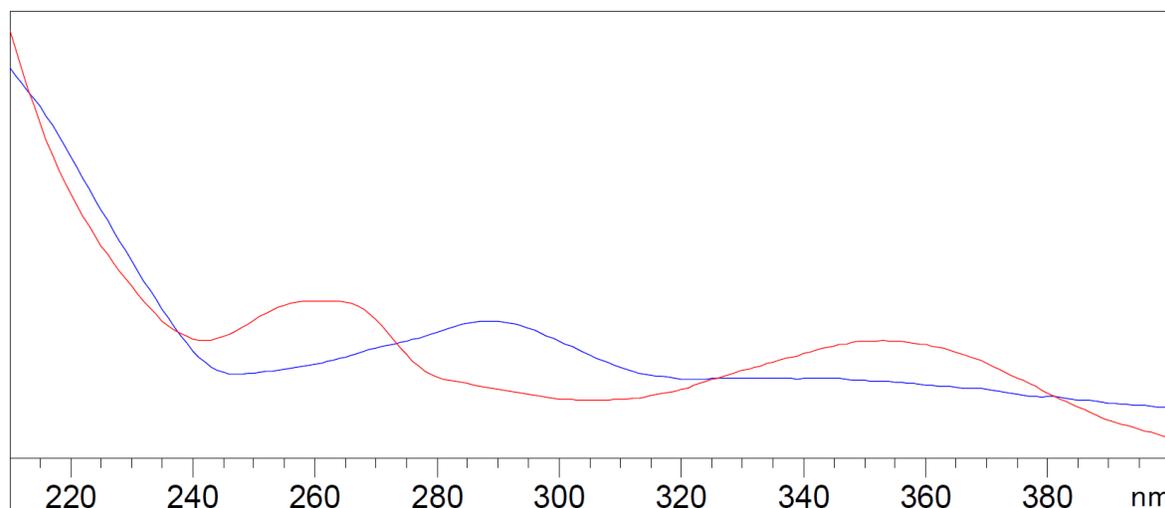
Peak :40 at 14.220 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 68: Espectro de kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.373 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).

Peak :44 at 15.373 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

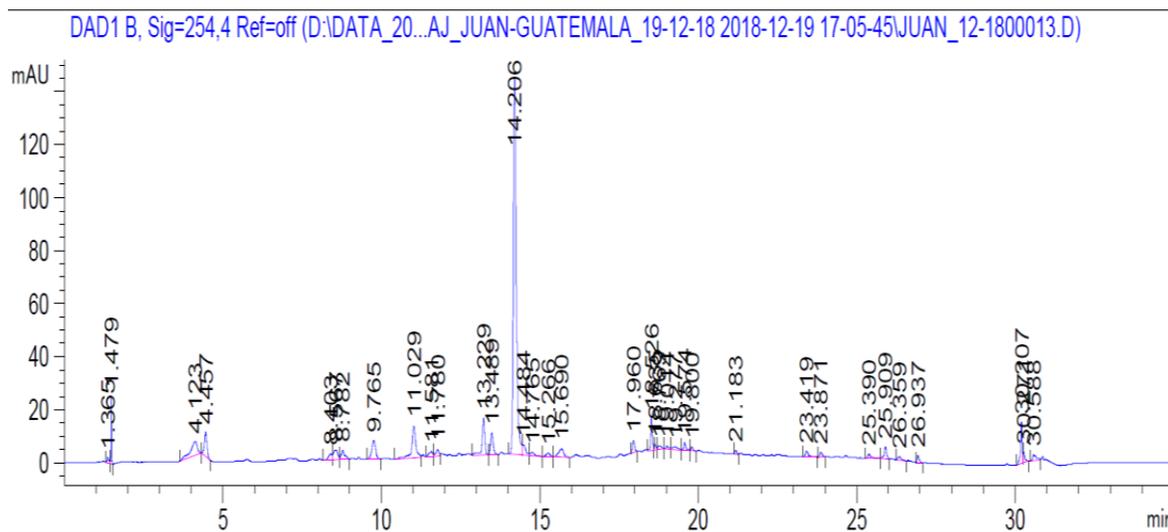
Tabla 24

Composición de flavonoides de jocote de corona, Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, 19/09/2018 (Muestra B).

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			126.64 0.63%		114.22 0.56%				
DAD 1B 254 nm			48.79 2.5%	10.3 0.53%	190.47 9.73%	35.75 1.83%			7.75 0.4%
DAD 1C 260 nm		13.64 0.56%	70.29 2.9%	11.57 0.48%	166.79 6.89%	40.91 1.69%	5.88 0.24%		7.73 0.32%
DAD 1D 285 nm		18.09 0.92%	206.18 10.53%	11.20 0.57%	45.41 2.32%	7.17 0.37%			
DAD 1E 310 nm		10.47 1.06%	236.89 23.94%						

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

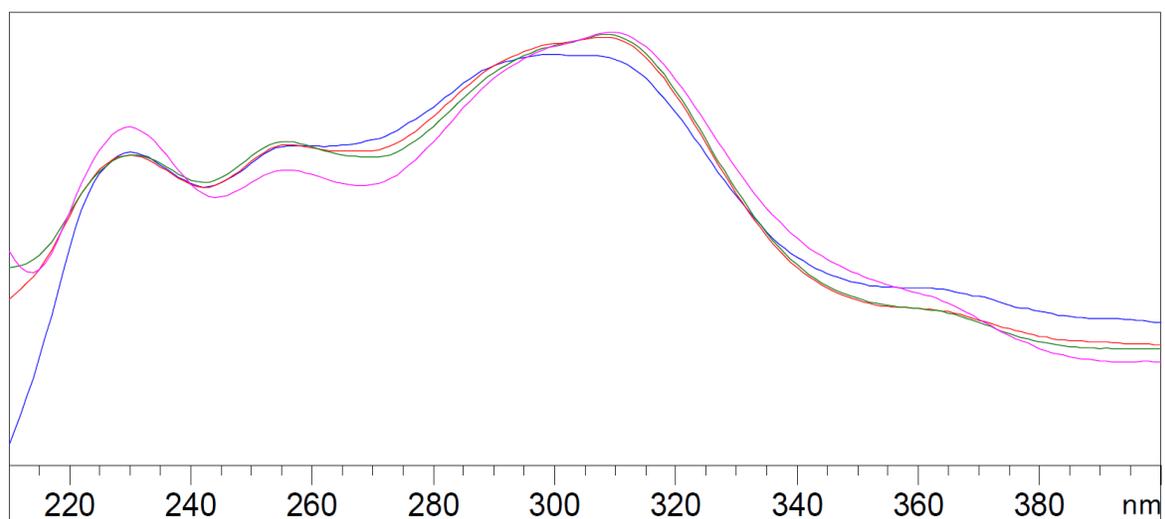
Figura 69: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 70: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.488 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).

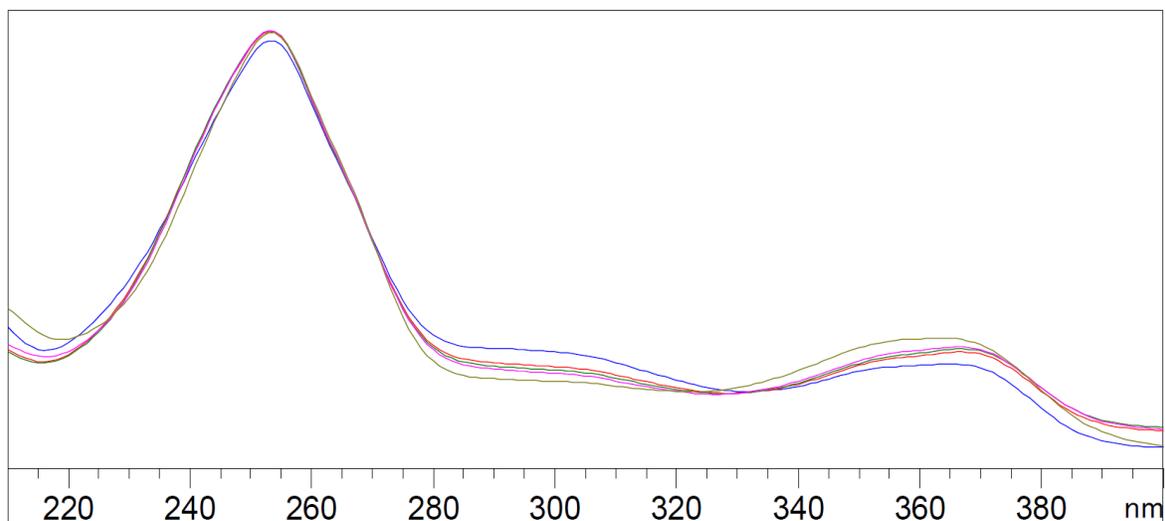
Peak :34 at 13.488 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 71: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.206 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).

Peak :36 at 14.206 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

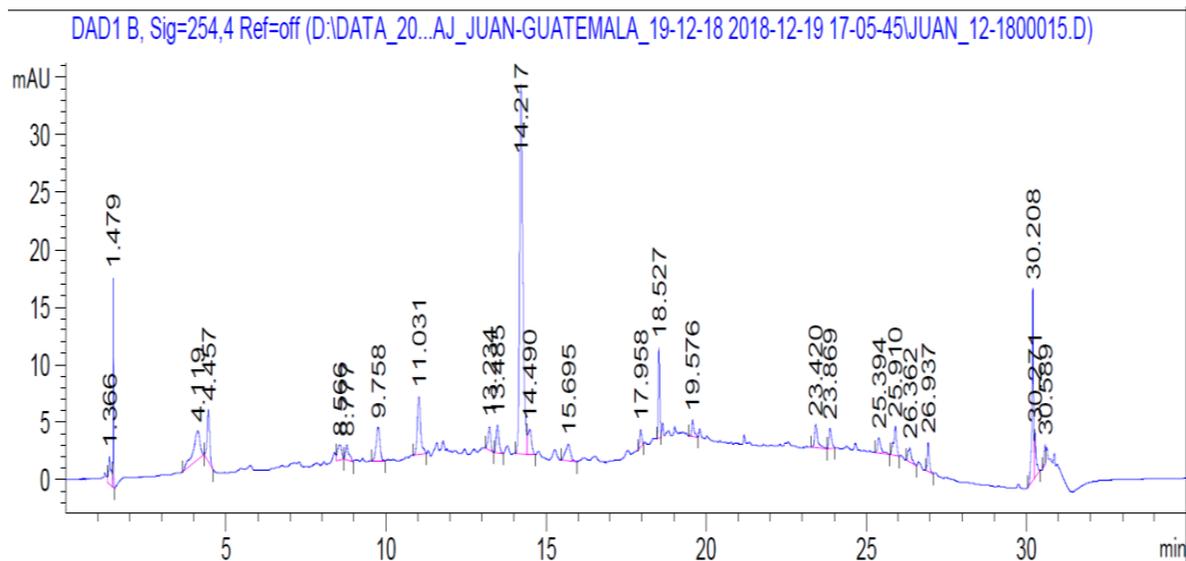
Tabla 25

Composición de flavonoides de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra A).

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		8.24 0.04%	53.91 0.27%	21.91 0.11%	371.39 1.89%		6.54 0.03%		4091 20.76%
DAD 1B 254 nm			50.13 2.66%		927.70 49.23%		14.03 0.74%		9.51 0.5%
DAD 1C 260 nm			48.12 2.8%	8.42 0.49%	778.23 45.33%		10.08 0.59%		9.24 0.54%
DAD 1D 285 nm		19.21 2.09%	67.65 7.37%	29.12 3.17%	198.14 21.58%				
DAD 1E 310 nm		6.93 1.15%	82.34 13.71%	10.86 1.81%	169.08 28.15%		7.00 1.17%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

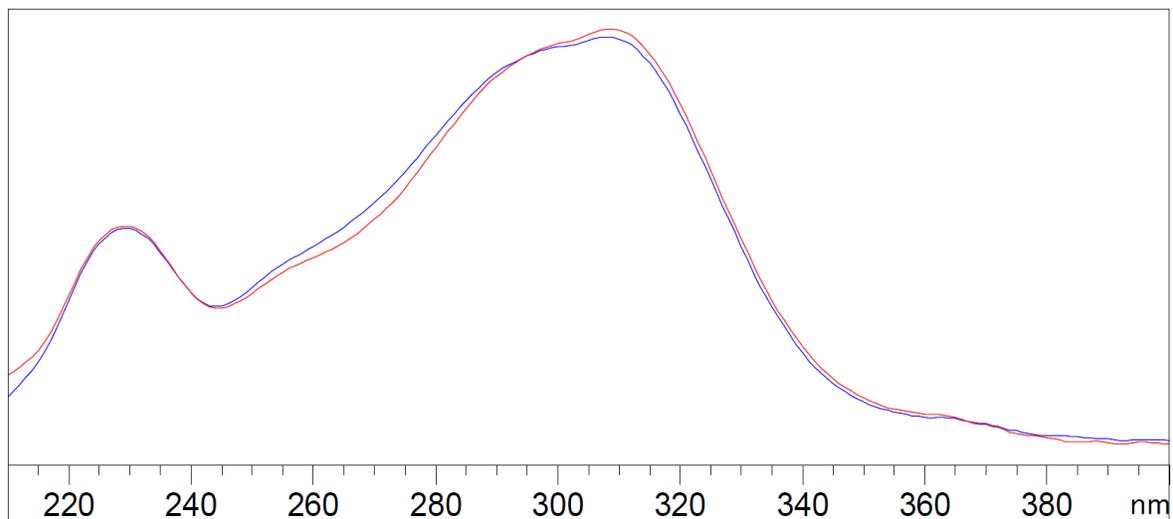
Figura 72: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara-pulpa de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 73: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.488 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).

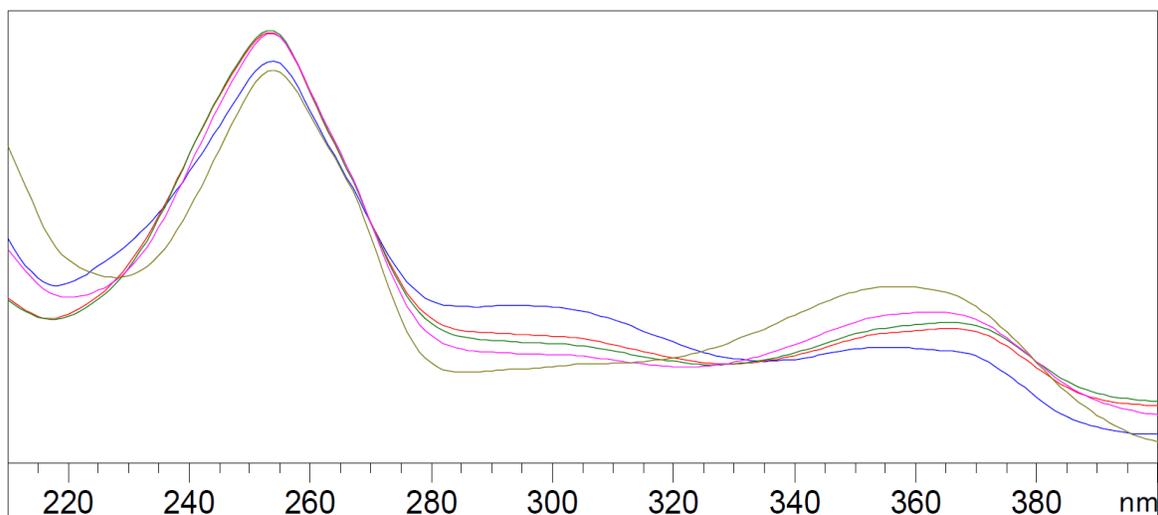
Peak :24 at 13.488 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 74: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.217 min correspondiente al cromatograma de la muestra de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).

Peak :26 at 14.217 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

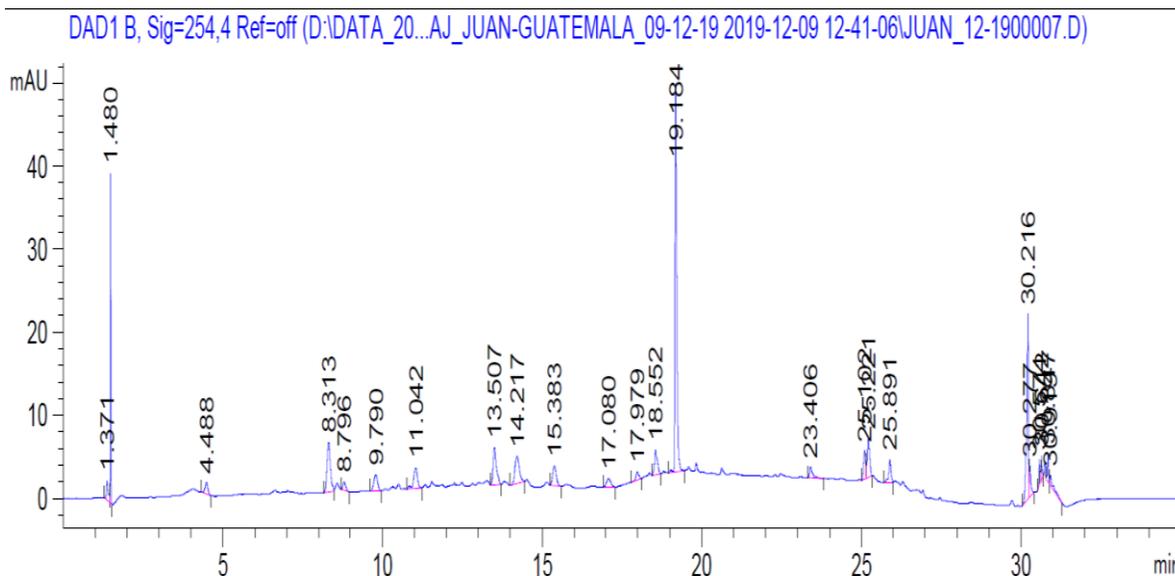
Tabla 26

Composición de flavonoides de jocote Jobo, San Francisco, Petén, 25/10/2018 (Muestra B).

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		8.83 0.05%	21.13 0.11%	16.39 0.09%	89.26 0.48%	16.31 0.09%			3823.9 20.41%
DAD 1B 254 nm			15.03 2.32%		234.47 36.18%		7.59 1.17%		9.44 1.46%
DAD 1C 260 nm			17.26 2.58%		200.99 30.0%		6.81 1.02%		9.15 1.37%
DAD 1D 285 nm		12.53 3.06%	31.92 7.78%	17.11 4.17%	48.59 11.85%				
DAD 1E 310 nm			36.47 15.8%		44.09 19.11%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 75: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Tabla 27

Composición de flavonoides de pulpa de jocote Corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

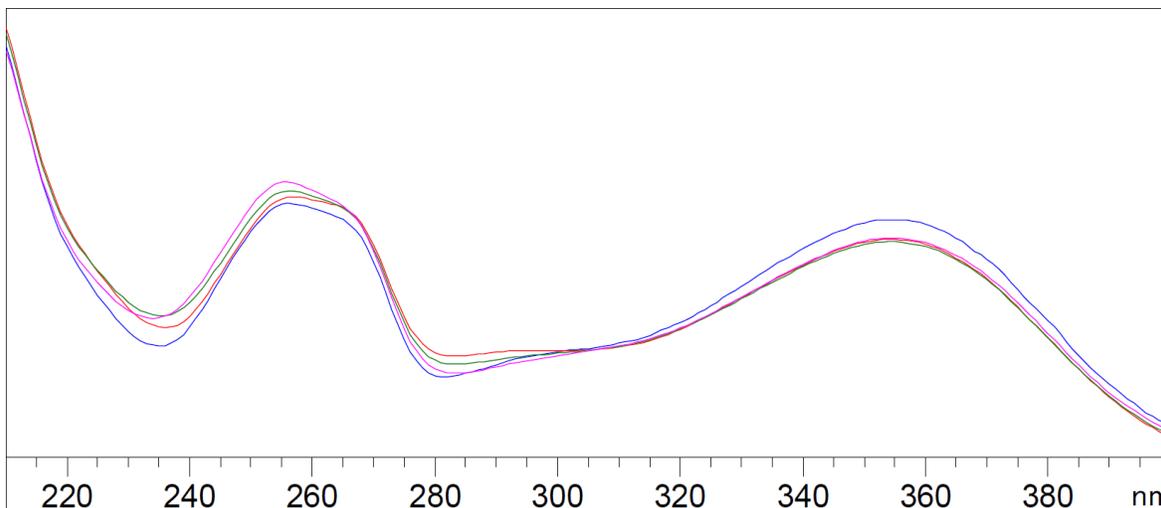
Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %				
DAD 1A 230 nm					41.36 0.36%		372.46 3.21%		
DAD 1B 254 nm					31.27 5.05%	18.24 2.94%			
DAD 1C 260 nm					32.26 4.62%	23.29 3.34%			
DAD 1D 285 nm					31.58 4.29%	11.83 1.61%			
DAD 1E 310 nm					38.10 7.78%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).



Figura 78: Espectro de rutina eluido a 13.819 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

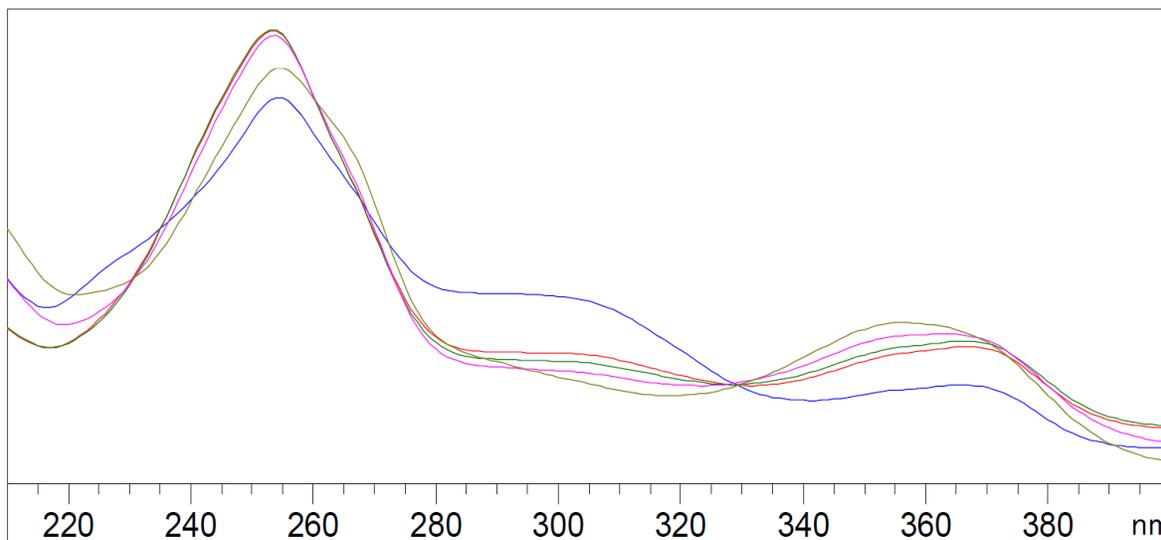
Peak :34 at 13.819 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 79: Espectro de ácido elágico eluido a 14.225 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

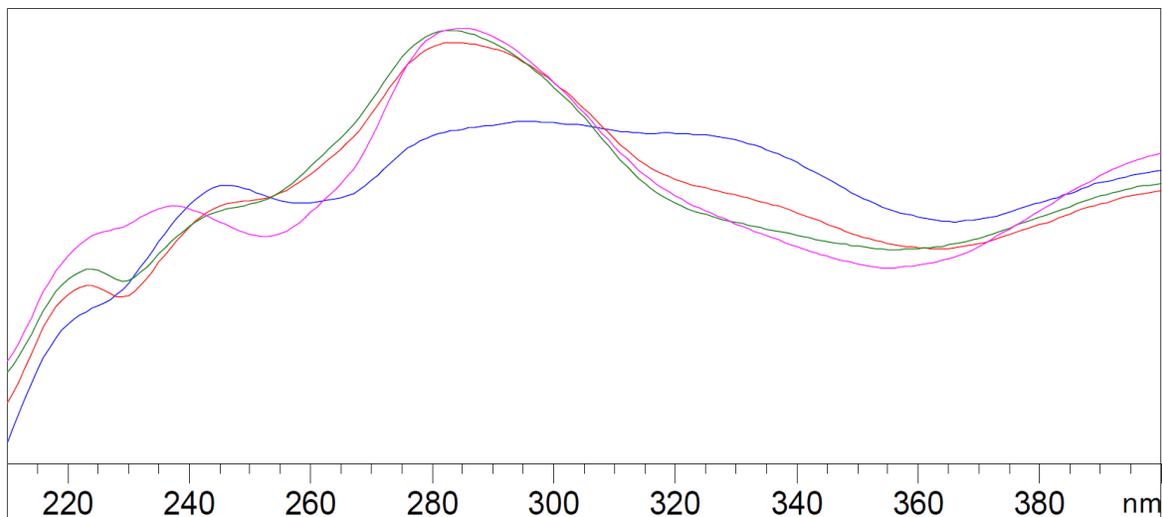
Peak :36 at 14.225 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 80: Espectro de taxifolina eluido a 15.079 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

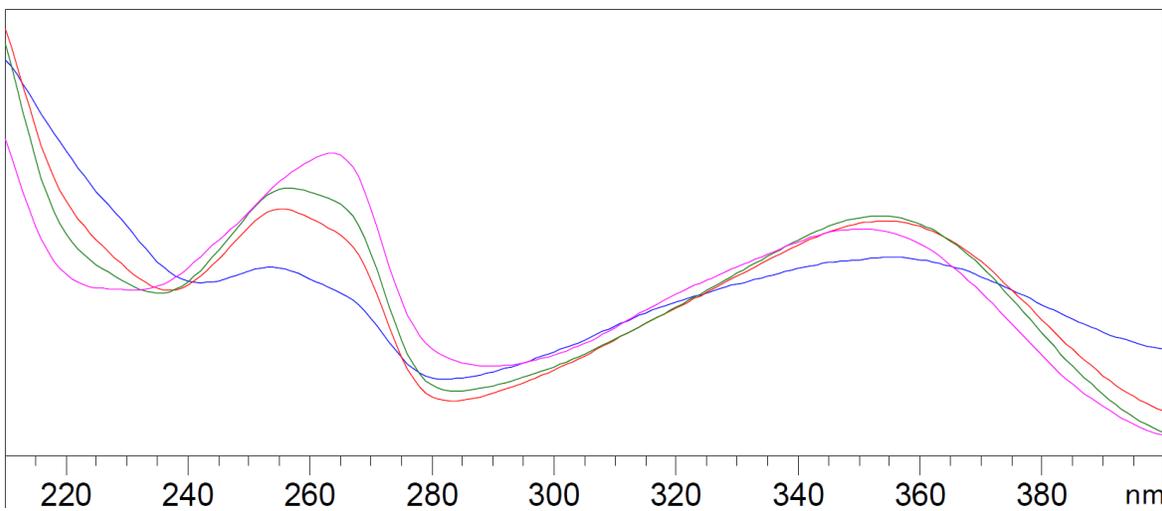
Peak :38 at 15.079 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 81: Espectro de kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.299 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

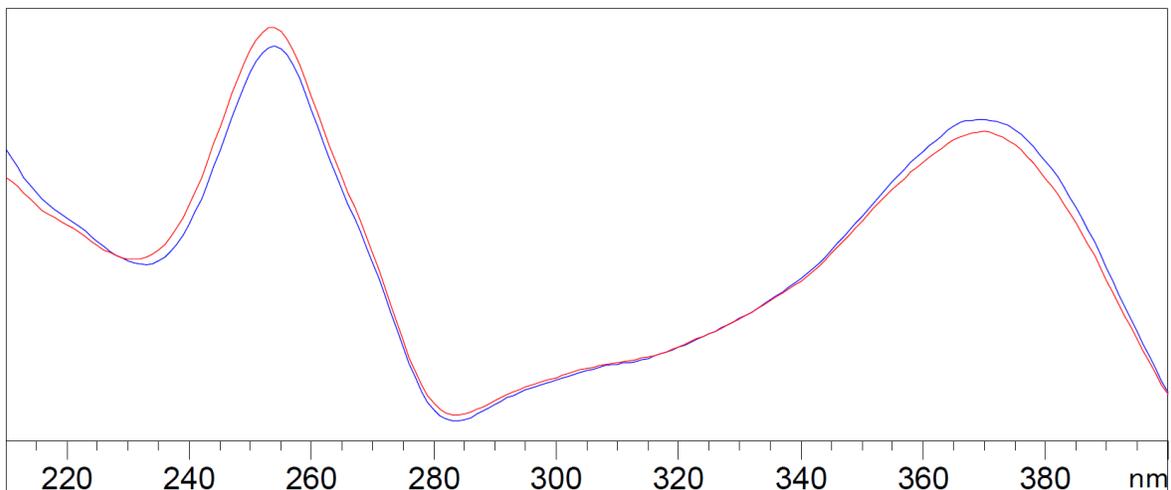
Peak :39 at 15.299 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 82: Espectro de quercetina eluido a 19.584 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

Peak :55 at 19.584 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

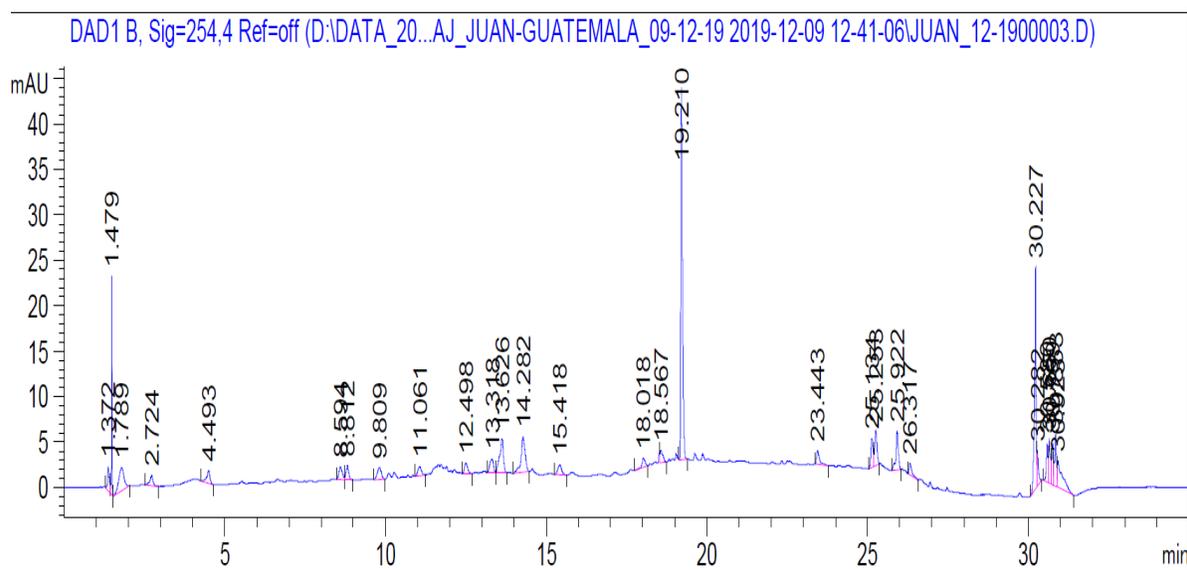
Tabla 28

Composición de flavonoides de cáscara de jocote Corona, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

Estándar	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tR	11.306	13.461	13.774	14.234	15.064	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm	23.91 0.06%	308.60 0.74%	73.41 0.18%	350.11 0.84%		199.74 0.48%	16.95 0.04%		
DAD 1B 254 nm		7.72 0.14%	115.76 2.11%	781.74 14.24%	22.18 0.40%	194.93 3.55%	28.77 0.52%		
DAD 1C 260 nm	5.49 0.10%		113.61 2.10%	702.49 13.00	30.42 0.56	209.57 3.88%	26.75 0.5%		
DAD 1D 285 nm	20.69 0.66%	393.95 12.49%	54.10 1.72%	219.30 6.96%	79.73 2.53%	88.85 2.82%	5.58 0.18%		
DAD 1E 310 nm	24.85 0.79%	432.91 13.84%	53.60 1.71%	223.72 7.15%		72.46 2.32%	8.10 0.26%		

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 83: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

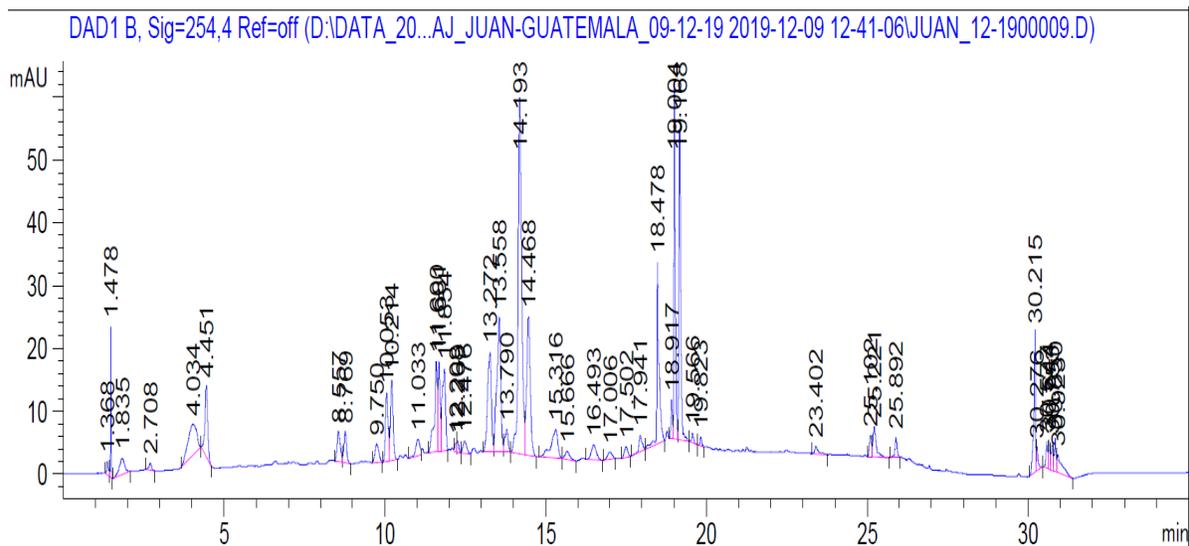
Tabla 29

Composición de flavonoides de pulpa jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

<b>Estándar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>tR</b>	<b>9.844</b>	<b>11.306</b>	<b>13.461</b>	<b>13.774</b>	<b>14.234</b>	<b>15.374</b>	<b>19.556</b>	<b>20.434</b>	<b>23.888</b>
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm					15.91 0.05%	29.37 0.10%			
DAD 1B 254 nm					34.56 5.4%				
DAD 1C 260 nm					31.82 5.51%				
DAD 1D 285 nm					18.41 3.75%				
DAD 1E 310 nm					21.91 10.72%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

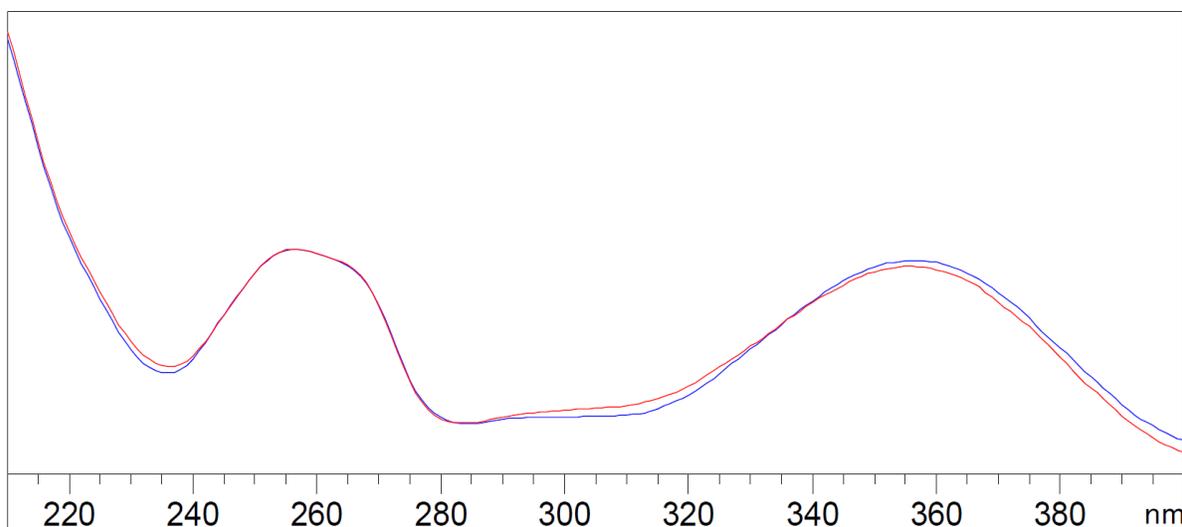
Figura 84: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 85: Espectro de rutina eluido a 13.790 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

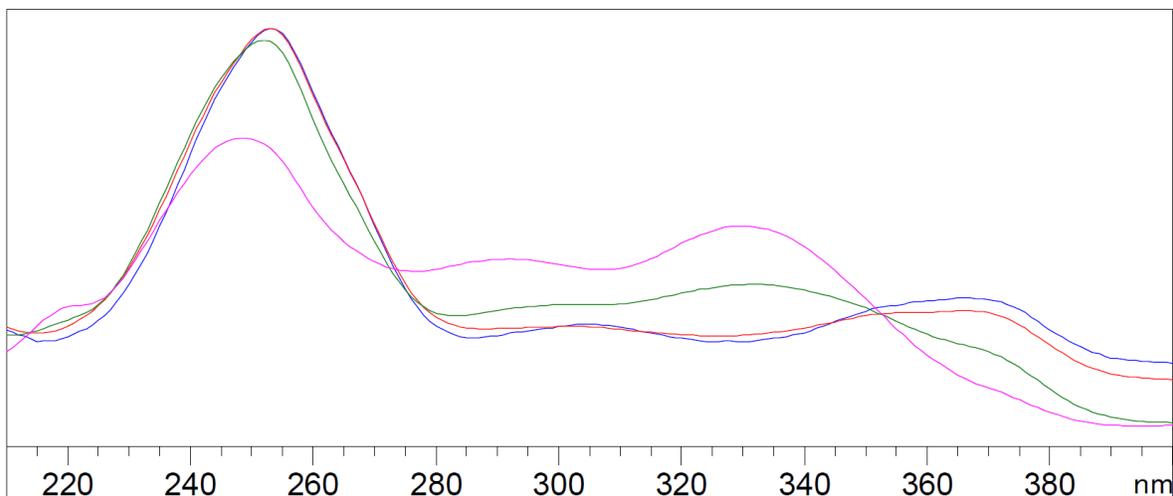
Peak :42 at 13.790 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 86: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.226 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

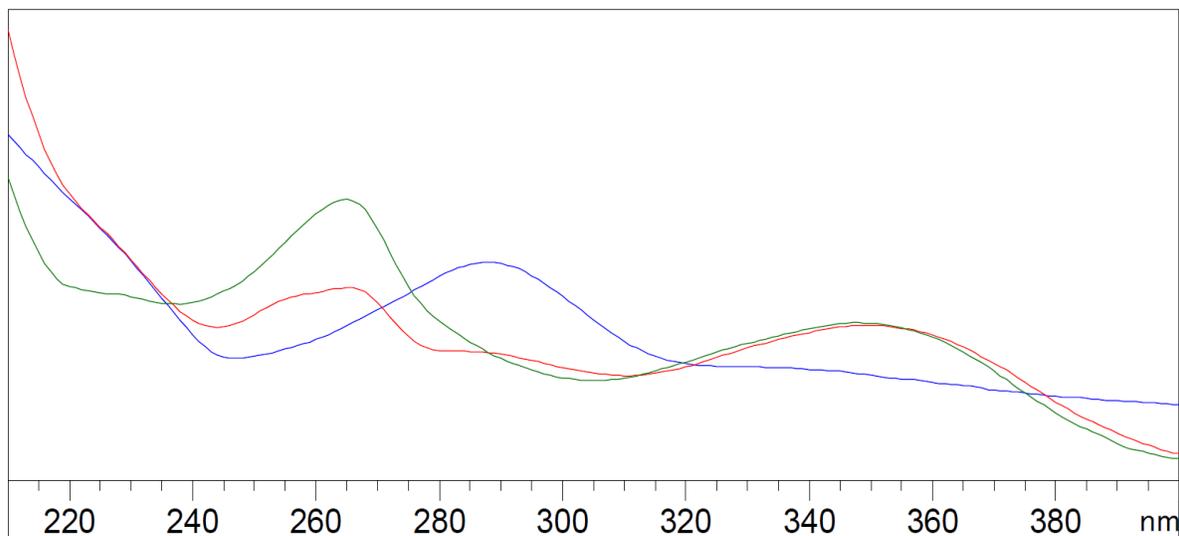
Peak :45 at 14.226 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 87: Espectro kaempferol-3-O-rutinósido eluido a 15.318 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

Peak :49 at 15.318 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

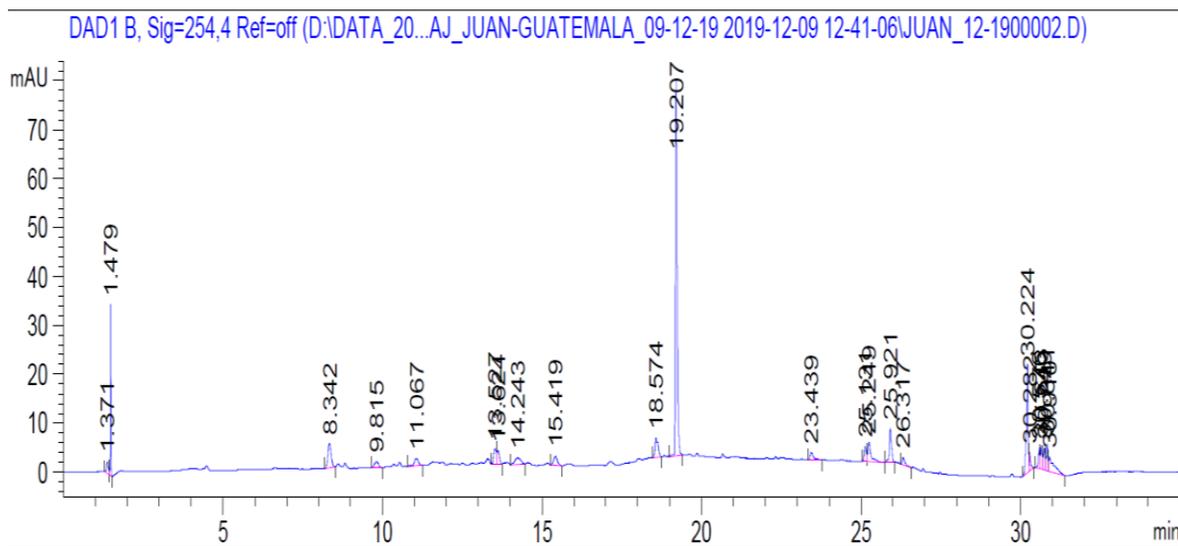
Tabla 30

Composición de flavonoides de cáscara jocote Rax Ux, San Pedro la Laguna, Sololá, 20/10/2019.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm			53.97 0.17%	10.85 0.03%	189.99 0.6%	76.16 0.24%			
DAD 1B 254 nm				26.26 1.00%	430.97 16.35%	65.64 2.49%	6.99 0.27%		
DAD 1C 260 nm				27.52 1.09%	353.15 14.04	74.63 2.97%	5.89 0.23%		
DAD 1D 285 nm			52.45 2.76%	5.54 0.29%	147.14 7.75%	10.04 0.53%			
DAD 1E 310 nm			55.02 4.04%	6.35 0.47%	138.90 10.19%	38.43 2.82%			

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 88: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

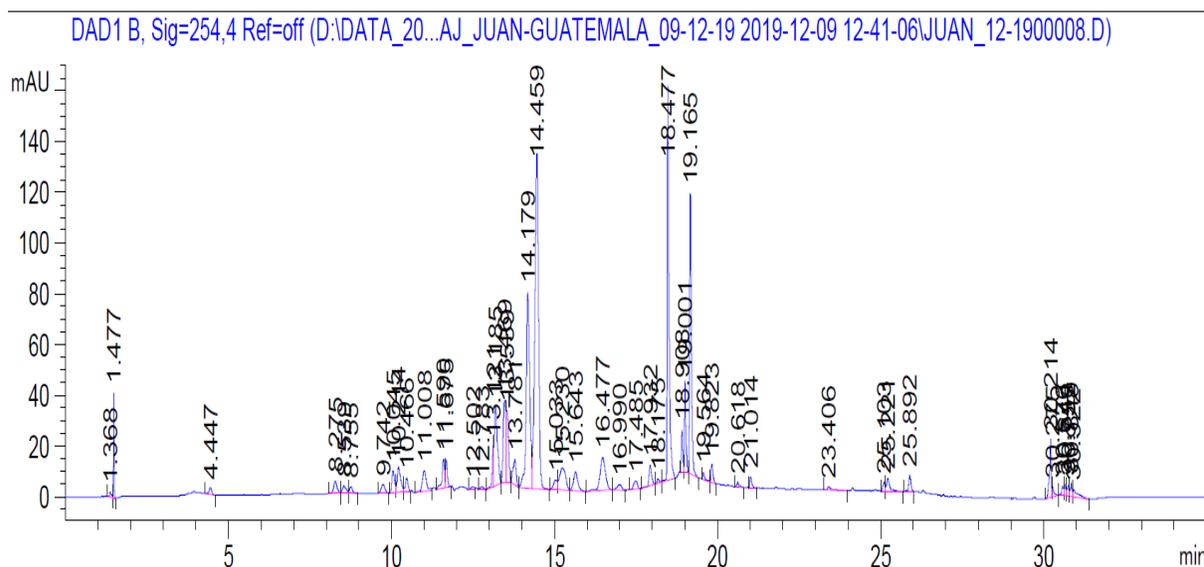
Tabla 31

Composición de flavonoides de pulpa de jocote Corona, San Marcos, 22/10/2019.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %				
DAD 1A 230 nm					27.64 0.05%	11.34 0.02%			
DAD 1B 254 nm					16.95 2.22%				
DAD 1C 260 nm					18.78 2.54%				
DAD 1D 285 nm					27.42 3.79%				
DAD 1E 310 nm					15.56 3.68%				

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

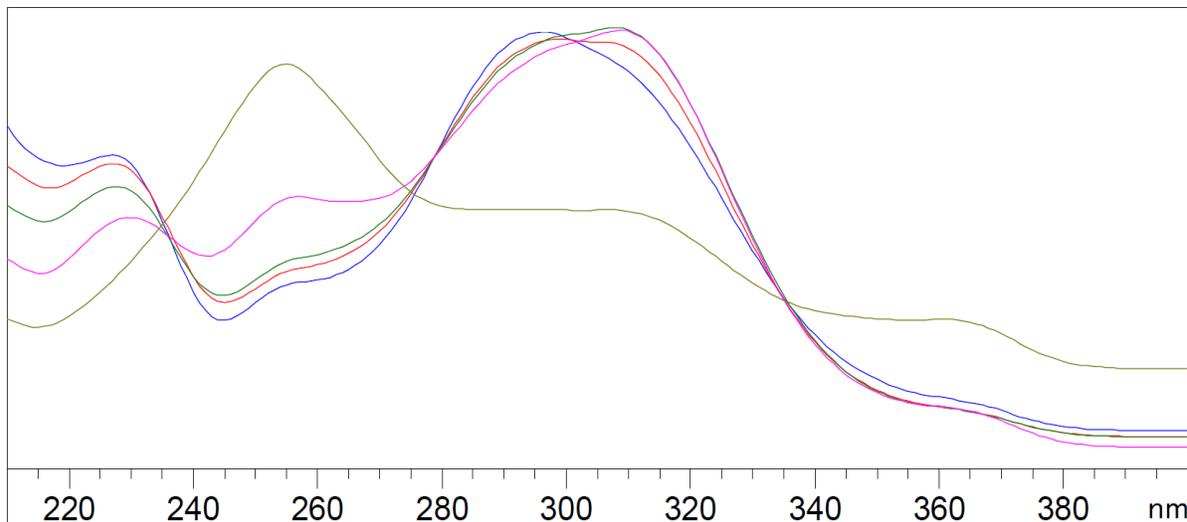
Figura 89: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 90: Espectro de ácido *p*-cumárico eluido a 13.464 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.

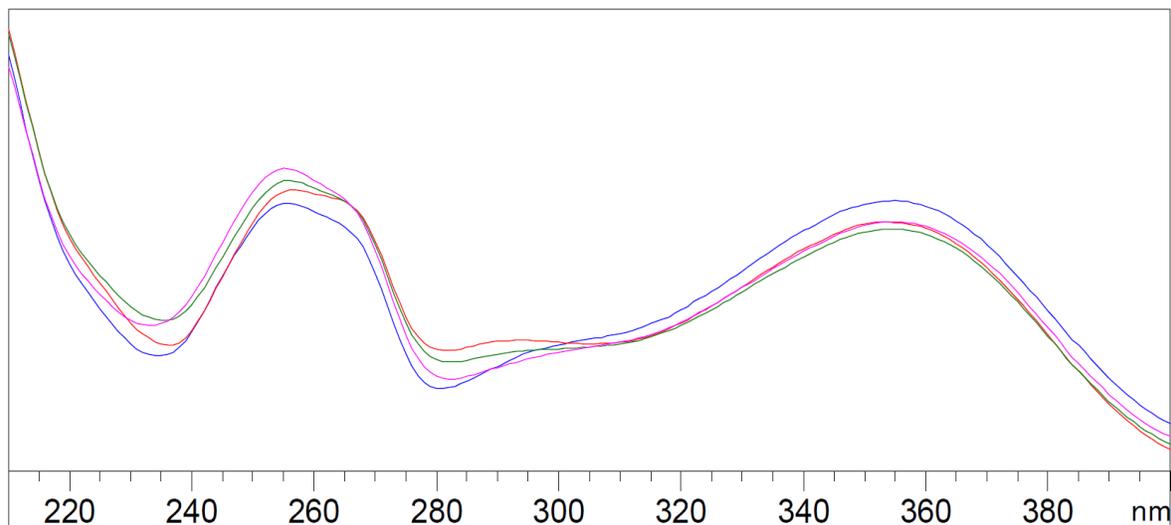
Peak :40 at 13.464 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 91: Espectro de rutina eluido a 13.780 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.

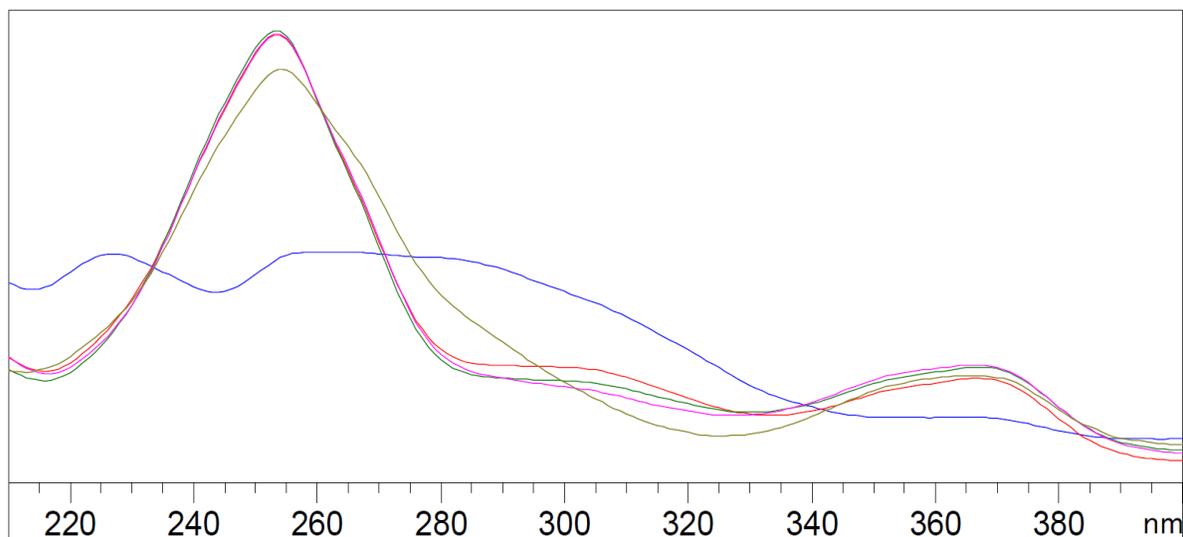
Peak :42 at 13.780 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 92: Espectro de ácido elágico eluido a 14.179 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.

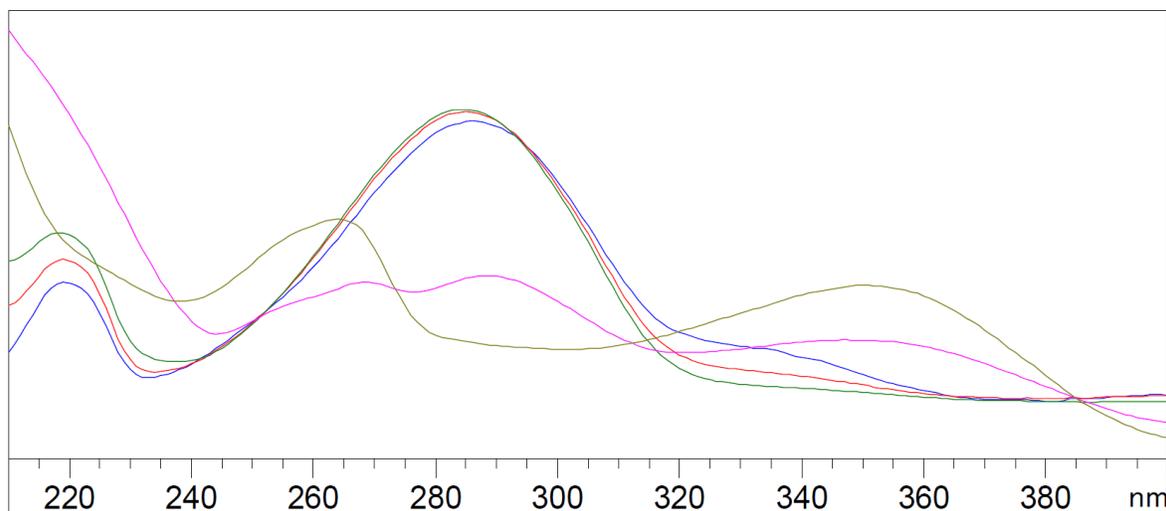
Peak :44 at 14.179 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 93: Espectro de taxifolina eluido a 15.029 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote corona, San Marcos, 22/10/2019.

Peak :46 at 15.029 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

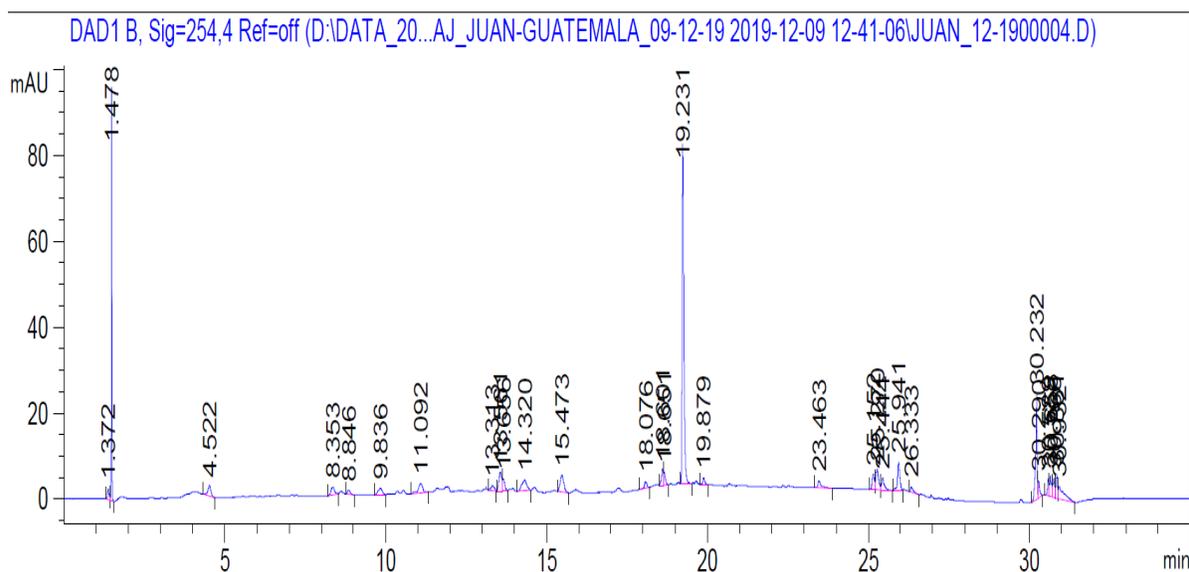
Tabla 32

Composición de flavonoides de cáscara de jocote Corona, San Marcos, 22/10/2019.

Estándar	1	2	3	4	5	6	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.064	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		9.24 0.03%	299.70 0.83%	40.65 0.11%	243.00 0.68%				
DAD 1B 254 nm			196.28 4.14%	65.02 1.37%	584.87 12.35%	28.84 0.61%	12.58 0.27%		
DAD 1C 260 nm			366.78 7.56%	82.71 1.71%	534.68 11.02	42.24 0.87%	12.56 0.26%		
DAD 1D 285 nm		10.50 0.30%	427.00 12.26%	36.98 1.06%	169.27 4.86%	157.88 4.53%			
DAD 1E 310 nm		15.11 0.48%	487.13 15.42%	40.12 1.27%	136.29 4.31%	36.40 1.15%			

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 94: Cromatograma (HPLC-DAD) de pulpa de jocote corona, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

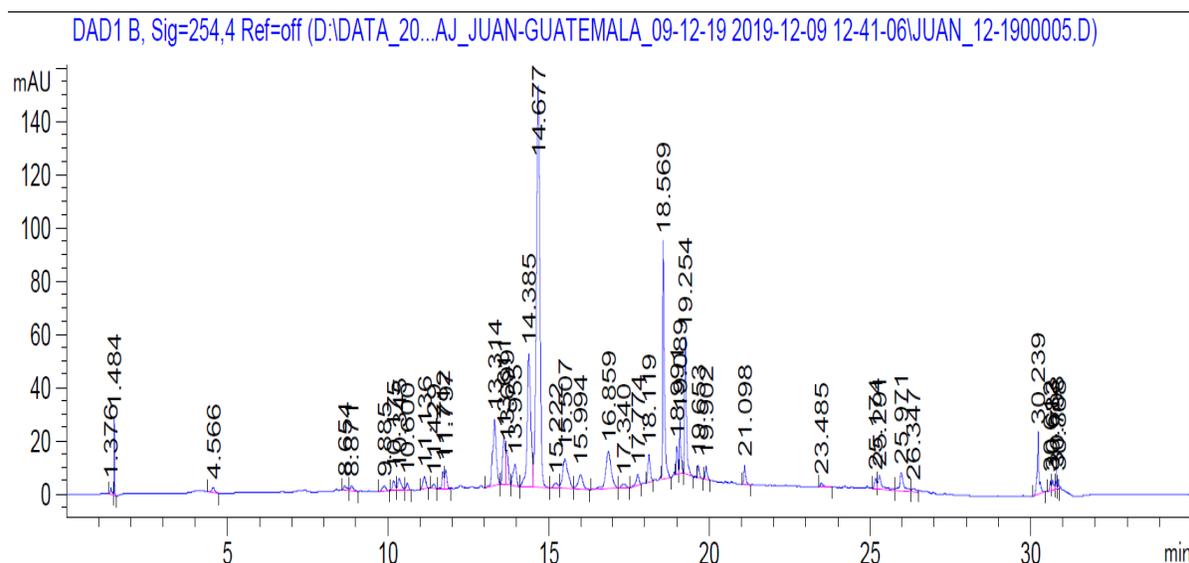
Tabla 33

Composición de flavonoides de pulpa de jocote Corona, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm					48.30 0.31%	22.69 0.15%			
DAD 1B 254 nm	12.60 1.38%								
DAD 1C 260 nm	12.37 1.34%								
DAD 1D 285 nm					33.81 3.59%	24.40 2.59%			
DAD 1E 310 nm					26.48 4.98%	9.46 1.78%			

Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

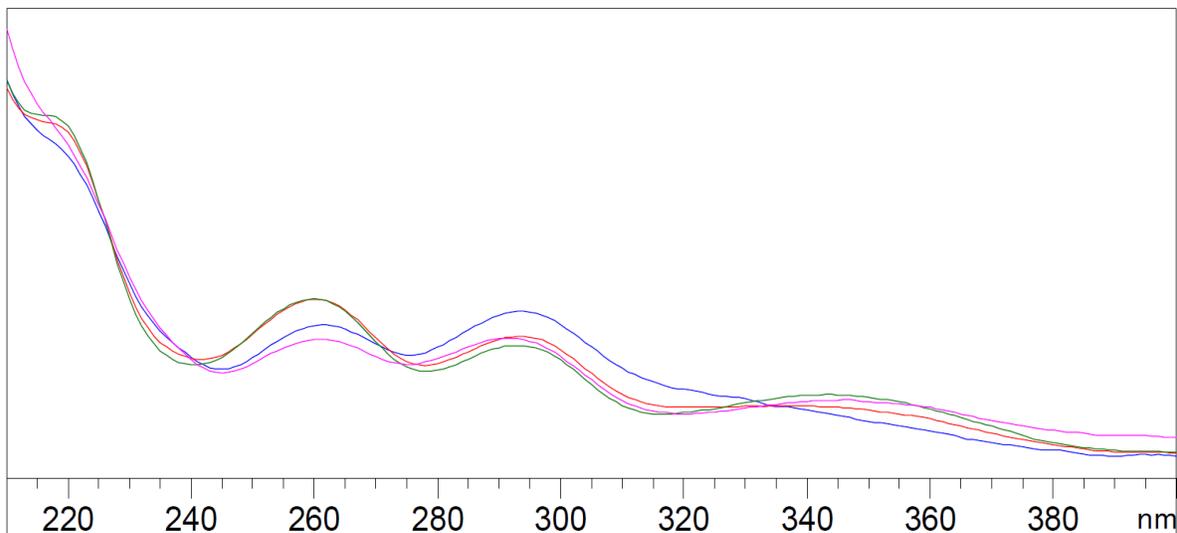
Figura 95: Cromatograma (HPLC-DAD) de cáscara de jocote San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 96: Espectro de ácido caféico eluido a 11.142 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.

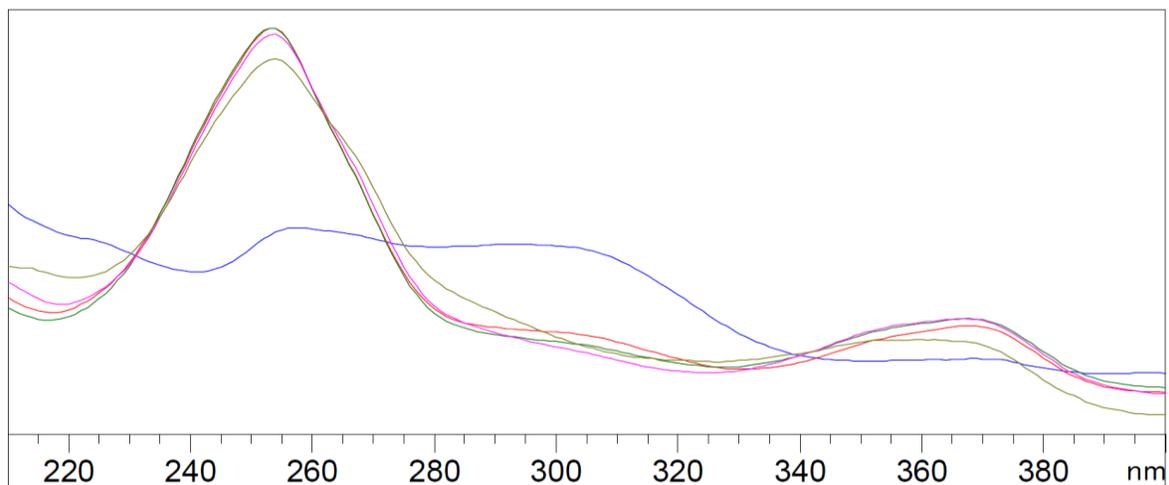
Peak :15 at 11.142 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Figura 97: Espectro de ácido elálgico eluido a 14.385 min correspondiente al cromatograma de la muestra de cáscara de jocote San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.

Peak :31 at 14.385 min Name : ?



Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

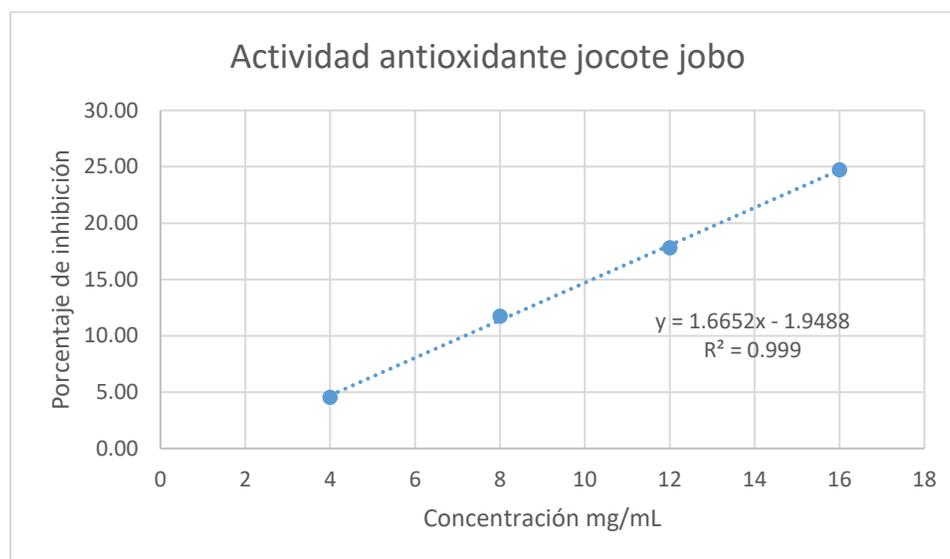
Tabla 34

Composición de flavonoides de cáscara de jocote Corona, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, 18/11/2019.

Estándar	1	2	3	4	5	7	8	9	10
tR	9.844	11.306	13.461	13.774	14.234	15.374	19.556	20.434	23.888
Muestra y λ nm	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %	Área y %
DAD 1A 230 nm		56.84 0.25%			52.31 0.23%	24.73 0.11%			
DAD 1B 254 nm	15.59 0.43%	31.07 0.85%			402.05 10.99%	17.03 0.47%			
DAD 1C 260 nm	15.54 0.43%	34.40 0.95%			364.42 10.06	22.22 0.61%			
DAD 1D 285 nm		34.74 1.46%			58.90 2.47%	54.61 2.29%			
DAD 1E 310 nm		21.46 0.96%			126.65 5.68%	19.81 0.89%			

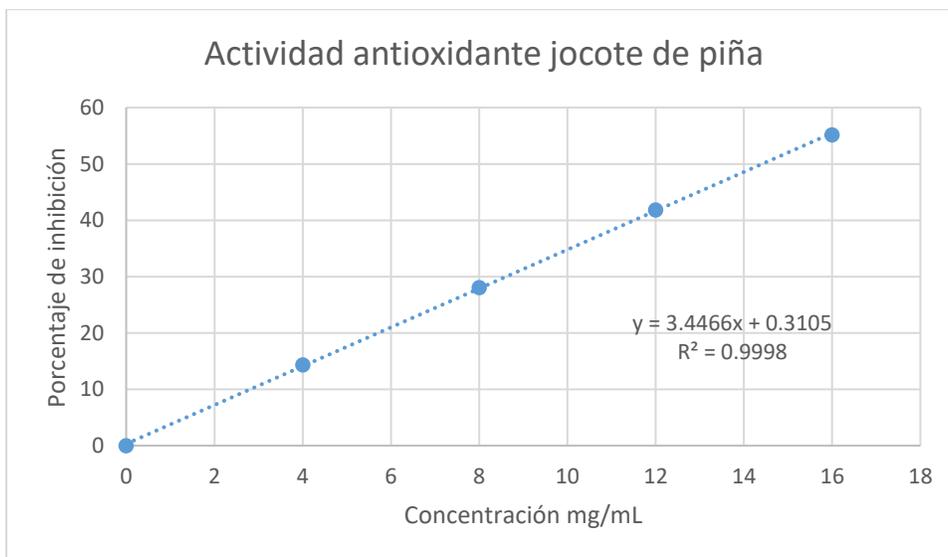
Datos experimentales obtenidos en el Instituto de Investigación de Productos Naturales Walter Mors, Universidad Federal de Río de Janeiro (IPPN-UFRJ).

Gráfica 1: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote jobo colectada en Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán, el 27/10/2015.



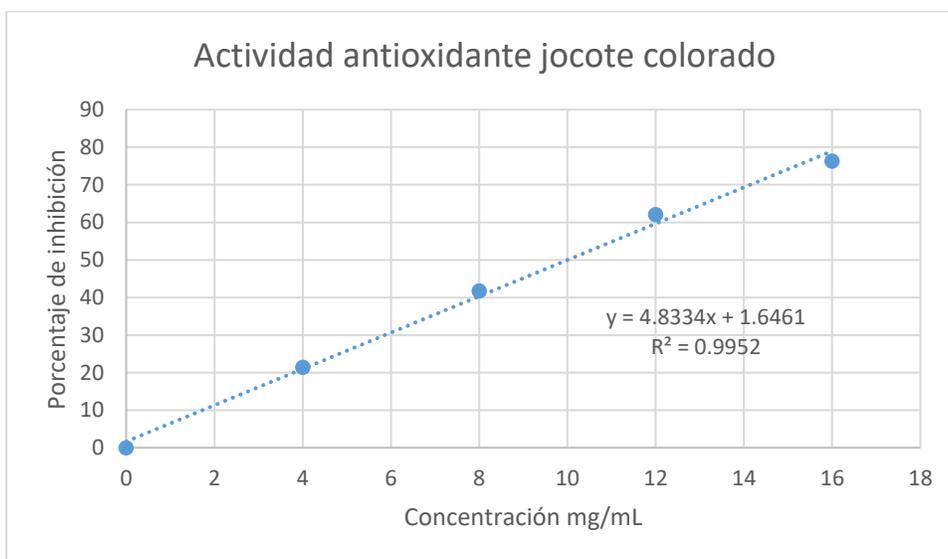
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 2: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote de piña colectada en Aldea El Pedregal de Amatitlán, Amatitlán, el 27/10/2015.



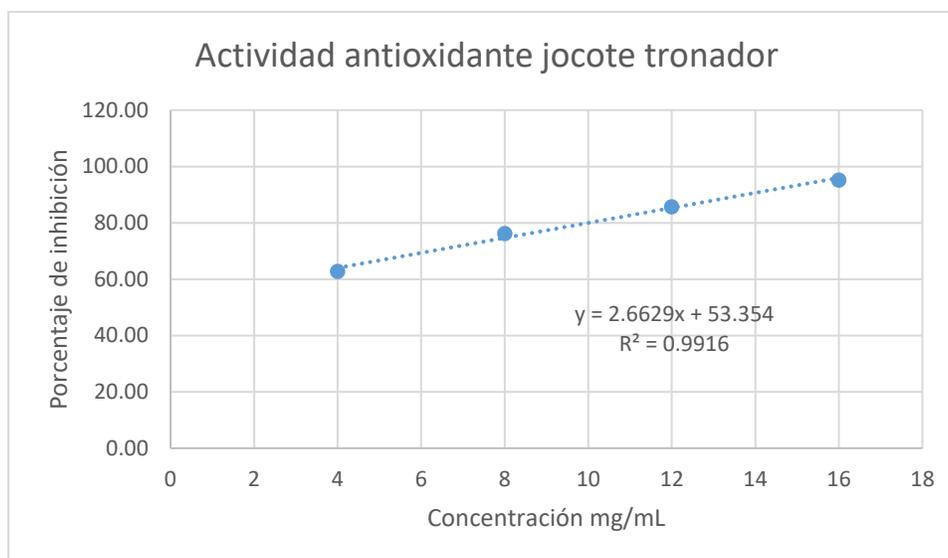
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 3: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote colorado colectada en Barrio El Jocotal, San Jacinto, Chiquimula, el 22/04/2016.



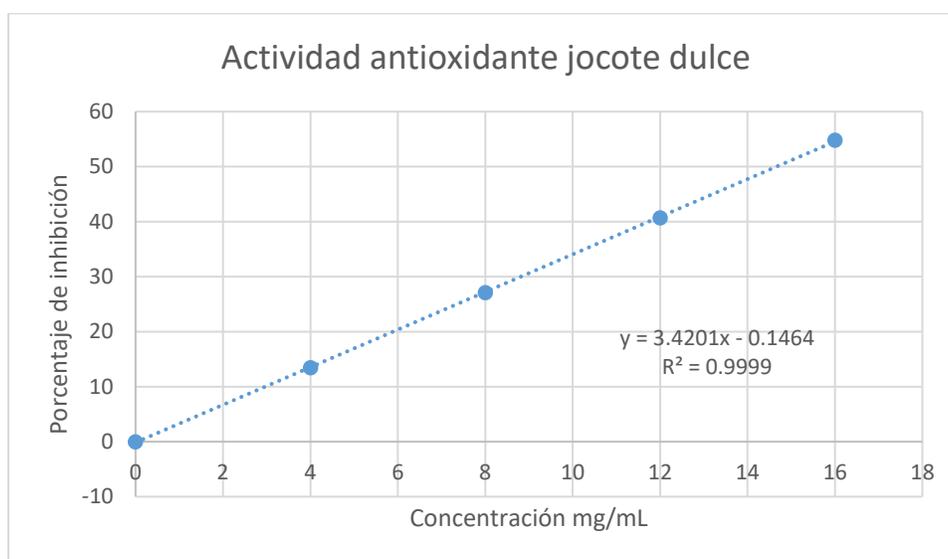
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 4: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote tronador colectada en Aldea Jutiapilla, Sanarate, El Progreso, el 20/05/2016.



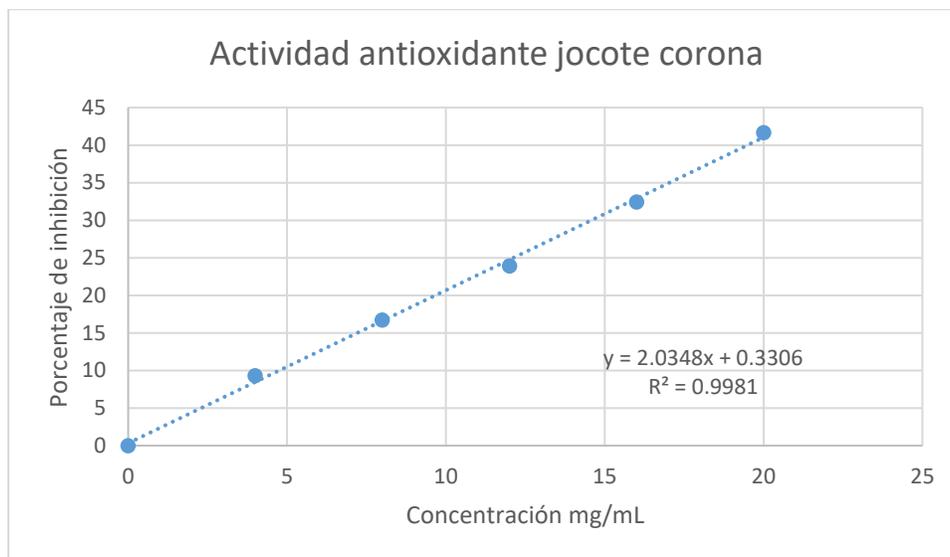
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 5: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote dulce colectada en mercado de Pachalum, Quiché, el 06/06/2016.



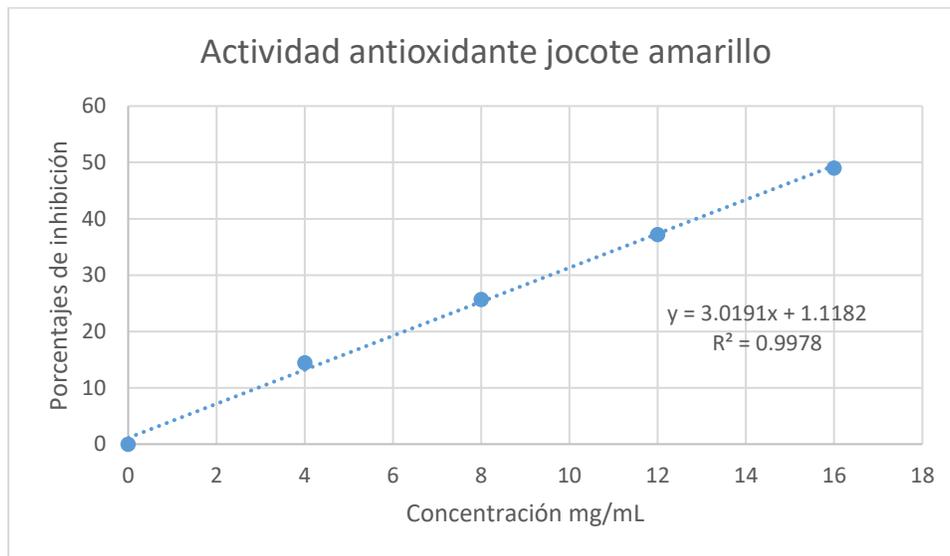
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 6: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en San Marcos, el 07/10/2016.



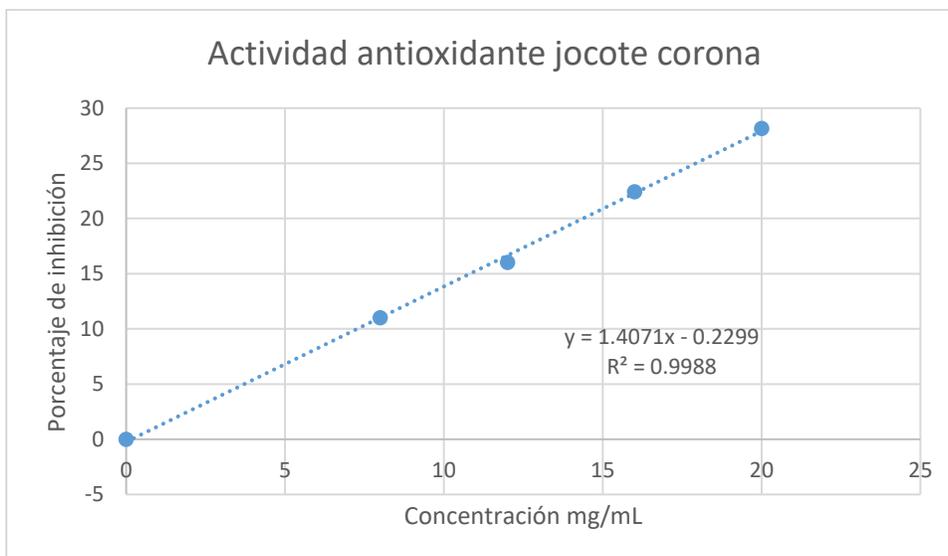
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 7: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote amarillo colectada en San Marcos, el 07/10/2016.



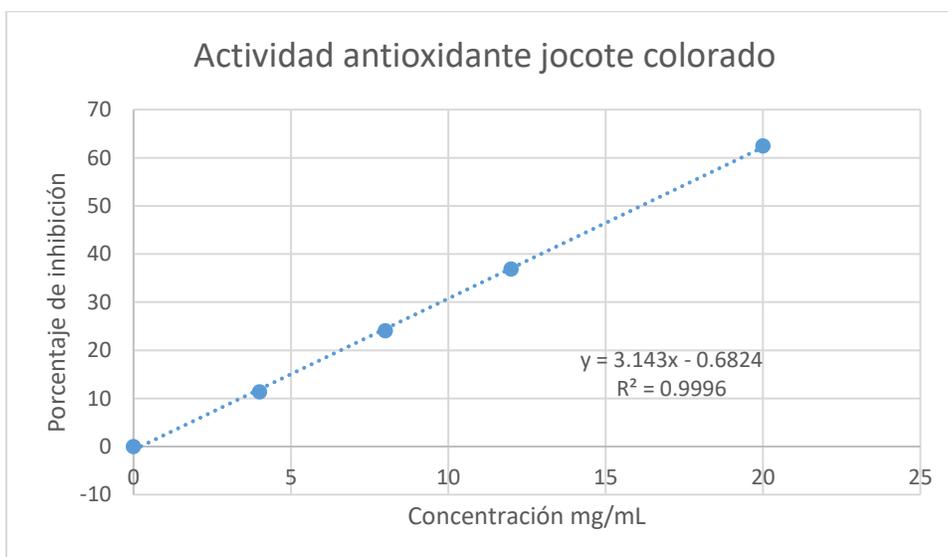
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 8: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Panajachel, Sololá, el 09/11/2016.



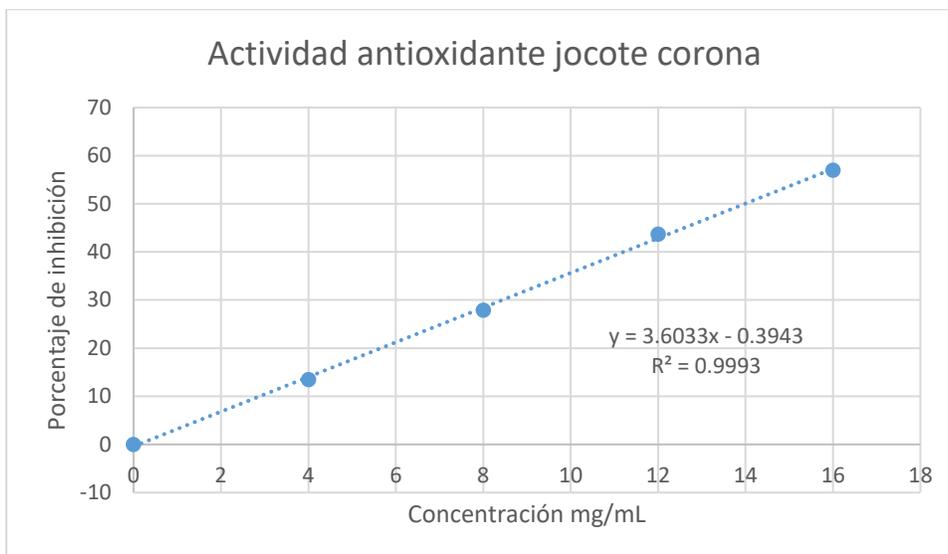
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 9: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote colorado colectada en Honduras, el 15/03/2017.



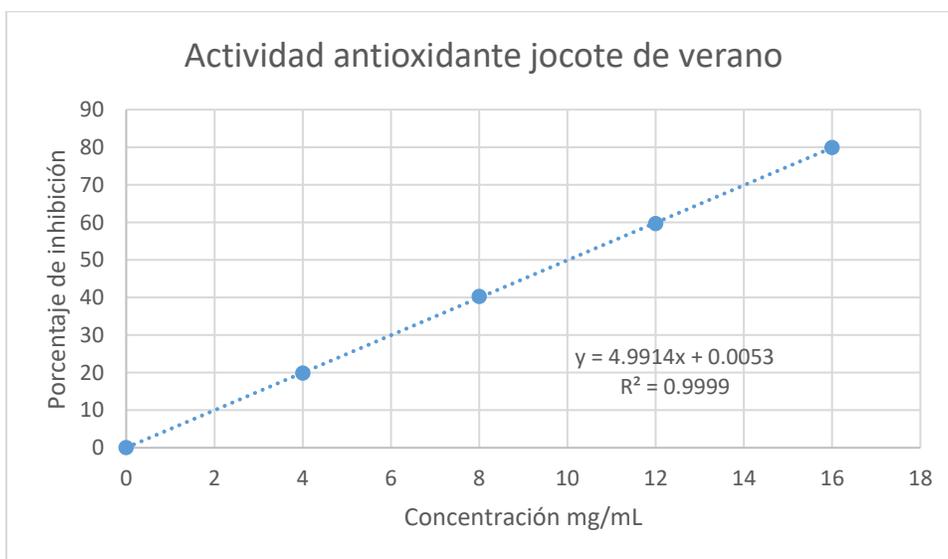
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 10: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en Parcelamiento La Máquina, Retalhuleu, el 05/04/2017.



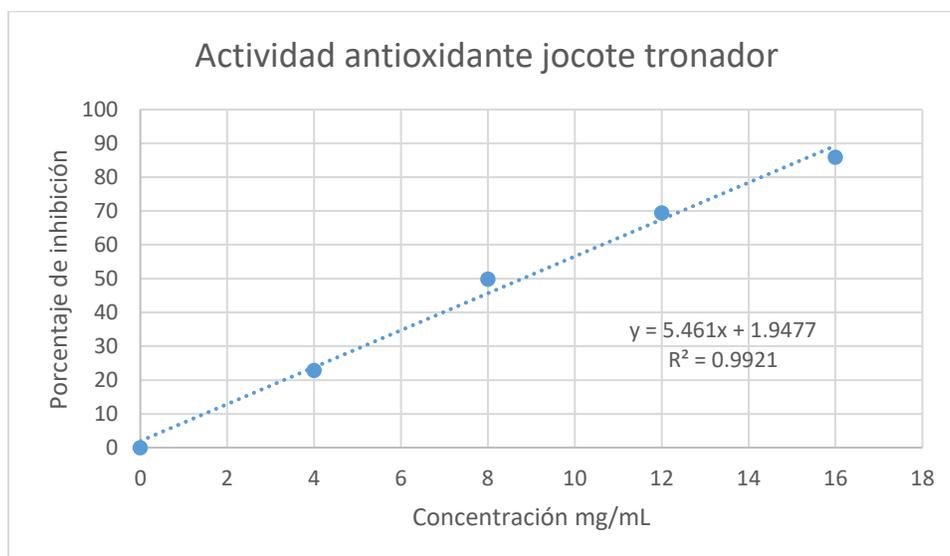
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 11: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote de verano colectada en mercado de Comapa, Aldea Estanzuela, Jutiapa, el 05/05/2017.



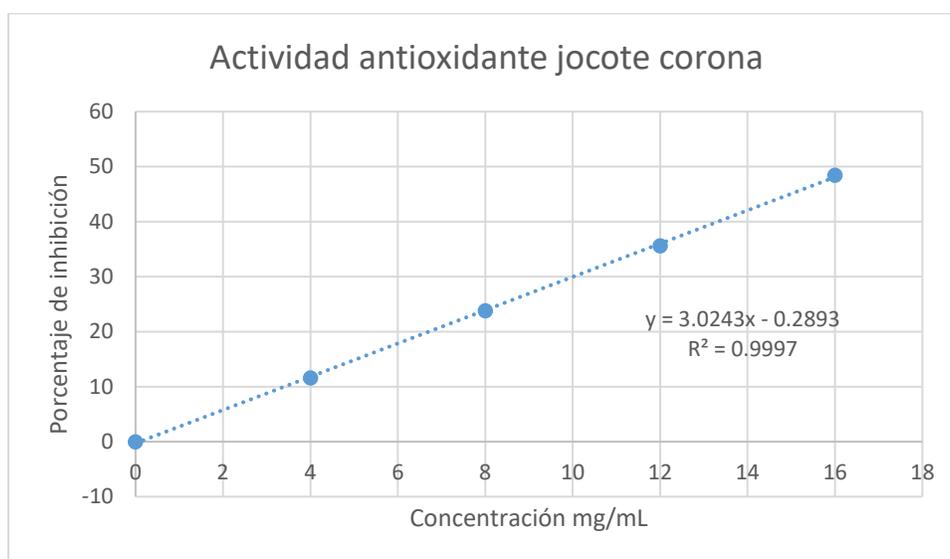
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 12: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote tronador colectada en Aldea San Cristobal Ixcanal II, Comapa, Jutiapa, el 03/10/2017.



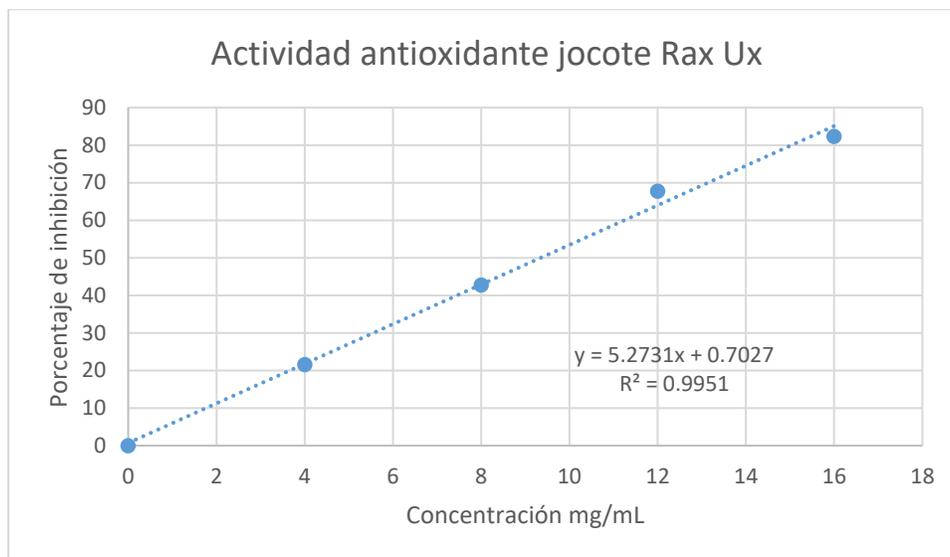
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 13: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Jutiapa, provenientes de Quesada, el 03/10/2017.



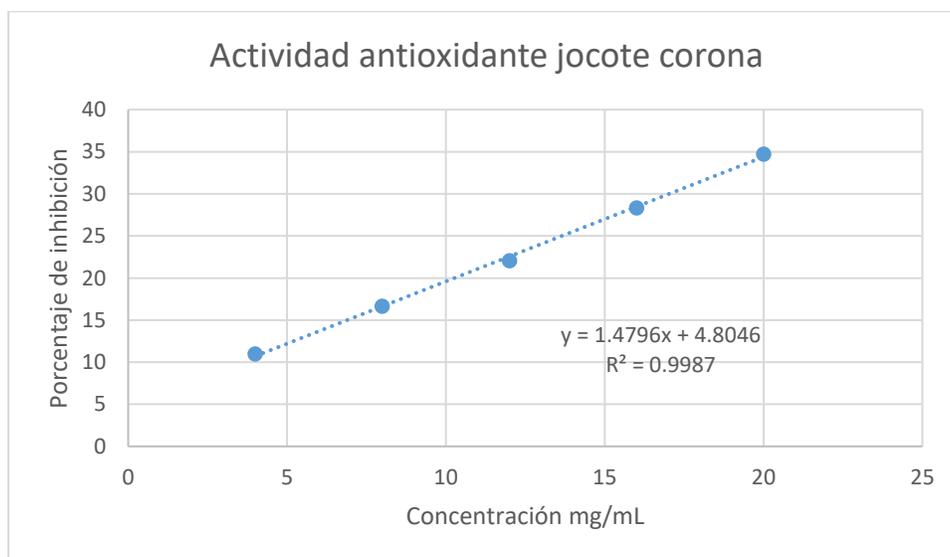
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 14: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote Rax Ux colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 11/10/2017.



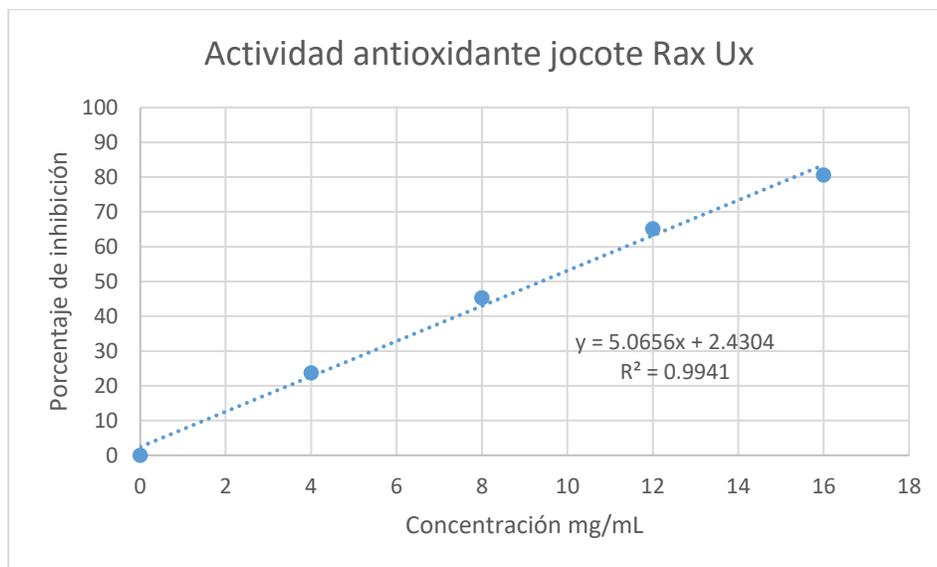
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 15: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 11/10/2017.



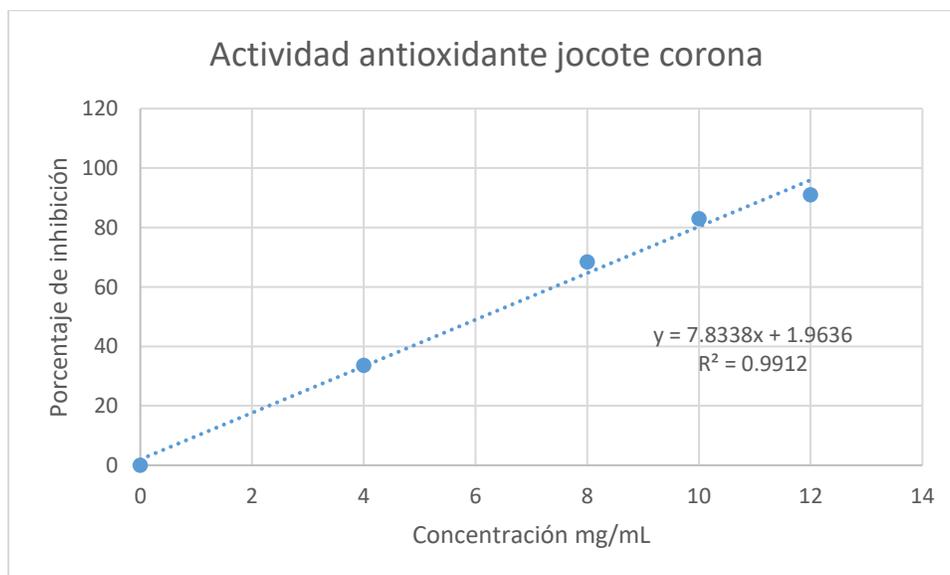
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 16: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote Rax Ux colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 09/11/2017.



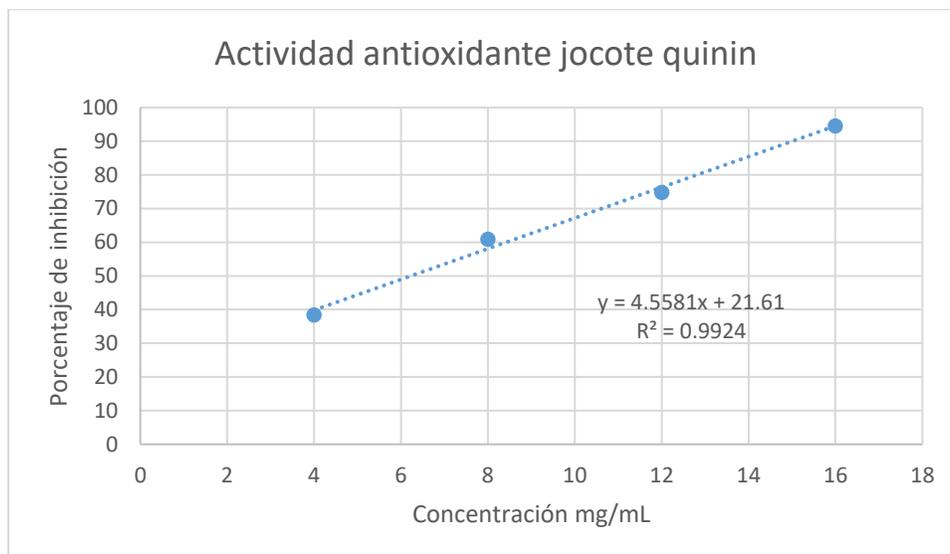
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 17: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en mercado de Santiago Atitlán, Sololá, el 11/04/2018.



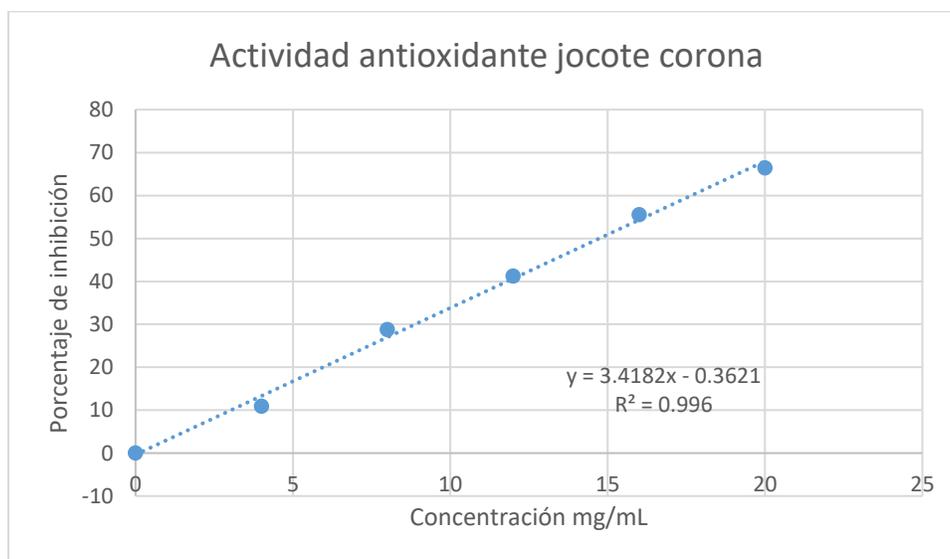
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 18: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote quinín colectada en San Francisco, Petén, el 05/09/2018.



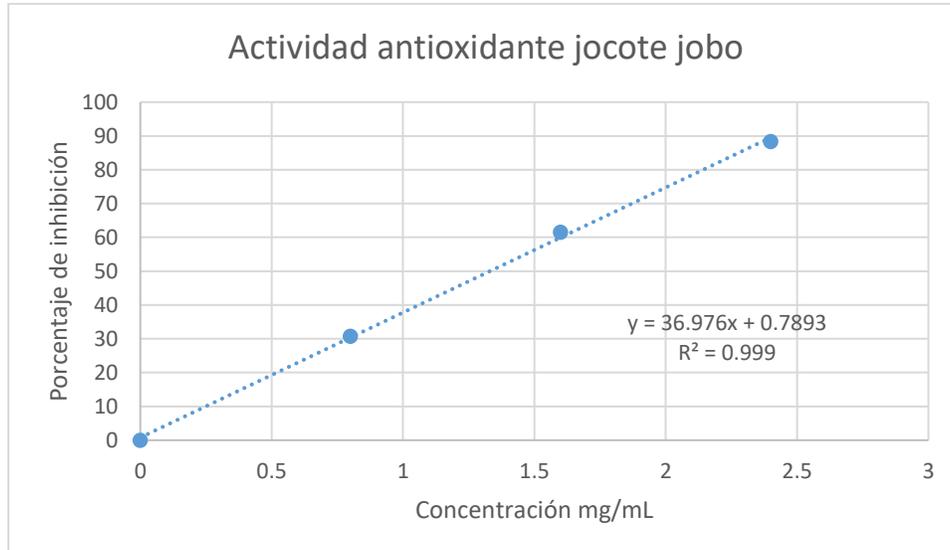
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 19: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote corona colectada en Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, el 19/09/2018.



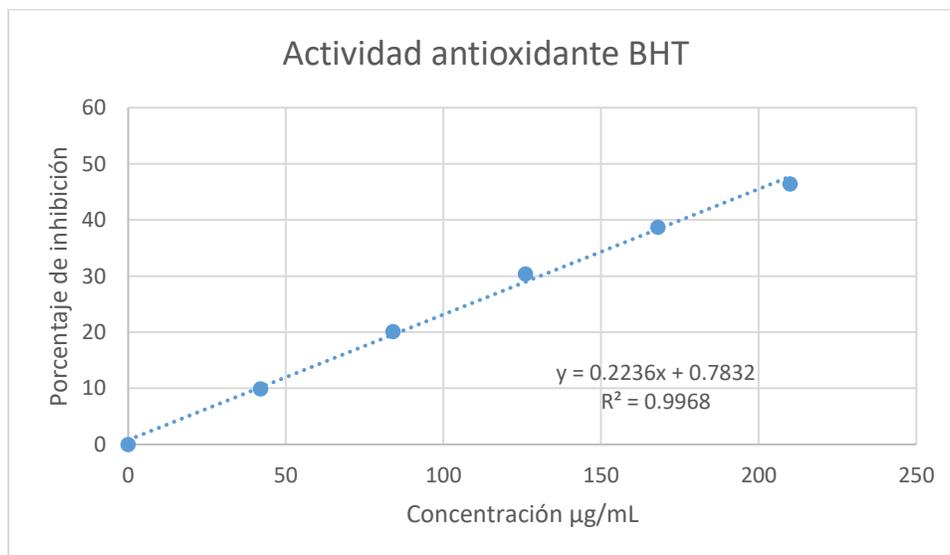
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 20: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en muestra de jocote jobo colectada en San Francisco, Petén, el 25/10/2018.



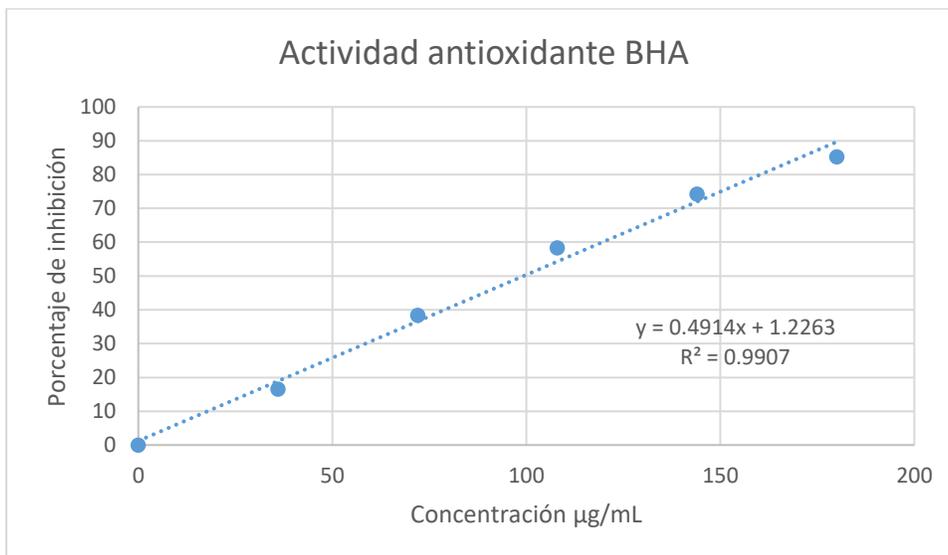
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 21: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en sustancia de referencia, butilhidroxitolueno (BHT).



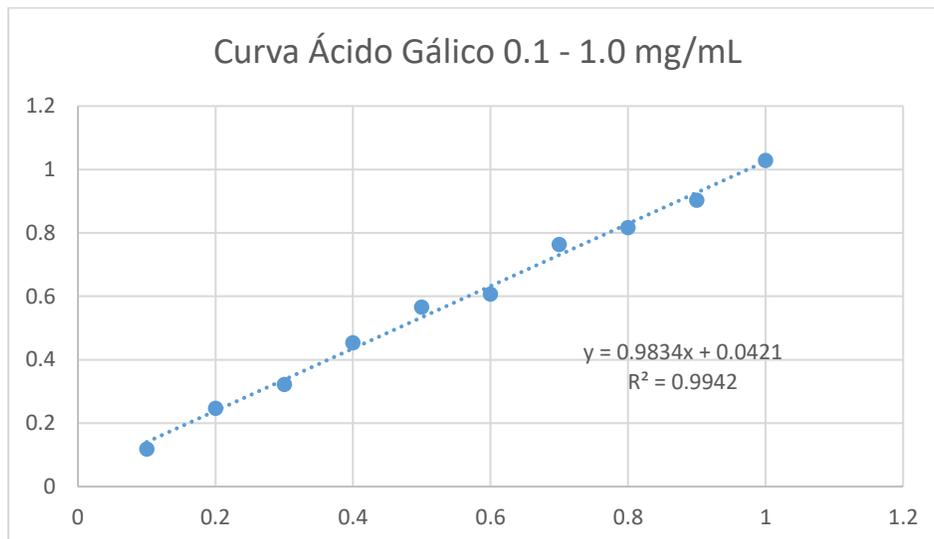
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 22: Curva de calibración para determinación de la actividad antioxidante en sustancia de referencia, butilhidroxianisol (BHA).



Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Gráfica 23: Curva de calibración de ácido gálico para la determinación del contenido de fenoles totales.



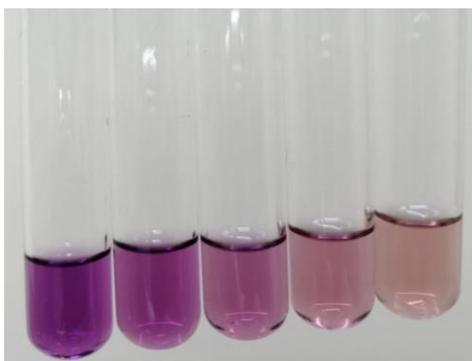
Datos experimentales obtenidos en la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Figura 98: Fotografías de separación de cáscara y pulpa de jocotes.



Izquierda: cáscara; dentro: jocote pelado (semilla y pulpa); derecha: pulpa.  
Laboratorio de la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Figura 99: Fotografía de tubos de ensayo posterior cuantificación de actividad antioxidante de los diferentes frutos de jocote.



Laboratorio de la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

Figura 100: Fotografías de tubos de ensayo utilizados para la cuantificación de fenoles totales.



Izquierda: vista lateral tubos de ensayo. Derecha: Vista superior tubos de ensayo  
Laboratorio de la Unidad de Análisis Instrumental (U.A.I), Edificio T-13. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central, zona 12. Ciudad de Guatemala.

---

Pedro Pablo Molina Jauregui  
Autor

---

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino  
Asesor / Coordinador



---

Lic. Bessie Evelyn Oliva Hernández  
Directora de Escuela

---

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto  
Decano