

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

**EVALUACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y SU
POTENCIAL ANTIDEPRESIVO Y ANTICONVULSIVO
DE *Malpighia mexicana* A. JUSS SILVESTRE Y
PROPAGADA POR MEDIO DE ESQUEJES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

M A E S T R O E N M A N E J O
D E
R E C U R S O S N A T U R A L E S

P R E S E N T A

FRANCELI ITZEL BATALLA MARTINEZ

DIRECTOR DR. DAVID OSVALDO SALINAS SÁNCHEZ

CODIRECTOR DR. DANTE AVILÉS MONTES

CUERNAVACA, MORELOS

JUNIO 2026



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

El presente trabajo se realizó en:



Centro de investigación en Biodiversidad
y Conservación Laboratorio de
Fitoquímica y Productos Naturales
Universidad Autónoma del Estado de
Morelos
Cuernavaca, Morelos, México.

**Centro de
Investigación
Biomédica
del Sur**



Centro de Investigación Biomédica del Sur del Instituto
Mexicano del Seguro Social.

Departamento de Farmacología, Fitoquímica y
Microbiología

Xochitepec, Morelos

AGRADECIMIENTOS

A SECIHTI, por el apoyo brindado en mis estudios de posgrado y en la realización de mi proyecto de investigación.

Al CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS, por permitirme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado en la maestría en manejo de recursos naturales.

Al Dr. David Osvaldo Salinas Sánchez, por brindarme su apoyo y por formar parte de mi formación académica, por todo el apoyo y la confianza que me brindo, así como todo el tiempo académico que me ha brindado durante todo el trabajo de investigación, muchas gracias doctor por ser un gran profesor y ejemplo académico para seguir, Doctor David, muchas gracias.

Al Dr. Dante Avilés Montes, por todo el apoyo que me brindo durante toda mi formación académica, así como por su invaluable apoyo y orientación durante todo el desarrollo de este proyecto. Agradezco profundamente el tiempo, la dedicación y los conocimientos que compartió conmigo a lo largo de este proceso académico. Gracias por ser un excelente maestro y una gran persona.

Al Dr. Manasés González Cortazar, por su invaluable apoyo, dedicación y orientación que me brindo durante el desarrollo de este proyecto, y durante mi estancia en el laboratorio, gracias por todo su tiempo, paciencia y enseñanzas, contribuyendo a mi formación académica y profesional. Gracias por ser un excelente maestro y una gran persona Muchas gracias, Doctor.

A la Dra. Maura Téllez Téllez, por su valioso apoyo, orientación y disposición durante el desarrollo de este proyecto. Agradezco profundamente los conocimientos, consejos y enseñanzas que compartió conmigo. Muchas gracias, Doctora.

Al Dr. Alejandro Zamilpa, director del CIBIS, por brindarme la oportunidad de formar parte de esta institución y permitirme desarrollar mi trabajo de investigación en sus instalaciones. Muchas gracias, Doctor Zamilpa.

Al CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN, por permitirme realizar mi proyecto de investigación y por ser parte de mi formación académica.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, por ser una gran institución y por comprometerse a formar nuevos profesionistas.

DEDICATORIAS

A mi madre Rosa Isela Martínez. Por siempre ayudarme a cumplir mis metas, por cuidarme y enseñarme siempre ha ser una mejor persona y por estar siempre para mí por apoyarme a ser mejor cada día y por todo el cariño que me ha dado te amo mama.

A mi abuelita María Rico. Por ser un gran apoyo y por estar siempre para mí, La amo abuelita.

A mis hermanos Mónica Batalla y Irving Batalla. Por ser un gran apoyo por estar ahí para mi cuando más los necesito, por apoyarme a cumplir mis metas por siempre darme amor y compañía, los amo.

A mi hermana Rubi Batalla. Por siempre apoyarme y escucharme por ser un gran apoyo para mí por estar cuando más la necesito, por enseñarme a ser mejor y hacer de mi mundo un lugar mejor, te amo hermana.

A Irving Rodriguez. Por siempre apoyarme en todo, por estar siempre para mi cuando lo necesito, por apoyarme siempre ha ser mejor y por todo el cariño que me ha dado, Te amo.

Índice

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	5
3. ANTECEDENTES	6
3.1 Trastornos de depresión	6
3.2 Tipos de depresión	7
3.2.1 Depresión mayor	7
3.2.2 Depresión psicótica	7
3.2.3 Distimia	8
3.2.4 Depresión perinatal	8
3.2.5 Depresión maniaca	8
3.3 Fármacos antidepresivos	9
3.3.1 Medicamentos	9
3.3.2 Psicoterapia	9
3.4 Epilepsia	10
3.5 Clasificación	11
3.6 Tratamiento farmacológico	11
3.7 Modelos de evaluación de la actividad antidepresiva	12
3.7.1 Modelo de Nado Forzado	12
3.7.2 Modelo de Suspensión por la Cola	12
3.7.3 Modelo de campo abierto	13
3.8 Modelos de evaluación de la actividad anticonvulsiva	13
3.8.1 Convulsiones inducidas con pentilentetrazol	13
3.9 Generalidades de la familia Malpighiaceae	14
3.9.1 Género <i>Malpighia</i>	14
3.10 Antecedentes de la planta de estudio	14
3.10.1 Descripción botánica <i>Malpighia mexicana</i>	14
3.10.2 Usos etnomédicos	15
3.10.3 Descripción botánica y taxonómica	16
3.10.4 Distribución	16
3.10.5 Fitoquímica	17
3.10.6 Fundamentos farmacológicos	17

	3.11 Extracción de plantas medicinales	18
4	JUSTIFICACIÓN	18
5	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	19
6	HIPÓTESIS.....	20
7	OBJETIVOS	20
	7.1 General	20
	7.2 Específicos	20
8	MATERIAL Y MÉTODOS	21
	8.1 Área de estudio	21
	8.2 Colecta e identificación del material vegetal	21
	8.3 Colecta de hojas	22
	8.4 Registro de colectas	23
	8.5 Colecta y siembra de esquejes	23
	8.6 Obtención de esquejes	24
	8.7 Obtención de los extractos	28
	8.8 Fraccionamiento químico del extracto de acetona MmEA	29
	8.9 Cromatografía en placa fina (CCF)	29
	8.10 Fraccionamiento extracto de <i>Malpighia mexicana</i> MmEA	33
	8.11 Cromatografía en capa fina del extracto MmEA	34
	8.12 Fraccionamiento químico fracción MmC1R15	42
	8.13 Cromatografía en capa fina del extracto MmC1R15	43
	8.14 Fraccionamiento químico fracción MmC2R3	46
	8.15 Cromatografía en capa fina del extracto de MmC2R3	47
	8.16 Cromatografía en placa fina	49
	8.17 Análisis de HPLC	49
	8.18 Pruebas farmacológicas	51
	8.18.1 Nado forzado	51
	8.18.2 Convulsiones inducidas con pentilentetrazol (PTZ).....	52
	8.19 Animales de experimentación	53
	8.20 Análisis estadístico	53
9.	RESULTADOS	54
	9.1 Rendimiento del extracto de <i>Malpighia mexicana</i>	54
	9.2 Perfil fitoquímico de la especie <i>Malpighia mexicana</i>	54
	9.2.1 Análisis por cromatografía en capa fina	54

9.3	Análisis por cromatografía líquida de alto rendimiento HPLC	55
9.4	Obtención de hojas de <i>Malpighia mexicana</i> en dos municipios de Morelos cada mes a lo largo de un año.	64
9.7	Análisis Fitoquímico.....	64
10.	BIOENSAYOS.....	66
10.1	Evaluación del potencial antidepresivo del extracto acetónico de esquejes de <i>Malpighia mexicana</i> (MmEAE)	66
10.1.1	Prueba de nado forzado MmEAE	66
10.1.2	Prueba de suspensión por cola	67
10.1.3	Prueba de campo abierto	68
10.2	Evaluación del potencial antidepresivo de la fracción R15.....	69
10.2.1	Prueba de nado forzado de la fracción R15	69
10.2.2	Prueba de suspensión por la cola de la fracción R15	70
10.2.3	Prueba de campo abierto	71
10.2.4	Número de convulsiones	74
11	DISCUSIÓN.....	75
12	CONCLUSIONES.....	80
13.	ANEXOS	83
14	REFERENCIAS.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de <i>Malpighia mexicana</i>	15
Figura 2. Distribución de <i>Malpighia mexicana</i> en Morelos	17
Figura 3. Muestras de <i>Malpighia mexicana</i> de los municipios de Tlaltizapán y Tepoztlán depositadas en el herbario HUMO-UAEM	22
Figura 4. Colecta de las hojas de <i>Malpighia mexicana</i>	22
Figura 5. Destilación del extracto	29
Figura 6. Reveladores empleados para la detección de flavonoides y terpenoides	29
Figura 7. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt	36
Figura 8. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda corta	36
Figura 9. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	36
Figura 10. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	36
Figura 11. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt	36
Figura 12. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda corta	36
Figura 13. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	36
Figura 14. Fase normal eluida en una proporción 9:1 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído	36
Figura 15. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt	36
Figura 16. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda corta	36
Figura 17. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	36
Figura 18. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído	36

Figura 19. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt	37
Figura 20. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda corta	37
Figura 21. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	37
Figura 22. Fase normal eluida en una proporción 8:2 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído	37
Figura 23. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano-AcOEt	37
Figura 24. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda corta	37
Figura 25. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	37
Figura 26. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído	37
Figura 27. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano-AcOEt	37
Figura 28. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda corta	37
Figura 29. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Luz UV onda larga	37
Figura 30. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído	37
Figura 31. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol.....	38
Figura 32. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Luz UV onda corta.....	38
Figura 33. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Luz UV onda larga.....	38
Figura 34. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	38
Figura 35. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol.....	38
Figura 36. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Luz UV onda corta.....	38

Figura 37. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Luz UV onda larga.....	38
Figura 38. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	38
Figura 39. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol.....	39
Figura 40. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Luz UV onda corta.....	39
Figura 41. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Luz UV onda larga.....	39
Figura 42. Fase normal eluida en una proporción 9:1 diclorometano–metanol. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	39
Figura 43. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo.....	39
Figura 44. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	39
Figura 45. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	39
Figura 46. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.....	39
Figura 47. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda corta.....	40
Figura 48. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda corta.....	40
Figura 49. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda larga.....	40
Figura 50. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda larga.....	40
Figura 51. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	41
Figura 52. Fase normal eluida en una proporción 7:3 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	41
Figura 53. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	41
Figura 54. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	41

Figura 55. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con NP-PEG, luz UV onda larga.....	41
Figura 56. Fase reversa eluida en una proporción 8:2 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	43
Figura 57. Fase reversa eluida en una proporción 8:2 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	43
Figura 58. Fase reversa eluida en una proporción 8:2 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	43
Figura 59. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	43
Figura 60. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	43
Figura 61. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	43
Figura 62. Fase reversa eluida en una proporción 8:2 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	44
Figura 63. Fase reversa eluida en una proporción 8:2 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	44
Figura 64. Fase reversa eluida en una proporción 8:2 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	44
Figura 65. Fase reversa eluida en una proporción 3:7 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	44
Figura 66. Fase reversa eluida en una proporción 3:7 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	44
Figura 67. Fase reversa eluida en una proporción 3:7 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	44
Figura 68. Fase reversa eluida en una proporción 3:7 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	44
Figura 69. Fase reversa eluida en una proporción 3:7 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	44
Figura 70. Fase reversa eluida en una proporción 3:7 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.....	44
Figura 71. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda corta.....	45

Figura 72. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda larga.....	45
Figura 73. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	4
5	
Figura 74. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda corta.....	45
Figura 75. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Luz UV onda larga.....	45
Figura 76. Fase normal eluida en una proporción 5:5 <i>n</i> -hexano–AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.....	45
Figura 77. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	45
Figura 78. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	45
Figura 79. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.....	45
Figura 80. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	46
Figura 81. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	46
Figura 82. Fase reversa eluida en una proporción 5:5 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.....	46
Figura 83. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	4
7	
Figura 84. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	47
Figura 85. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	47
Figura 86. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	47
Figura 87. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	47

Figura 88. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	47
Figura 89. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	48
Figura 90. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	48
Figura 91. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	48
Figura 92. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	48
Figura 93. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	48
Figura 94. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	48
Figura 95. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	48
Figura 96. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	48
Figura 97. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	48
Figura 98. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda corta.....	49
Figura 99. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Luz UV onda larga.....	49
Figura 100. Fase reversa eluida en una proporción 7:3 H ₂ O–acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.....	49
Figura 101. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R13.....	50
Figura 102. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R15.....	50
Figura 103. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R16.....	50
Figura 104. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R17.....	51
Figura 105. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R18 en el cual se muestra la presencia de compuestos del tipo flavonoide.....	51
Figura 106. Ratones albinos machos (<i>Mus musculus</i> cepa CD-1)	53

Figura 107. Placa cromatográfica, fase normal y fase reversa del extracto acetónico de <i>Malpighia mexicana</i> (MmEA).....	55
Figura 108. Cromatograma de HPLC correspondientes al extracto acetónico de <i>Malpighia mexicana</i> en una longitud de onda de 310 nm el cual muestra la presencia de compuestos de tipo fenólico.....	56
Figura 109. Cromatograma de HPLC correspondientes a la fracción R15 en una longitud de onda de 310 nm, el cual muestra la presencia del compuesto 1 correspondiente al ácido cumárico y el compuesto 2 correspondiente al kaempferol.....	57
Figura 110. Cromatograma de HPLC correspondientes a la fracción MmC2R5 en el cual se muestra la presencia de kaempferol de acuerdo con su tiempo de retención de 19.477.....	57
Figura 111. Cromatogramas de HPLC del extracto en acetona de MmAE, R15 y kaempferol, registrados a 360 nm, y espectros UV.....	58
Figura 112. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC3R3 observado a una longitud de onda de 310 nm en el cual muestra la presencia del pico (1) correspondiente al ácido cumárico	59
Figura 113. Cromatogramas de HPLC del extracto en acetona de MmAE, R15 y ácido cumárico, registrados a 310 nm, y el espectro UV del compuesto 1.....	60
Figura 114. Espectro de resonancia magnética nuclear del kaempferol (2): A (¹³ C RMN, 500 MHz, acetona-d ₆), B (¹ H RMN, 400 MHz, MeOH-d ₄)	61
Figura 115. Espectro de masas del kaempferol (2)	62
Figura 116. 1. Ácido cumárico. 2. Kaempferol.....	63
Figura 117. Curva de calibración del ácido cumárico. Coeficiente de correlación de R ² =0.9988.....	63
Figura 118. Curva de calibración del kaempferol. Coeficiente de correlación de R ² =0.9986.....	64
Figura 119. Efecto de la administración oral del extracto MmEAE de <i>M. mexicana</i> A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de los ratones CD-1 expuestos a la prueba de nado forzado. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); Veh, vehículo (100 μ L/10 g); MmEAE Extracto acetónico de los esquejes (50 y 200 mg/kg)	67
Figura 120. Efecto de la administración oral del extracto MmEAE de <i>M. mexicana</i> A. Juss. sobre el número total de cruces de los ratones CD-1 expuestos a la prueba de suspensión por la cola. * = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); Veh, vehículo (100 μ L/10 g); MmEAE Extracto acetónico de los esquejes (50 y 200 mg/kg)	68

Figura 121. Efecto de la administración oral del extracto MmEAE de *M. mexicana* A. Juss. sobre el número total de cruces de los ratones CD-1 expuestos a la prueba de campo abierto. * = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); Veh, vehículo (100 μ L/10 g); MmEAE Extracto acetónico de los esquejes (50 y 200 mg/kg)69

Figura 122. Curvas de supervivencia estimadas mediante el método de Kaplan-Meier en el modelo de convulsiones agudas inducidas por pentilentetrazol (PTZ). Los animales fueron pretratados con vehículo (barra negra), diazepam (DZP, 1 mg/kg; barra roja) o extracto MmEAE (50 mg/kg, barra amarilla; 200 mg/kg, barra verde) antes de la administración de PTZ. El grupo tratado con vehículo presentó una rápida aparición de las convulsiones y una mediana de supervivencia de 285 s. En contraste, los animales tratados con DZP o con MmEAE (50 mg/kg) sobrevivieron durante todo el periodo de observación, por lo que no fue posible estimar la mediana de supervivencia en estos grupos. Las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. El análisis mediante la prueba de Log-rank reveló diferencias significativas entre los grupos tratados y el grupo vehículo ($\chi^2 = 17.0$; $p < 0.001$). Se evaluaron ocho animales por grupo ($n = 8$)70

Figura 123. Efecto de la administración oral de la fracción R15 de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de ratones CD-1 en la prueba de nado forzado. * = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); R15, fracción R15 (50 y 200 mg/kg)73

Figura 124. Efecto de la administración oral de la fracción R15 de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de ratones CD-1 en la prueba de suspensión por la cola. * = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); R15, fracción R15 (50 y 200 mg/kg)74

Figura 125. Efecto de la administración oral de la fracción R15 de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de ratones CD-1 en la prueba de campo abierto. * = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); R15, fracción R15 (50 y 200 mg/kg)75

Figura 126. Curvas de supervivencia estimadas mediante el método de Kaplan-Meier en el modelo de convulsiones agudas inducidas por pentilentetrazol (PTZ). Los animales fueron pretratados con vehículo (barra negra), diazepam (DZP, 1 mg/kg; barra roja) o extracto R15 (50 mg/kg, barra amarilla; 200 mg/kg, barra verde) antes de la administración de PTZ. El grupo tratado con vehículo presentó una rápida aparición de las convulsiones y una mediana de supervivencia de 277 s. En contraste, los animales tratados con DZP o con R15 (50 y 200 mg/kg) sobrevivieron durante todo el periodo de observación, por lo que no fue posible estimar la mediana de supervivencia en estos grupos. Las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. El análisis mediante la prueba de Log-rank reveló diferencias significativas entre los grupos tratados y el grupo vehículo ($\chi^2 = 17.0$; $p < 0.001$). Se evaluaron ocho animales por grupo ($n = 8$)77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro de colecta en los 2 municipios.....	23
Tabla 2. Registro de colectas estacionales.....	24
Tabla 3. Monitoreo primera siembra de esquejes.....	25
Tabla 4. Monitoreo segunda colecta siembra de esquejes.....	26
Tabla 5. Monitoreo tercera siembra de esquejes.....	27
Tabla 6. Monitoreo cuarta siembra de esquejes.....	28
Tabla 7. Fraccionamiento químico de MmEA.....	34
Tabla 8. Fraccionamiento químico de MmC1R15.....	42
Tabla 9. Fraccionamiento químico de la fracción MmC2R5.....	46
Tabla 10. Áreas bajo la curva (AUC) y concentraciones del compuesto 1 a 310 nm y del compuesto 2 a 360 nm en MmAE y R15.....	63
Tabla 11. Registro de colectas.....	
Tabla 12. Registro de la presencia de un compuesto fenólico, del ácido cumárico y kaempferol en las distintas localidades.....	65
Tabla 13. Efectos de los tratamientos sobre la incidencia y la latencia de las crisis convulsivas en el modelo experimental de pentilentetrazol.....	72
Tabla 14. Análisis de supervivencia estimado mediante el método de Kaplan-Meier y comparación de las curvas de supervivencia mediante la prueba de Log-rank entre los grupos experimentales y el grupo control en el modelo de convulsiones inducidas por pentilentetrazol.....	76
Tabla 15. Efectos de los tratamientos sobre la incidencia y la latencia de las crisis convulsivas en el modelo experimental de pentilentetrazol.....	

1. RESUMEN

Malpighia mexicana A. Juss. es una especie vegetal utilizada en la medicina tradicional mexicana para el tratamiento de padecimientos relacionados con el sistema nervioso central; sin embargo, existe limitada evidencia científica sobre sus propiedades neurofarmacológicas y sobre estrategias sustentables para su aprovechamiento. En el presente estudio se evaluó la propagación vegetativa mediante esquejes de *M. mexicana*, así como la actividad antidepresiva y anticonvulsiva del extracto acetónico obtenido de plantas propagadas vegetativamente (MmEAE) y de la fracción R15 obtenida del extracto acetónico de hojas silvestres.

La propagación de la especie se realizó mediante esquejes tratados con ácido indolbutírico (AIB), evaluándose posteriormente la producción de metabolitos secundarios en colectas estacionales. El análisis fitoquímico se llevó a cabo mediante cromatografía en capa fina (CCF), cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y resonancia magnética nuclear (RMN), identificándose la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, entre ellos ácido cumárico y kaempferol de una fracción R15.

La actividad antidepresiva se determinó empleando los modelos murinos de nado forzado y suspensión por la cola en ratones CD-1 machos, utilizando imipramina como control positivo. Adicionalmente, se realizó la prueba de campo abierto para descartar alteraciones en la actividad locomotora. Los resultados mostraron que MmEAE y la fracción R15 disminuyeron significativamente el tiempo de inmovilidad en ambos modelos conductuales, particularmente a dosis de 50 y 200 mg/kg, presentando efectos comparables al fármaco de referencia. En la prueba de campo abierto no se observaron diferencias significativas en el número de cruces totales, indicando que el efecto observado no estuvo asociado con estimulación locomotora inespecífica.

La actividad anticonvulsiva se evaluó mediante el modelo de convulsiones inducidas con pentilentetrazol (PTZ). El extracto MmEAE redujo significativamente la frecuencia de convulsiones tónicas y aumentó la supervivencia de los animales experimentales, observándose un efecto protector destacado a la dosis de 50 mg/kg. De manera similar, la fracción R15 mostró disminución en la incidencia de convulsiones tónicas y aumento en la latencia convulsiva.

Los resultados obtenidos demuestran que *M. mexicana* posee metabolitos bioactivos con potencial antidepresivo y anticonvulsivo, posiblemente relacionados con la presencia de flavonoides y

compuestos fenólicos. Asimismo, se comprobó que la propagación vegetativa mediante esquejes permite conservar la capacidad biosintética y farmacológica de la especie, constituyendo una estrategia sustentable para su conservación y aprovechamiento. Este trabajo aporta evidencia científica que respalda el uso tradicional de *M. mexicana* y establece bases para futuras investigaciones orientadas al aislamiento de compuestos activos y al desarrollo de fitomedicamentos con aplicación en trastornos neurológicos.

ABSTRACT

Malpighia mexicana A. Juss. is a plant species traditionally used in Mexican folk medicine for the treatment of disorders related to the central nervous system; however, scientific evidence regarding its neuropharmacological properties and sustainable propagation strategies remains limited. The present study evaluated the vegetative propagation of *M. mexicana* through cuttings, as well as the antidepressant-like and anticonvulsant activities of the acetonic extract obtained from vegetatively propagated plants (MmEAE) and the R15 fraction obtained from the acetonic extract of wild leaves.

Plant propagation was carried out using cuttings treated with indole-3-butyric acid (IBA), followed by the evaluation of secondary metabolite production during seasonal collections. Phytochemical analyses were performed by thin-layer chromatography (TLC), high-performance liquid chromatography (HPLC), and nuclear magnetic resonance (NMR), revealing the presence of phenolic compounds and flavonoids, including *p*-coumaric acid and kaempferol was identified in fraction R15.

Antidepressant-like activity was evaluated using the forced swimming test and tail suspension test in male CD-1 mice, with imipramine used as the positive control. Additionally, the open field test was conducted to rule out nonspecific alterations in locomotor activity. The results showed that MmEAE and fraction R15 significantly decreased immobility time in both behavioral models, particularly at doses of 50 and 200 mg/kg, exhibiting effects comparable to the reference drug. In the open field test, no significant differences were observed in the total number of crossings, indicating that the observed effects were not associated with nonspecific locomotor stimulation.

Anticonvulsant activity was assessed using the pentylenetetrazole- (PTZ-) induced seizure model. MmEAE significantly reduced the frequency of tonic seizures and increased animal survival, with the most pronounced protective effect observed at the dose of 50 mg/kg. Similarly, fraction R15 reduced the incidence of tonic seizures and increased seizure latency.

These findings demonstrate that *M. mexicana* contains bioactive metabolites with potential antidepressant-like and anticonvulsant properties, possibly associated with the presence of flavonoids and phenolic compounds. Furthermore, vegetative propagation through cuttings was

shown to preserve both the biosynthetic capacity and pharmacological activity of the species, representing a sustainable strategy for its conservation and utilization. This study provides scientific evidence supporting the traditional use of *M. mexicana* and establishes a basis for future research focused on the isolation of active compounds and the development of phytomedicines for neurological disorders.

2. INTRODUCCIÓN

Actualmente en México el uso de las plantas medicinales constituye un recurso valioso en el sistema de salud de los países en desarrollo (Guzmán, 2017). La OMS menciona que, en los países en desarrollo, el 80% de la población depende de la medicina tradicional para solucionar sus necesidades de atención primaria de salud, los cuales implican el uso de extractos de plantas medicinales o sus principios activos (Tran et al., 2020). Entre los países megadiversos, se encuentra México que cuenta con 25 mil especies de plantas (Jiménez, 2014), sin embargo, las actividades agrícolas, la contaminación, el deterioro y la destrucción de ecosistemas, así como la extracción de plantas en poblaciones naturales está teniendo un impacto negativo sobre varias especies vegetales (Martínez Meyer, 2014), actualmente su extracción es uno de los primeros factores responsables sobre su extinción, debido al conocimiento tradicional por parte de los pobladores locales al utilizarlas como remedios caseros (Naranjo y Dirzo, 2009). Por lo que es importante cultivar plantas medicinales para apoyar a su conservación y su aprovechamiento como un recurso natural sostenible (INIFAP, 2022). La familia Malpighiaceae ha sido ampliamente estudiada desde el punto de vista farmacológico, esta familia está integrada por 66 géneros y 1,200 especies (Dorado et al., 2005), las cuales se distribuyen en Chiapas, Durango, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Yucatán. En Morelos la especie *Malpighia mexicana* se encuentra distribuida en los municipios de Cuernavaca, Tepoztlán, Tlayacapan, Temixco, Xochitepec, Zacatepec, Jojutla, Puente de Ixtla, Tlaquiltenango, Tepalcingo y Zacualpan (HUMO, 2023). Se ha demostrado que especies de esta familia botánica producen compuestos químicos los cuales son capaces de ejercer efectos anticonvulsivos y antidepresivos, los cuales son efectos depresores del sistema nervioso. Tal es el caso de *Galphimia glauca*, se demostró que los compuestos que produce son capaces de inducir efecto antidepresivo, ansiolítico, anticonvulsivo y sedante (Tortoriello y Lozoya, 1992; Huerta-Reyes et al., 2013). Al igual se reporta que un extracto metanólico de las partes aéreas de *Heteropterys brachiata* tiene efecto anticonvulsivo, antidepresivo y ansiolítico (Huerta, 2013). En la literatura etnomédica se ha reportado el uso de *Malpighia mexicana* en el estado de Morelos para tratar el empacho, diarrea y la disentería y también se usa para desinfectar heridas (BDMTM, 2009). De forma científica se demostró que un extracto metanólico de las partes aéreas de *Malpighia mexicana* (Malpighiaceae)

presentó efectos ansiolítico y sedante (Díaz, 2021). Maldonado (2017) menciona que la propagación vegetativa es una herramienta que nos permite conservar totalmente las características distintivas de las plantas, y el uso de estacas es un método tradicional de propagación que promueve la multiplicación de plantas manteniendo las características deseables, permitiéndonos obtener mejores plantas con una mayor calidad y a un menor costo con las características deseables específicas. El objetivo de este proyecto es realizar a lo largo de un año la caracterización fitoquímica, la evaluación antidepresiva y anticonvulsiva de *Malpighia mexicana* A. Juss. silvestre y propagada por medio de esquejes.

Capítulo 2

3. ANTECEDENTES

3.1 Trastornos de depresión

La depresión es un trastorno que afecta el estado de ánimo causando sentimientos de tristeza constante, dificultad para concentrarse, la pérdida de interés en actividades y en casos más graves ideas suicidas, la depresión también es conocida como trastorno depresivo mayor o depresión clínica, esta afecta principalmente los sentimientos, pensamientos y el comportamiento de las personas, además sabemos que gran parte de las personas se han sentido deprimidas o tristes en algún momento de su vida, sin embargo estos sentimientos suelen pasar en poco tiempo al contrario de la depresión que esta puede causar síntomas graves que afectan el cómo se sienten, piensan y el cómo llevan su vida diaria las personas (Institutos Nacionales de la Salud 2021). Además, algunas veces la depresión se vuelve intensa y puede durar largos periodos de tiempo incluso puede llegar a durar varios años.

Algunas veces los síntomas de la depresión pueden ser causados por desórdenes físicos o incluso por alguna enfermedad ya que esta puede ocurrir a causa de algunas enfermedades tales como la diabetes, Cáncer, enfermedades cardíacas o por dolor crónico, además de que la depresión puede empeorar estos problemas de salud, ya que algunos de los medicamentos que toman para tratar estas enfermedades pueden ocasionar efectos secundarios que pueden contribuir a los síntomas de la depresión (Institutos Nacionales de la Salud 2021). Para diagnosticar la depresión es necesario acudir

con un especialista debido a que se debe de evaluar el estado en que se encuentra el paciente, comúnmente para el diagnóstico clínico de la depresión se requiere la presencia de varios síntomas como la irritabilidad, trastornos de sueño, cambios en el peso, falta de concentración entre otros, al igual se debe revisar el historial médico y realizar otros métodos para detectar este trastorno (Castagné V, Moser P, 2009).

3.2 Tipos de depresión

La depresión es uno de los trastornos que afectan el estado de ánimo, nuestra interacción social y otros aspectos de nuestra vida diaria, sin embargo, esto depende particularmente del tipo de trastorno depresivo que esté presente ya que no todos presentan la misma sintomatología, aunque suelen ser muy similares, sin embargo, los trastornos depresivos se clasifican de la siguiente manera (Institutos Nacionales de la Salud 2021, Benazzi, F. 2006).

3.2.1 Depresión mayor

Es uno de los trastornos depresivos más graves ya que es uno en los que se presenta un mayor número de síntomas además de que este se presenta la mayor parte del tiempo. Las personas que sufren este tipo de trastorno experimentan periodos de estado de ánimo normal entre los periodos depresivos que suelen durar meses e incluso años, estos periodos de depresión se caracterizan por síntomas como pérdida de interés en actividades diarias, disminución del apetito, dificultad para concentrarse, pérdida o aumento de peso y pensamientos suicidas (Kandel et al., 2001, Benazzi, F. 2006).

3.2.2 Depresión psicótica

La depresión psicótica es un subtipo de depresión mayor esta se caracteriza cuando algún trastorno depresivo severo incluye algún tipo de psicosis, este trastorno se caracteriza por síntomas psicóticos como alucinaciones o delirios estos generalmente alteran el modo en el que percibe la realidad (Benazzi, F. 2006).

3.2.3 Distimia

La distimia o el trastorno depresivo persistente es similar a la depresión mayor a diferencia de esta sus síntomas son menos graves, aunque esta puede durar más tiempo, es común que las personas con este trastorno presenten episodios de depresión mayor, aunque las crisis que sufren las personas con distimia pueden durar hasta 2 años lo que caracteriza este trastorno es que el paciente se siente depresivo durante más tiempo del día y suele suceder durante varios días seguidos. Aunque la distimia suele ser menos grave, algunas personas también pueden sufrir episodios severos de depresión en algún momento de su vida (Klein, D.N, 2006). algunos de los síntomas que sufren las personas con este trastorno son: la pérdida o el aumento de apetito, fatiga o falta de energía, insomnio, baja autoestima, dificultad para concentrarse o para tomar decisiones (NIMH, 2010).

3.2.4 Depresión perinatal

La depresión perinatal o posparto se caracteriza porque suele ocurrir dentro de los primeros 3 meses después del parto sin embargo también se puede presentar hasta un año después de que la mujer haya dado a luz, aproximadamente entre el 10 y 15% de las mujeres experimentan depresión tras dar a luz esto se debe a los cambios físicos, emocionales y hormonales por los que pasan las mujeres después del parto (Benazzi, F. 2006), aunque los síntomas no siempre son graves de igual manera pueden presentar algunos de los síntomas más comunes de la depresión aunque no suelen prolongarse más de unos meses.

3.2.5 Depresión maniaca

Este trastorno también es conocido como trastorno bipolar y se caracteriza porque se combinan síntomas depresivos con estados de manía, ya que las personas con este trastorno suelen pasar de un estado depresivo a la euforia con bastante rapidez, algunos de los episodios maniacos que suelen sufrir las personas con este trastorno son estado de ánimo irritable o exaltado, estos suelen durar aproximadamente una semana y algunos de los síntomas son hiperactividad, actos impulsivos, problemas para dormir, sentimientos de tristeza persistentes, pensamientos suicidas o intentos de suicidio, molestias físicas como dolor de cabeza, estomago o fatiga y en casos más graves delirios y alucinaciones debido a estos síntomas es importante su rápido diagnóstico (NIMH, 2015, Institutos Nacionales de la Salud 2021, Manji et al., 2001).

3.3 Fármacos antidepresivos

La depresión es una enfermedad que no debe tomarse a la ligera ya que no suele mejorar de un día a otro, además de que suele requerir tratamiento a largo plazo. Generalmente la depresión se suele tratar con medicamentos, psicoterapia o ambos, el tipo de tratamiento que se requiera va a depender del tipo de depresión que esté presente sin embargo si el tratamiento no funciona adecuadamente y no disminuyen los síntomas se pueden utilizar terapias de estimulación cerebral, el tratamiento va a depender de las necesidades y en la situación de salud del paciente sin embargo no siempre funcionan adecuada mente por lo que es necesario intentar diferentes medicamentos para saber cuál funciona mejor ya que si la depresión no es tratada puede empeorar y durar más tiempo causando sufrimientos innecesarios ya que sin el tratamiento adecuado las personas con este trastorno no se recuperan por completo (Institutos Nacionales de la Salud 2021, The Cleveland Clinic 2005).

3.3.1 Medicamentos

Para tratar la depresión se utilizan generalmente los antidepresivos sin embargo estos no siempre funcionan adecuadamente ya que se debe dejar pasar cierto tiempo por lo general entre 4 y 8 semanas si bien suelen mejorar otros síntomas como problemas para dormir o los problemas para concentrarse antes de que mejore el estado de ánimo, sin embargo, estos medicamentos pueden ser ineficientes y se tendría que evaluar el estado del paciente nuevamente para probar con otro tipo de antidepresivo. Sin embargo, la depresión puede ser resistente esto pasa cuando se utilizan más de dos medicamentos antidepresivos y ninguno de estos funciona, en estos casos se puede utilizar algún medicamento a la par con el antidepresivo como un medicamento antipsicótico o anticonvulsivo (Jaume Guinot 2021).

3.3.2 Psicoterapia

La psicoterapia tamba caboonocida como terapia de dialogo o consejera se utiliza para tratar a personas con depresión esta les ayuda a tener nuevas formas de pensamientos a cambiar sus hábitos para que estos no contribuyan a la depresión, esto consiste en que una persona experta en el tema

es el encargado de llevar acabo las sesiones de psicoterapia esto puede hacerse personalmente o en grupos, la finalidad de la psicoterapia es ayudar a los pacientes a mejorar su estado de ánimo así como la manera en la que se comunican para establecer redes de apoyo esto con el fin de ayudar a sobrellevar las crisis de depresión u otros problemas que puedan empeorarla sin embargo esta no siempre es eficiente y se necesita recurrir a algún otro tratamiento como los antidepresivos. Algunas de las psicoterapias más utilizadas para tratar la depresión son la terapia cognitivo-conductual y la terapia interpersonal (Jaume Guinot 2021).

Terapia cognitivo-conductual es utilizada para que las personas con depresión aprendan a desafiar y cambiar patrones de conducta y de pensamientos que generen depresión esto con el fin de mejorar sentimientos de depresión o ansiedad.

Terapia interpersonal esta se utiliza en el caso de acontecimientos más personales y de su vida que estén generando algún problema con el estado de ánimo de las personas.

3.4 Epilepsia

La epilepsia es una enfermedad neurológica que se distingue por la presencia de crisis o ataques epilépticos esto se debe a descargas neuronales desordenadas y excesivas en algún sitio del cerebro estas suelen ser recurrentes y se caracterizan por breves movimientos involuntarios, la sintomatología va a variar de una persona a otra además de que el tipo de crisis epiléptica que presenten las personas va a depender de la parte del cerebro que se vea afectada en algunos casos se puede identificar la lesión del cerebro con una tomografía (Secretaría de Salud, 2015). Estas crisis suelen durar algunos segundos o minutos después de esto el cerebro funciona con normalidad, estas pueden involucrar alguna parte del cuerpo o las cuatro extremidades, además de producir un exceso de saliva, dilatación de pupilas y dificultad para respirar y en algunas ocasiones las personas pueden perder la conciencia (OMS 2020). La epilepsia es una enfermedad crónica que afecta a las personas sin importar su edad sin embargo es más frecuente en niños y adolescentes donde se presenta en el 75% de los casos. Esta enfermedad es uno de los trastornos neurológicos más comunes ya que afecta a más de 50 millones de personas en todo el mundo (OMS, 2020) y en México se reportan alrededor de 2 millones

de personas con este trastorno, además de que el riesgo de muerte prematura en personas que sufren epilepsia es tres veces mayor en toda la población (OMS 2020).

3.5 Clasificación

La clasificación de la epilepsia se divide dependiendo del tipo de crisis y de los síntomas del paciente, estas se dividen en tres tipos de crisis la primera de inicio focal, la segunda de inicio generalizado y la tercera de origen desconocido (Reséndiz-Aparicio, 2023).

Las crisis focales se clasifican en aquellas que tienen pérdida o no de conciencia, esta se origina en redes limitadas dentro de un hemisferio es decir que solo afectan a un área del cerebro la descarga de estas comienza en una zona en concreto del cerebro y esta puede ser ampliamente distribuidas al resto de la corteza cerebral (Reséndiz-Aparicio, 2023).

Las crisis generalizadas estas se originan en un punto en concreto con una amplia y rápida participación de redes distribuidas bilateralmente, estas afectan ambos lados del cerebro y generalmente provocan la pérdida del conocimiento (Reséndiz-Aparicio, 2023).

Las crisis de inicio desconocido estas no se pueden clasificar ya que no se sabe si su inicio es focal o generalizado por eso son conocidas como inicio desconocido (Reséndiz-Aparicio, 2023).

Los pacientes con epilepsia pueden tener los dos tipos de crisis focales o generalizadas y los síntomas temporales que pueden causar estas crisis son la pérdida del conocimiento o de conciencia y cambios en el estado de ánimo seguido de movimientos bruscos de las extremidades (Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud, 2018).

3.6 Tratamiento farmacológico

Entre los trastornos más comunes para tratar la epilepsia están los medicamentos o la cirugía. Medicamentos: los medicamentos anticonvulsivos ayudan a reducir el número de convulsiones en el cerebro dependiendo que tan frecuente sean, para esto, un médico cambia la cantidad del medicamento o de ser necesario deberá cambiarlo, los medicamentos funcionan en dos de cada tres personas con epilepsia.

Cirugía: cuando las convulsiones son focales es decir que solo provienen de una parte del cerebro, una cirugía podría evitar convulsiones futuras o se puede hacer más fácil el controlarlas con los medicamentos. Estas cirugías son más comunes si el origen de la epilepsia proviene del lóbulo temporal del cerebro.

3.7 Modelos de evaluación de la actividad antidepresiva

3.7.1 Modelo De Nado Forzado

El modelo de nado forzado se emplea para evaluar el efecto antidepresivo que pueden presentar diferentes extractos, fracciones o compuestos puros, este método lo propuso Porsolt en 1977. De acuerdo con revisiones en las bases de datos de información biomédica, este modelo es posiblemente el más empleado en la farmacología experimental como un primer tamizaje en la búsqueda de sustancias con potencial antidepresivo de compuestos nuevos (McArthur y Borsino, 2006) o extractos y fracciones de plantas medicinales (Zhang, 2004). El parámetro más relevante en este modelo es el tiempo de inmovilidad de los animales cuando son sometidos a una prueba de nado. Se ha evidenciado que los fármacos antidepresivos disminuyen la duración del periodo de movilidad. De tal forma que, el modelo de nado forzado es una prueba farmacológica experimentalmente válida en búsqueda de sustancias de origen vegetal que pudieran tener eficacia antidepresiva. Este modelo es sensible a los fármacos tricíclicos, inhibidores de la enzima monoamino oxidasa (IMAO), inhibidores selectivos de la recaptura de serotonina (ISRS), cada uno de los cuales muestran una respuesta variable.

3.7.2 Modelo De Suspensión Por La Cola

Esta prueba constituye una metodología ampliamente utilizada para evaluar la actividad antidepresiva en modelos murinos, similar a la prueba de nado forzado la prueba de suspensión por la cola tiene como objetivo principal evaluar el tiempo de inmovilidad de los ratones esto como indicador de comportamiento asociado a estados depresivos, este procedimiento consiste en suspender al animal mediante una cinta adhesiva colocada aproximadamente a 2 cm de la punta de la cola y fijada a un soporte estable que garantice la inmovilidad adecuada. Las condiciones experimentales

estandarizadas se sugieren que la distancia entre el animal y el suelo sea de 35 cm, así como tener una separación mínima 15 cm respecto a cualquier objeto cercano, la prueba consta de dos fases conductuales diferenciadas: un periodo de agitación o actividad motora y un periodo posterior de inmovilidad los cuales son registrados y analizados para su evaluación de la respuesta a los tratamientos administrados (Steru et al., 1985).

3.7.3 Modelo de campo abierto

La prueba de campo abierto se emplea ampliamente en la investigación para la evaluación conductual de roedores ya que permite evaluar parámetros como la ansiedad, la actividad locomotora y el comportamiento exploratorio frente a entornos novedosos. Este ensayo se realiza en un recinto delimitado por paredes que impiden la fuga del animal, el cual puede presentar una configuración cuadrada, circular o rectangular. Generalmente, el área experimental se divide en cuadrantes correspondientes a las zonas periféricas y centrales, con el propósito de registrar y cuantificar distintos patrones de comportamiento. Se ha observado que los roedores tienden a permanecer durante más tiempo en la periferia del recinto, debido a que esta zona les proporciona una mayor sensación de seguridad. En contraste, una mayor permanencia en la región central se asocia con una disminución de las conductas relacionadas con la ansiedad, por lo que este parámetro es utilizado como un indicador del estado emocional de los animales evaluados (Mora-Gallegos & Salas, 2014).

3.8 Modelos de evaluación de la actividad anticonvulsiva

3.8.1 Convulsiones inducidas con pentilentetrazol

Entre los métodos utilizados para la evaluación de la actividad anticonvulsiva uno de los más utilizados es de inducción química con el fármaco pentilentetrazol que provoca convulsiones, este fármaco es un estimulante del sistema nervioso central, este es útil para la evaluación de convulsiones clónicas las cuales son muy similares a las que sufren los humanos. Este método es ampliamente utilizado para la evaluación de la actividad anticonvulsiva para el uso de nuevas moléculas en vista que estos compuestos funcionen como antagonistas al pentilentetrazol. Este modelo es ampliamente utilizado en la investigación preclínica y para el desarrollo de nuevos fármacos con actividad anticonvulsiva debido a su bajo costo y su fácil manejo.

3.9 Generalidades de la familia Malpighiaceae

La familia Malpighiaceae está conformada por 77 géneros y 1300 especies entre árboles, hierbas y bejucos estos generalmente son leñosos y se encuentran distribuidas por todo el mundo (Anderson et al., 2010). Las especies de árboles presentan frutos en formas de bayas, capsulas o drupas, sus hojas son de color verde son ovaladas, gruesas y pubescentes sobre los tallos raramente alternadas, su florescencia es en forma de racimos, umbelas y panículas. Esta familia se distribuye en zonas tropicales y subtropicales y se encuentra principalmente diversificada en el continente americano y se adapta a una gran variedad de hábitat. En México se registran 23 géneros y aproximadamente 150 especies (Villanueva-Amador et al., 2020), las características distintivas de esta familia son la presencia de pelos “malpígeos” en el envés de las hojas, sus flores presentan de 5 sépalos libres o ligeramente connados. Además, esta familia ha sido estudiada desde el punto de vista farmacológico y se han realizado varios estudios fitoquímicos los cuales han demostrado actividad ansiolítica, antidepresiva y anticonvulsiva ((Díaz-Jiménez, 2021; Batalla-Martínez, 2023).

3.9.1 Genero Malpighia

Este género, es uno de los 68 de la familia Malpighiaceae el cual agrupa cerca de 50 especies de árboles y arbustos, sus hojas son de forma oval, glabras, generalmente de color verde oscuro y brillante; otra característica que las distingue son sus inflorescencias, las cuales tienen posición axilar, no ramificadas con unas treinta flores aproximadamente, sus pétalos son de color rosa o blanquecinas (Avilés, 2016). Las especies del género *Malpighia* son nativas de América tropical y subtropical, en México se distribuyen 19 especies de las cuales 12 son endémicas, y la especie *Malpighia mexicana* mejor conocida como guachocote o nanche rojo es nativa de México (Bárcenas-López, 2019).

3.10 Antecedentes de la planta de estudio

3.10.1 Descripción botánica *Malpighia mexicana*

Malpighia mexicana A. Juss. conocido de forma tradicional como guachocote, es un árbol originario

de México que mide de 8 a 9 m de altura ampliamente ramificado (Figura 1), es de corteza gruesa de color gris con manchas blanquecinas, sus hojas son opuestas de 3 a 10 cm de largo con base aguda o redondeada de color verde, sus flores de 1 a 1.5 cm de diámetro, sus sépalos son de 2.4 a 3.7 mm de largo, son de color rosado en forma de círculos y cuando se abren se ven de color rosa con amarillo sus pétalos miden de 5 a 9 mm de largo, generalmente se encuentran en racimos, sus frutos son globosos de color verde y cuando maduran son de color rojo brillante (Bárcenas-López, 2019). Su distribución en México es en los estados: Chiapas, Durango, Estado de México, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, y Zacatecas. En Morelos se encuentra en la selva baja caducifolia; ha sido colectada en climas cálidos a los 500 msnm (BDMTM, 2009), en los municipios de Jojutla, Miacatlán, Cuautla, Puente de Ixtla, Temixco, Tepalcingo, Tlaltizapán, Tlaquiltenango, Tlayacapan, Xochitepec, Yautepec, Yecapixtla, Zacatepec y Zacualpan.



Figura 1. Árbol de *Malpighia mexicana*.

3.10.2 Usos etnomédicos

En el estado de Oaxaca es utilizada para desinfectar heridas, además se utiliza para regular la menstruación utilizando la raíz (BDMTM, 2009). *Malpighia mexicana* es conocida por su uso tradicional en Morelos para tratar el empacho, diarrea y disentería (BDMTM, 2009), al igual es

utilizada para tratar afecciones estomacales y diabetes (Maldonado-Peralta et al., 2016). En algunas de las comunidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) se toman el té de las hojas para calmar enfermedades relacionadas con los nervios (Dorado, 2005).

3.10.3 Descripción botánica y taxonómica

La clasificación taxonómica de acuerdo con la base de datos del Jardín Botánico de Missouri (2016) es la siguiente:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Malpighiaceae

Género: *Malpighia*

Especie: *Malpighia mexicana*

Nombre científico: *Malpighia mexicana* A. Juss.

3.10.4 Distribución

La distribución de la familia *Malpighiaceae* va desde zonas tropicales y subtropicales esta se encuentra principalmente diversificada en el continente americano y se adapta a una amplia variedad de hábitat. Para esta familia botánica se registra entre 60 y 65 géneros y para México se registran aproximadamente 23 géneros y 150 especies (Villanueva-Amador et al., 2020). La mayoría de estos se distribuyen en bosque tropical caducifolio y en bosque mesófilo de montaña, el género *Malpighia* se encuentra distribuido en México y américa central (Aviles-Peraza 2016), y la especie *Malpighia mexicana* A. Juss. se distribuye principalmente en los estados de Guerrero, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Puebla, Zacatecas y Michoacán (Figura.2) (León, 2014).

fitosteroles, terpenos y flavonoides, los cuales pueden ser responsables de los efectos neurofarmacológicos, así mismo se han hecho estudios farmacológicos que demuestran que *Malpighia mexicana* tiene resultados positivos en bioensayos farmacológico a nivel del sistema nervioso central (SNC) (Avilés-Montes 2023).

3.11 Extracción de plantas medicinales

En México, existe un gran número de plantas medicinales utilizadas tradicionalmente desde tiempos ancestrales, de acuerdo con la secretaría de Salud (2021), aproximadamente el 90% de la población mexicana ha optado por utilizar la medicina tradicional. En México la herbolaria ha sido la medicina tradicional más accesible para los pueblos y las comunidades, asimismo las plantas constituyen un recurso valioso en los sistemas de salud de los países en desarrollo, además de que es un recurso básico en la medicina popular mexicana ya que gran parte de los tratamientos tradicionales incluyen el uso de extractos de plantas o sus principios activos, sin embargo, el conocimiento que se tiene de esta es escaso, (Oliveira Miranda, 2005).

4 JUSTIFICACIÓN

La depresión y la epilepsia representan dos de los trastornos neurológicos y psiquiátricos con mayor impacto en la salud a nivel mundial debido a su elevada prevalencia, cronicidad y repercusiones sociales, económicas y psicológicas. La Organización Mundial de la salud (OMS) estima que más de 280 millones de personas padecen depresión (OMS, 2023) y alrededor de 50 millones sufren epilepsia (OMS, 2024), lo que convierte a ambas enfermedades en problemas prioritarios de salud pública. A pesar de la disponibilidad de tratamientos farmacológicos, muchos pacientes presentan resistencia terapéutica, efectos adversos o baja adherencia al tratamiento, lo que ha motivado la búsqueda de nuevas alternativas terapéuticas más seguras y eficaces. En este contexto, las plantas medicinales constituyen una fuente importante de compuestos bioactivos con potencial farmacológico. México es considerado uno de los países megadiversos con mayor riqueza florística (Jiménez, 2014), y una amplia tradición etnomédica, donde numerosas especies vegetales son utilizadas para tratar trastornos relacionados con el sistema nervioso central. Dentro de estas especies destaca *Malpighia mexicana* A. Juss. (Malpighiaceae), árbol nativo de México empleado tradicionalmente para el

tratamiento de afecciones nerviosas, gastrointestinales y procesos inflamatorios. Estudios fitoquímicos y farmacológicos previos han demostrado que especies de la familia Malpighiaceae contienen metabolitos secundarios como flavonoides, terpenoides y compuestos fenólicos capaces de producir efectos ansiolíticos, sedantes, antidepresivos y anticonvulsivos. Particularmente, en *Malpighia mexicana* se ha reportado la presencia de flavonoides, cumarinas, fitoesteroles y terpenos con potencial actividad neurofarmacológica. Sin embargo, aún existe escasa información científica relacionada con la variación fitoquímica de esta especie a lo largo del año, así como sobre el efecto de la propagación vegetativa mediante esquejes sobre la producción de metabolitos secundarios y su actividad biológica.

Por otro lado, la extracción indiscriminada de especies medicinales silvestres puede generar presión sobre las poblaciones naturales y contribuir a la pérdida de biodiversidad. Por ello, la propagación vegetativa representa una estrategia sustentable que permite conservar las características genéticas y fitoquímicas de las plantas, favoreciendo su aprovechamiento racional y conservación. En este sentido, el presente estudio busca generar conocimiento científico sobre el perfil fitoquímico y el potencial antidepresivo y anticonvulsivo de *Malpighia mexicana* silvestre y propagada mediante esquejes, contribuyendo tanto al aprovechamiento sustentable de esta especie medicinal como al descubrimiento de compuestos de origen natural con posible aplicación terapéutica en trastornos del sistema nervioso central.

5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La especie *Malpighia mexicana* A. Juss, tanto en condición silvestre como propagada mediante esquejes, mantiene un perfil fitoquímico similar a lo largo de un año y sus compuestos presentan actividad antidepresiva y anticonvulsiva en modelos farmacológicos experimentales?

6 HIPÓTESIS

Malpighia mexicana A. Juss. Silvestre y propagada mediante esquejes produce metabolitos secundarios de naturaleza fenólica y flavonoide a lo largo del año, los cuales conservan actividad neurofarmacológica capaz de inducir efectos antidepresivos y anticonvulsivos en modelos murinos.

Capítulo 3

7 OBJETIVOS

7.1 General

Realizar la caracterización fitoquímica y evaluar la actividad antidepresiva y anticonvulsiva de extractos obtenidos de *Malpighia mexicana* A. Juss. Silvestre y propagada mediante esquejes a lo largo de un ciclo anual.

7.2 Específicos

1. Propagar vegetativamente mediante esquejes ejemplares de *Malpighia mexicana* A. Juss. Para evaluar su viabilidad como estrategia de conservación y aprovechamiento sustentable.
2. Realizar colectas mensuales de hojas de *Malpighia mexicana* silvestre en dos municipios del estado de Morelos durante un año.
3. Obtener extractos de acetona de hojas de *M. mexicana* de cada coleta y caracterizar el perfil fitoquímico mediante técnicas cromatográficas como cromatografía en capa fina (TLC) y cromatografía de alta eficiencia (HPLC).
4. Evaluar la actividad antidepresiva de extractos y/o fracciones de *Malpighia mexicana* mediante modelos murinos de nado forzado y suspensión por la cola.
5. Evaluar la actividad locomotora de los animales tratados mediante la prueba de campo abierto para descartar efectos inespecíficos sobre el sistema motor.
6. Determinar la actividad anticonvulsiva de extractos y/o fracciones utilizando el modelo experimental de convulsiones inducidas con pentilentetrazol (PTZ).

7. Identificar los metabolitos secundarios posiblemente relacionados con la actividad neurofarmacológica mediante análisis cromatográficos y comparación con estándares de referencia.
8. Aislar al menos un compuesto puro responsable de la actividad biológica e identificarlo mediante técnicas espectrométricas y espectroscópicas.

Capítulo 4

8 MATERIAL Y MÉTODOS

8.1 Área de estudio

Las colectas de la especie *Malpighia mexicana* se realizaron una vez al mes a lo largo de un año en los municipios de Tlaltizapán y Tepoztlán. Posteriormente el trabajo de propagación vegetativa se realizó en el municipio de Tlaltizapán de Zapata en la comunidad de Santa Rosa 30.

8.2 Colecta e identificación del material vegetal

La colecta de hojas y esquejes se realizó en los municipios de Tlaltizapán y Tepoztlán, Morelos. Se colectaron las hojas de *Malpighia mexicana* y se secaron bajo techo considerando que no les diera la luz del sol directa durante una semana, posteriormente se colectaron muestras para su identificación taxonómica y se dejó un ejemplar en el herbario HUMO del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) con número 29015 el ejemplar de Tepoztlán y con número 40194 el ejemplar de Tlaltizapán (Figura 3). Para la propagación vegetativa se colectaron esquejes de un diámetro de 1.5 cm y una longitud aproximada de 30 cm considerando que cada uno tuviera de 4 a 5 nudos los cuales fueron lavados con una solución jabonosa durante 5 minutos y enjuagados con agua corriente.

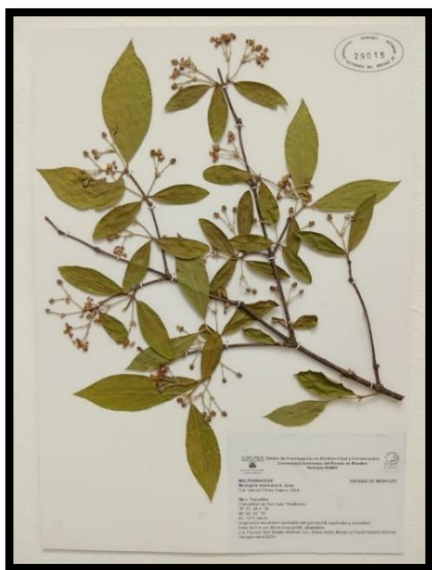


Figura 3. Muestras de *Malpighia mexicana* de los municipios de Tlaltizapán y Tepoztlán depositadas en el herbario HUMO-UAEM.

8.3 Colecta de hojas

Se realizaron colectas de la especie *Malpighia mexicana* en 2 municipios de Morelos, Tlaltizapán y Tepoztlán, las colectas se realizaron cada mes durante un año (Figura 4). La identificación de las especies fue autenticada por el M. en C. Gabriel Flores experto en el campo de la taxonomía vegetal de Plantas en el herbario (HUMO) del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC).

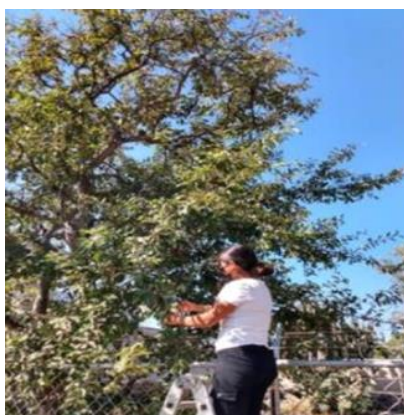


Figura 4. Colecta de las hojas de *Malpighia mexicana*.

8.4 Registro de colectas

La primera colecta se llevó a cabo en el mes de julio del 2024 en 2 municipios correspondientes a Tlaltizapán de zapata y Tepoztlán en la siguiente tabla se registró las colectas de cada mes (Tabla 1) posteriormente se obtuvieron los extractos de cada una de las colectas y se caracterizara su perfil fitoquímico mediante técnicas cromatográficas.

Tabla 1. Registro de colecta en los 2 municipios.

Mes y año de colecta	Colecta Tlaltizapán	Colecta Tepoztlán
Julio-2024	13	13
Agosto-2024	17	17
Septiembre-2024	14	14
Octubre-2024	19	19
Noviembre-2024	16	16
Diciembre-2024	14	14
Enero-2025	15	18
Febrero-2025	19	22
Marzo-2025	19	22
Abril-2025	23	26*
Mayo-2025	12	17*
Junio-2025	18	21

* En estos meses al visitar los árboles no presentaban follaje debido a que es una especie caducifolia.

8.5 Colecta y siembra de esquejes

La colecta de los esquejes se realizó en el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, y se llevó a cabo en la comunidad de San Miguel 30, latitud N 18°71452620", longitud W 99°17166310" Altitud: 997 msnm. Las cuales se realizaron estacionalmente durante un año dando un total de 4 colectas que se llevaron a cabo cada 3 meses (Tabla 2). Los esquejes fueron colectados con un diámetro de 1.5

cm y una longitud aproximada de 30 cm considerando que cada uno tuviera de 4 a 5 nudos, estos fueron lavados con una solución jabonosa durante 5 minutos y enjuagados con agua corriente.

Tabla 2. Registro de colectas estacionales.

Estación	Mes	Obtención de esquejes	Colecta
Verano	Junio-2024	1	
Verano	Julio-2024		
Verano	Agosto-2024		
Verano-Otoño	Septiembre-2024	2	1
Otoño	Octubre-2024		
Otoño	Noviembre-2024		
Otoño-Invierno	Diciembre-2024	3	2
Invierno	Enero-2025		
Invierno	Febrero-2025		
Invierno-Primavera	Marzo-2025	4	3
Primavera	Abril-2025		
Primavera	Mayo-2025		
Verano	Junio-2025		4

8.6 Obtención de esquejes

La primera colecta de esquejes se llevó a cabo en el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, en la comunidad de San Miguel 30, latitud N 18°71452620", longitud W 99°17166310" Altitud: 997 msnm. Estos fueron cortados de 30 cm de longitud y asegurando que presentaran de 4 a 5 nudos, se recolectó un total de 50 esquejes, los cuales fueron sembrados en bolsas plásticas, las cuales se mantuvieron en el municipio de Tlaltizapán de Zapata, Morelos, (Tabla 3), las cuales fueron monitoreadas cada 15 días.

Tabla 3. Monitoreo primera siembra de esquejes.

Primera siembra de esquejes 14 de junio		
		
Semana 1	Semana 3	Semana 6
		
Semana 7	Semana 13	Semana 15
		

La segunda colecta se llevó a cabo el 17 de septiembre realizando nuevamente el proceso indicado en el apartado 8.1 de metodología (Tabla 4).

Tabla 4. Monitoreo segunda colecta siembra de esquejes.

Segunda siembra de esquejes 17 de septiembre 2024		
Semana 2	Semana 4	Semana 6
		
Semana 8		
		

La tercera colecta se llevó a cabo el 21 de diciembre del 2024, nuevamente se llevó a cabo el proceso indicado en el apartado 8.1 de metodología (Tabla 5).

Tabla 5. Monitoreo tercera siembra de esquejes
Tercera siembra de esquejes 21 de diciembre 2024

Semana 1	Semana 3	Semana 5
		
Semana 7		
		

La última colecta se llevó a cabo el 22 de marzo del 2025, se realizando nuevamente el proceso indicado en el apartado 8.1 de metodología (Tabla 6).

Tabla 6. Monitoreo cuarta siembra de esquejes.

Cuarta siembra de esquejes 22 de marzo 2025		
Semana 1	Semana 3	Semana 5
		
Semana 8		
		

8.7 Obtención de los extractos

Se obtuvieron 1.384 kg de material vegetal seco de la colecta del árbol 1 de Tlaltizapán del mes de abril, el cual se trituro en un molino (MOLINOS PULVEX). Posteriormente se realizó una maceración con *n*-hexano (MmEH) y Acetona (MmEA) el cual se extrajo sucesivamente 3 veces con cada uno de los disolventes, el volumen de extracción utilizado fue de 8 L de disolvente por 1.384 g de material vegetal. Posteriormente el extracto líquido se secó, eliminando el disolvente por destilación a presión reducida por medio de un rotaevaporador marca BUCHI 215 (Figura 5). El excedente de disolvente del extracto fue evaporado a temperatura ambiente, obteniéndose 50 g de extracto seco de MmEH y 71 g de extracto de MmEA, siendo el extracto acetónico el que se utilizó para el fraccionamiento químico. 8 g de material vegetal obtenido de las 4 colectas de los esquejes sembrados fueron macerados de la misma forma, obteniéndose 195 mg de extracto acetónico

(MmEAE), una vez obtenidos los extractos se realizó un análisis fitoquímico mediante cromatografía en placa fina (TLC) y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).

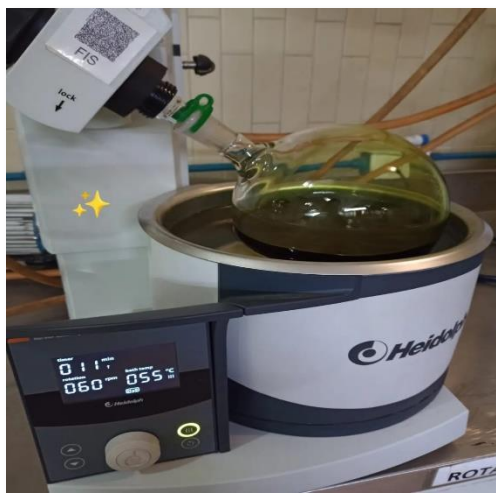


Figura 5. Destilación del extracto.

8.8 Fraccionamiento químico del extracto de acetona MmEA

Una vez que se obtuvieron los extractos se procedió a hacer cromatografía en columna y cromatografía en capa fina (CCF), en la cual se utilizaron reveladores como 2- aminoetil difenil borinato (NP-PEG) para detectar flavonoides, y 4-hidroxibenzaldehído (Komarovsky) para la detección de terpenoides (Figura 6).

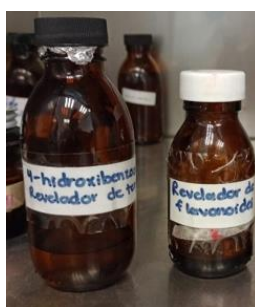
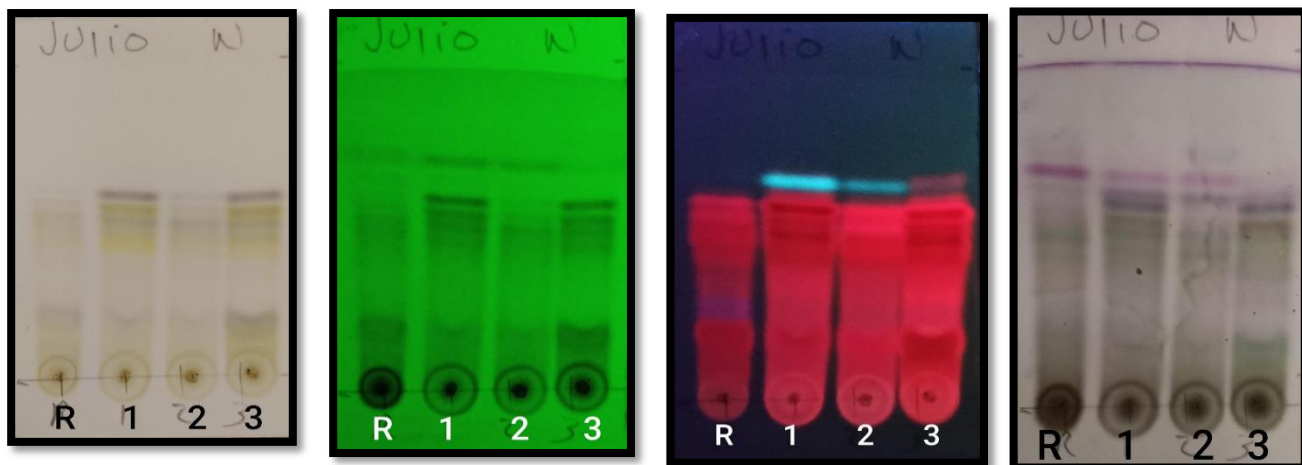


Figura 6. Reveladores empleados para la detección de flavonoides y terpenoides.

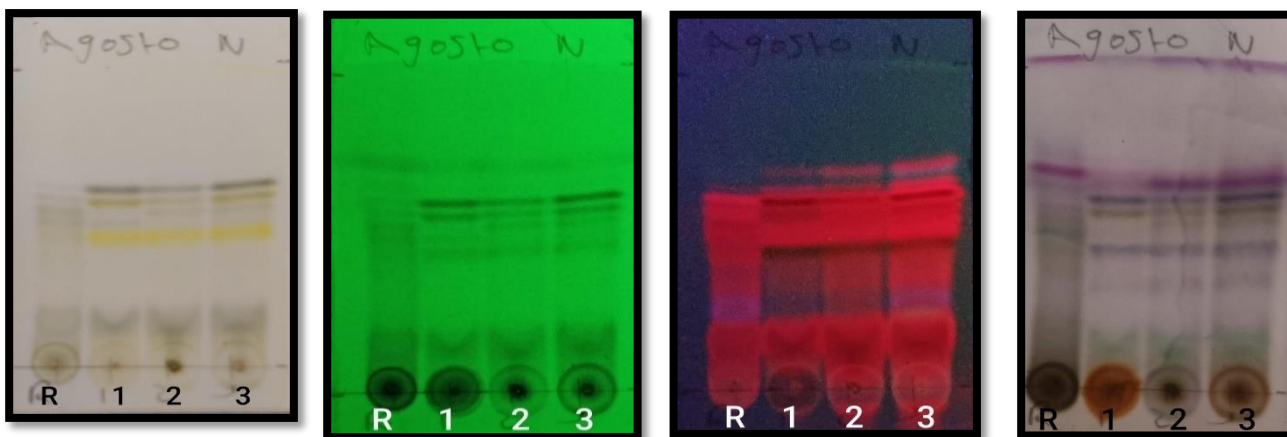
8.9 Cromatografía en placa fina (CCF)

Una vez obtenidos los extractos de acetona de cada colecta se realizó un análisis fitoquímico mediante cromatografía en capa fina el cual se realizó en un sistema de gradiente 7-3 *n*-hexano/acetona expuesta a luz UV de onda corta y larga revelada con 4-hidroxibenzaldehído. La muestra R corresponde al extracto acetónico aislado con anterioridad por nuestro grupo de trabajo de un árbol ubicado en el Municipio de Xochitepec, Morelos. Las muestras 1 y 2 corresponden a árboles colectados en Tlaltizapán, la muestra 3 corresponde al árbol colectado en Tepoztlán.

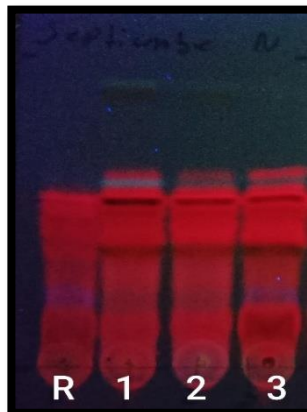
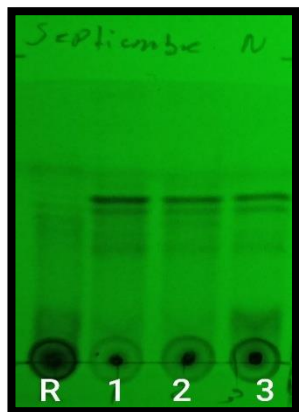
Julio 2024



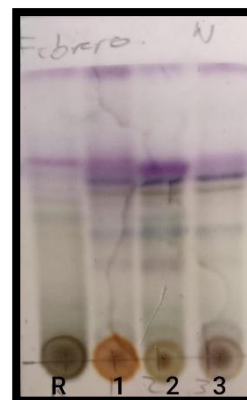
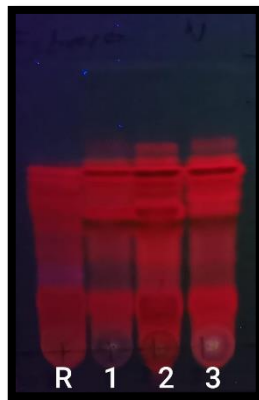
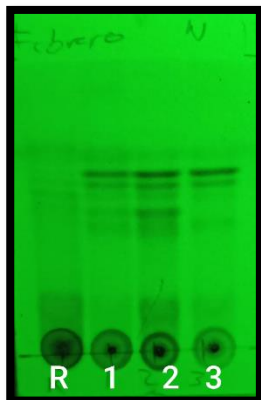
Agosto 2024



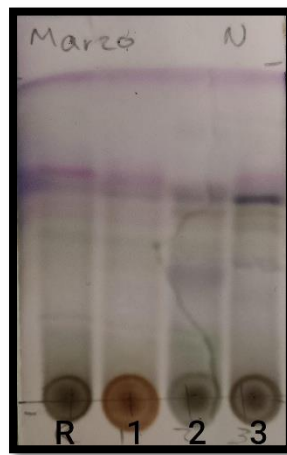
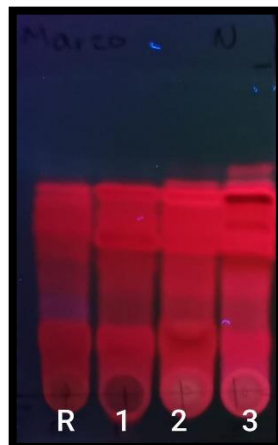
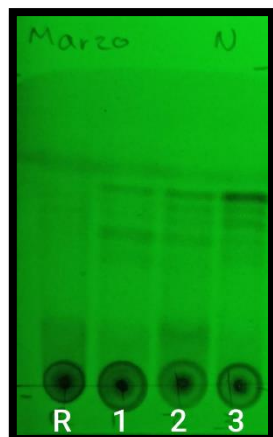
Septiembre 2024



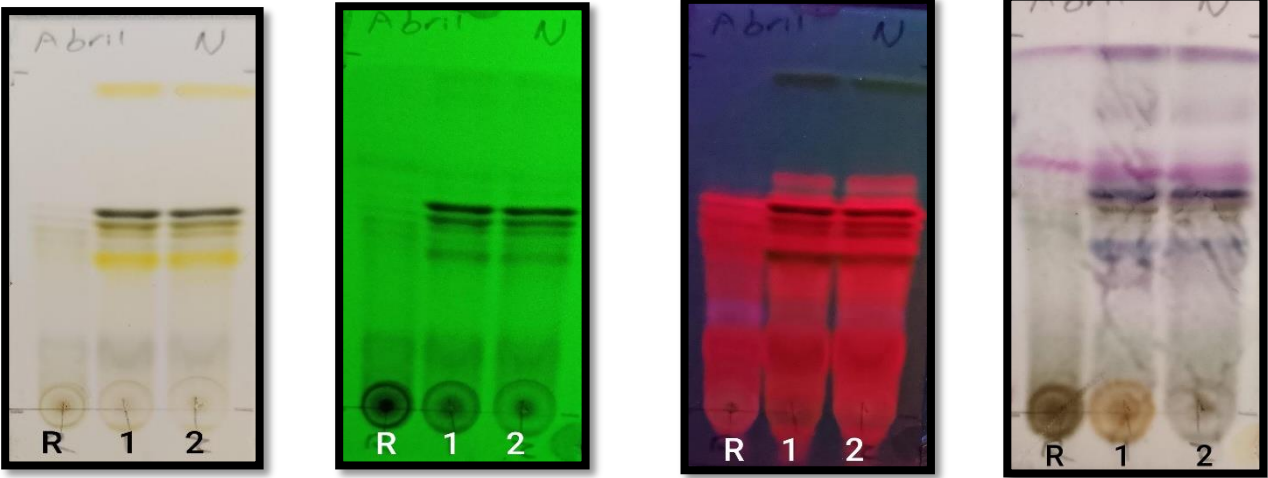
Febrero 2025



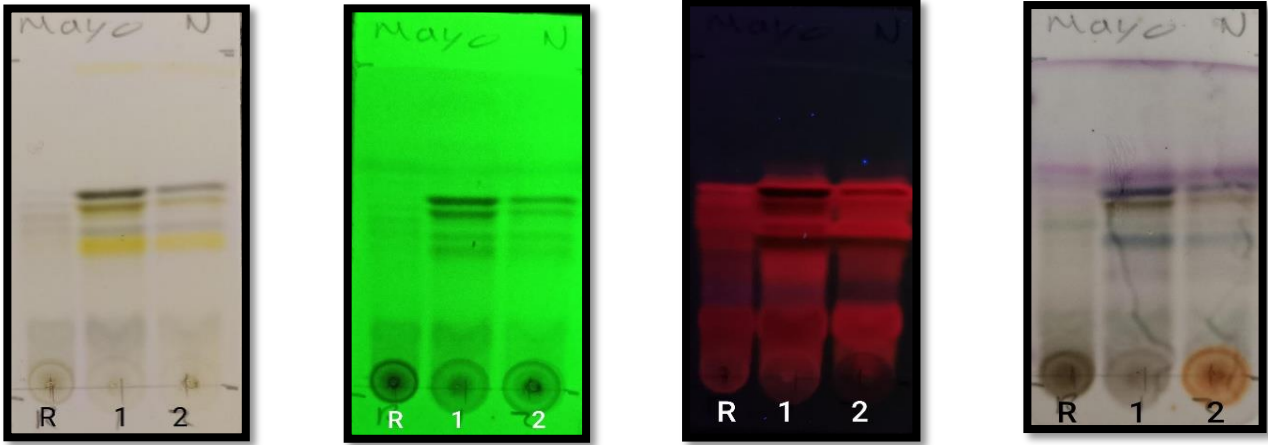
Marzo 2025



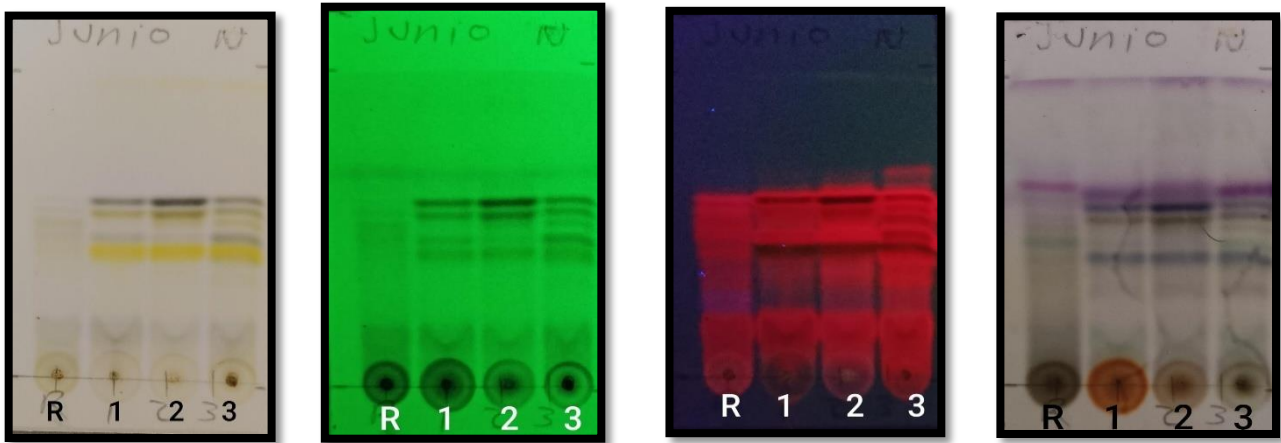
Abril 2025



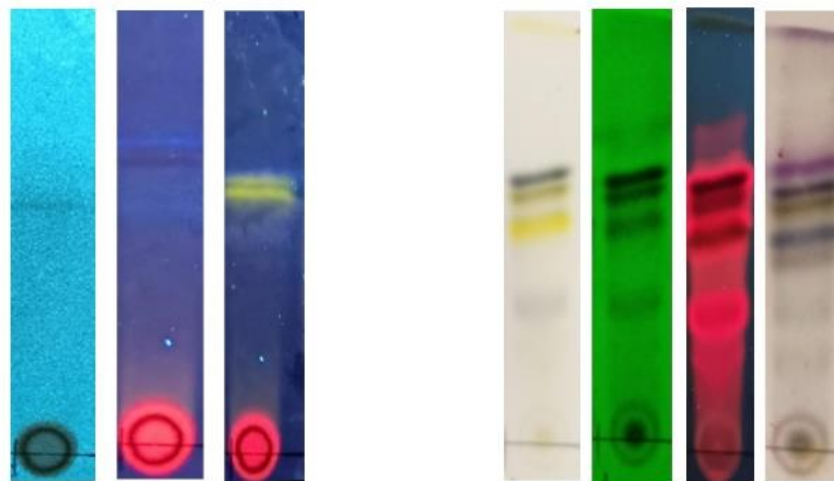
Mayo 2025



Junio 2025



Las siguientes placas muestran el contenido químico del extracto MmEAE donde se observan compuestos de tipo terpenoide, esteroides y flavonoides.



8.10 Fraccionamiento extracto de *Malpighia mexicana* MmEA

Se realizó una percolación del extracto MmEA (71 g), el cual fue fraccionado en una columna cromatográfica previamente empacada con 100 g de sílice gel en fase normal. Se utilizó un sistema de gradiente *n*-hexano-acetato de etilo como fase móvil, iniciando con el 100% del disolvente de menor polaridad, posteriormente se eluyó con gradientes de *n*-hexano- acetato de etilo de 95:5% - 90:10% - 85:15% hasta llegar a 10:90% de *n*-hexano- acetato de etilo y posteriormente con 100% acetato de etilo y por último se lavó con 100% metanol, dando como resultado 58 fracciones de 250 mL cada una, las cuales se concentraron en un sistema de destilación a presión reducida con ayuda de un rota evaporador BUCHI 215, posteriormente se analizaron en cromatografía en capa fina, las cuales fueron agrupadas dependiendo de sus patrones similares en su composición química, obteniendo así 18 sub-fracciones (Tabla 6).

Tabla 7. Fraccionamiento químico de MmEA.

Polaridad del sistema	Fracciones	Sub-fracción	Clave	Peso (g)
<i>n</i> -hexano 100%	1-3	1-. 1,3	MmR1	1.19
<i>n</i> -hexano 100%	4-6	2-.4,6	MmR2	1.0331
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (95-5%)				

<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (95-5%)	7	3-. 7	MmR3	1.6122
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (95-5%)	8	4-. 8	MmR4	2.303
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (95-5%) -(90-10%)	9-10	5-. 9,10	MmR5	1.7931
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (90-10%)	11-12	6-. 11,12	MmR6	2.4452
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (90-10%)	13-14	7-. 13,14	MmR7	2.958
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (85-15%)	15-18	8-. 15,18	MmR8	3.4564
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (85-5%)- (80-20)	19-20	9-. 19,20	MmR9	1.913
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (80-20%)	21-23	10-. 21,23	MmR10	1.0112
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (80-20%) -(75-25%) -(70-30%)	24-30	11-. 24,30	MmR11	1.9571
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (70-30%)	31-34	12-. 31,34	MmR12	1.5328
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (60-40%)	35-39	13-. 35,39	MmR13	1.0265
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (50-50%)	40-41	14-. 40,41	MmR14	1.224
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (50-50%) -(30-70%)	42-47	15-. 42,47	MmR15	6.0123
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (30-70%) -(10-90)	48-50	16-. 48,50	MmR16	2.5621
<i>n</i> -hexano-acetato de etilo (10-90%)	51-56	17-. 51,56	MmR17	12.6256
Acetato de etilo (100%)				
Metanol (100%)	57-58	18-. 57,58	MmR18	20.78

8.11 Cromatografía en capa fina del extracto MmEA

Posteriormente las fracciones fueron analizadas mediante cromatografía en capa fina en fase normal para después ser observadas bajo luz UV para ver la separación de los compuestos que están presentes en dicho extracto, además de que también se utilizaron reveladores de flavonoides y terpenoides los cuales fueron 2-aminoetil difenilborinato (NP-PEG), 4-hidroxibenzaldehído (Komarovsky) y sulfato cérico (Figuras 7 a 55).



Figura 7. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt.

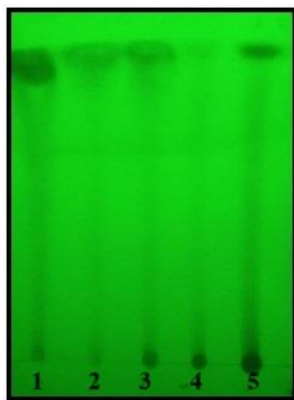


Figura 8. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta.

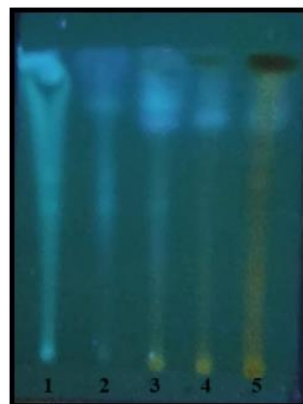


Figura 9. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga.



Figura 10. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga.

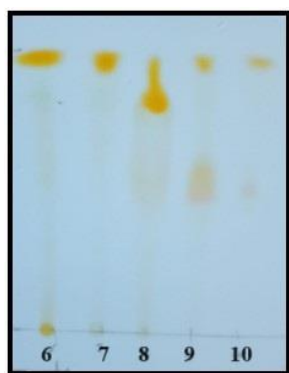


Figura 11. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt.

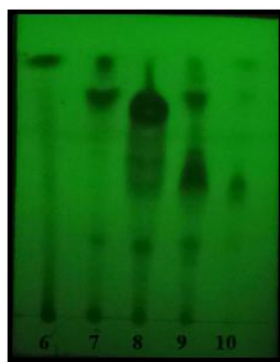


Figura 12. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta



Figura 13. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga

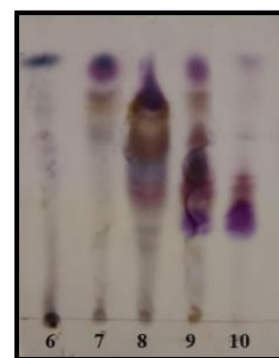


Figura 14. Fase normal eluida en una proporción 9-1 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

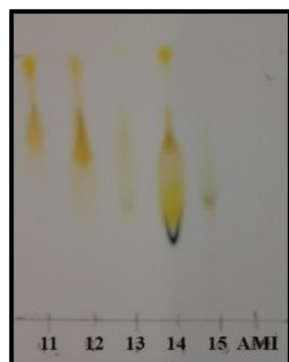


Figura 15. Fase normal eluida en una

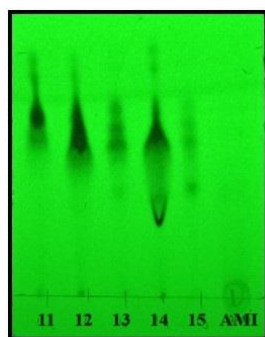


Figura 16. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-

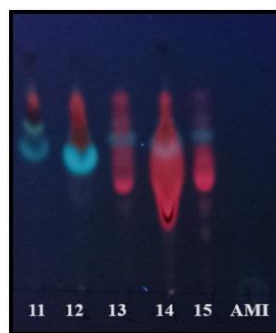


Figura 17. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-

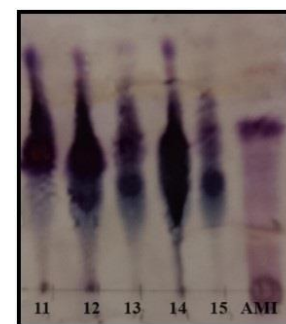


Figura 18. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-

proporción 8-2 *n*-hexano-AcOEt. Luz hexano-AcOEt. Luz hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

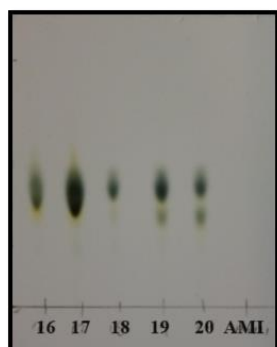


Figura 19. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-hexano-AcOEt.

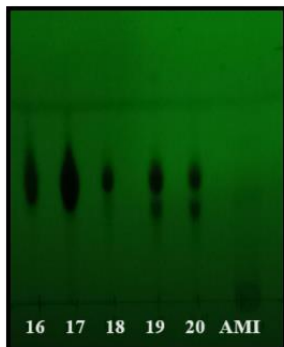


Figura 20. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta

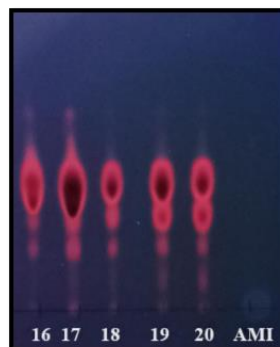


Figura 21. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga.

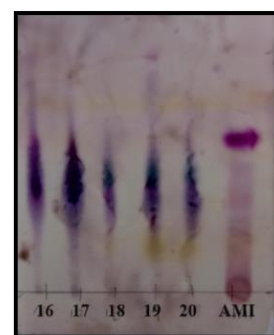


Figura 22. Fase normal eluida en una proporción 8-2 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.



Figura 23. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt.

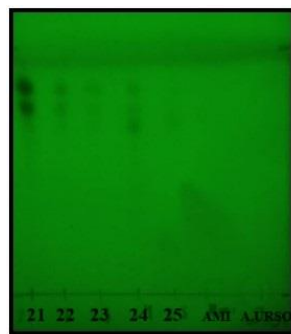


Figura 24. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta.

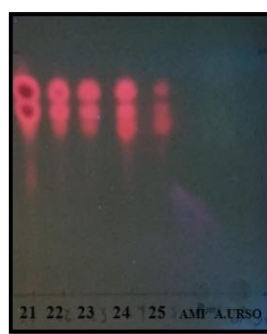


Figura 25. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga



Figura 26. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

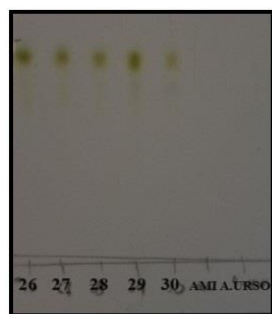


Figura 27. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-

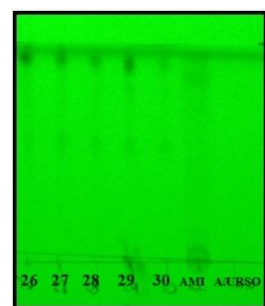


Figura 28. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-

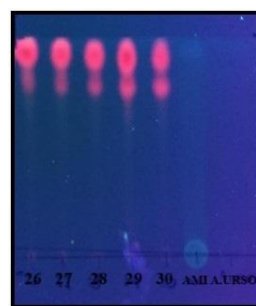


Figura 29. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-

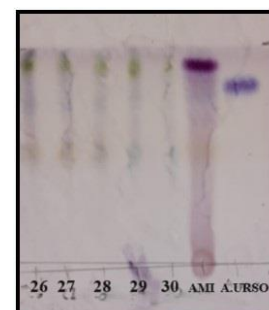


Figura 30. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-

proporción 5-5 *n*- hexano-AcOEt. Luz hexano-AcOEt. Luz hexano-AcOEt. hexano-AcOEt.
hexano-AcOEt. UV onda corta. UV onda larga. Revelada con 4-
hidroxibenzaldehído.

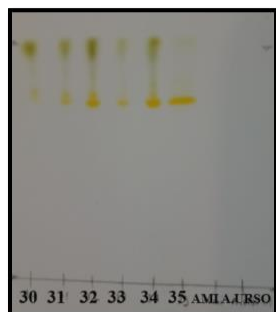


Figura 31. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol

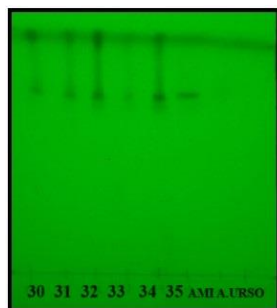


Figura 32. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol. Luz UV onda corta

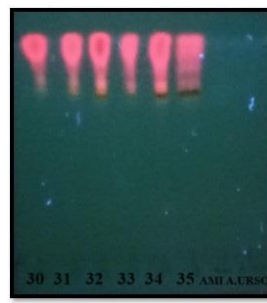


Figura 33. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol. Luz UV onda larga

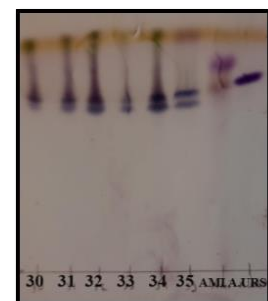


Figura 34. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

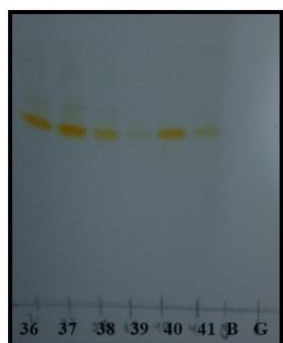


Figura 35. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol

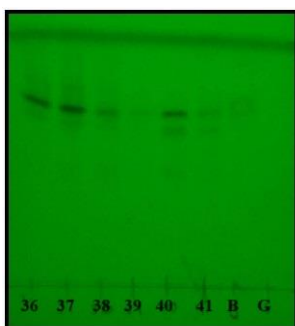


Figura 36. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol. Luz UV onda corta

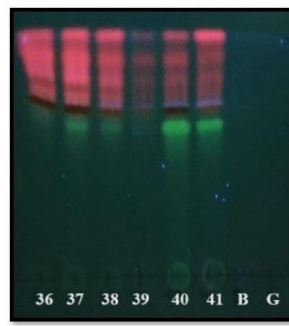


Figura 37. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol. Luz UV onda larga

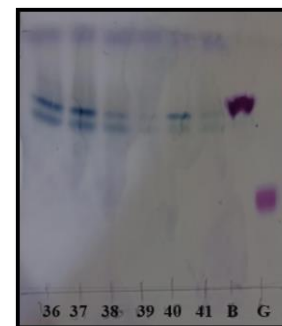


Figura 38. Fase normal eluida en una proporción 9-1 diclorometano-metanol. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

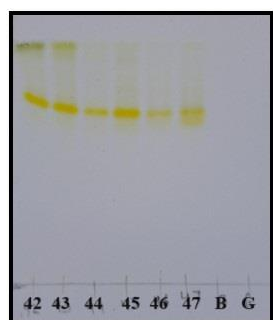


Figura 39. Fase normal eluida en una proporción 9-1

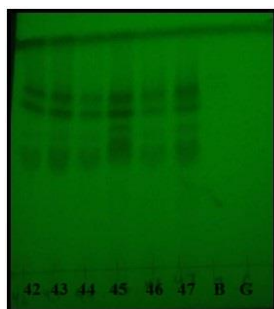


Figura 40. Fase normal eluida en una proporción 9-1

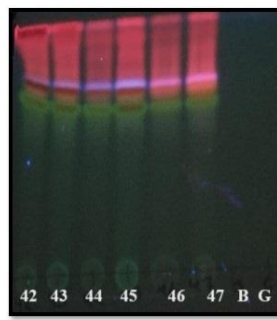


Figura 41. Fase normal eluida en una proporción 9-1

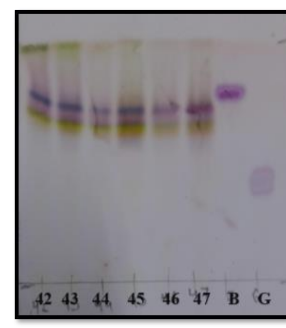


Figura 42. Fase normal eluida en una proporción 9-1

diclorometano-
metanol.

diclorometano-metanol.
Luz UV onda corta

diclorometano-
metanol. Luz UV onda
larga

diclorometano-
metanol. Revelada con
4-hidroxibenzaldehído.

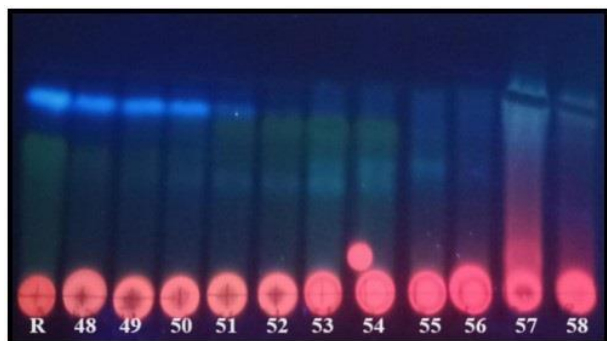


Figura 43. Fase reversa eluida en una proporción 05-5 Agua-acetonitrilo

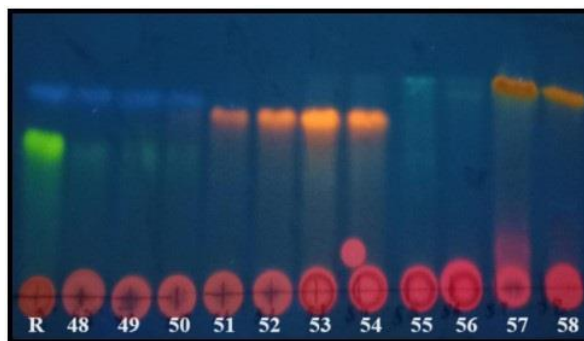


Figura 44. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 Agua-acetonitrilo Luz UV onda

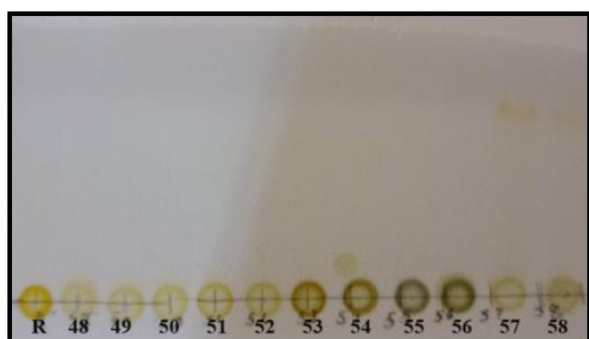
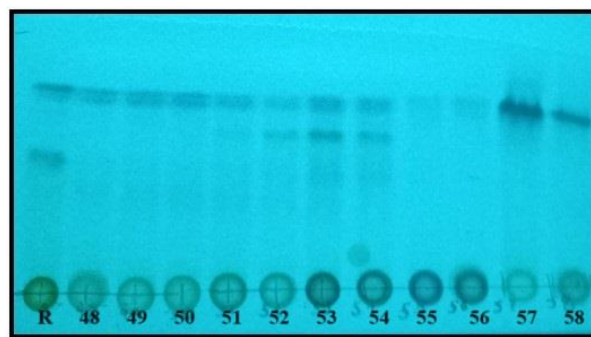


Figura 45. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



corta.

Figura 46. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 H₂O -acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.

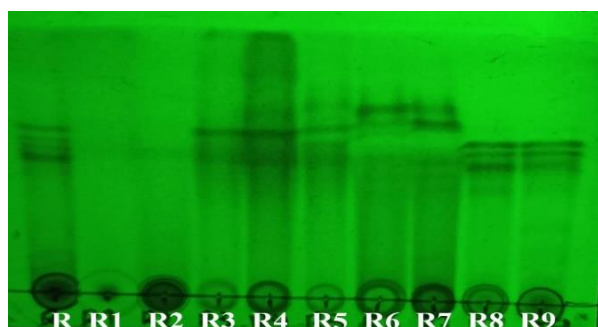


Figura 47. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta.

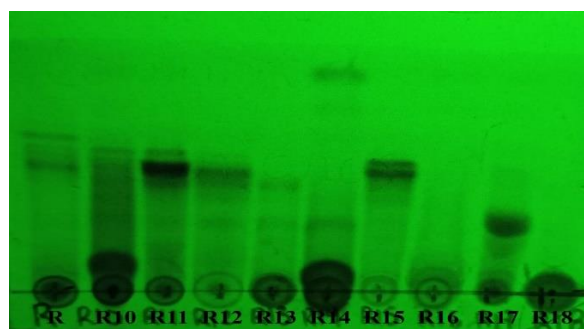


Figura 48. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta.

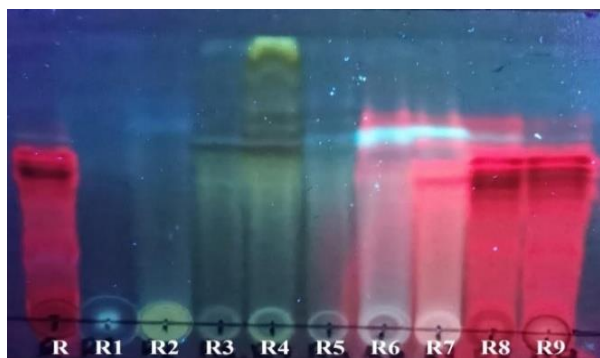


Figura 49. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga.



Figura 50. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga

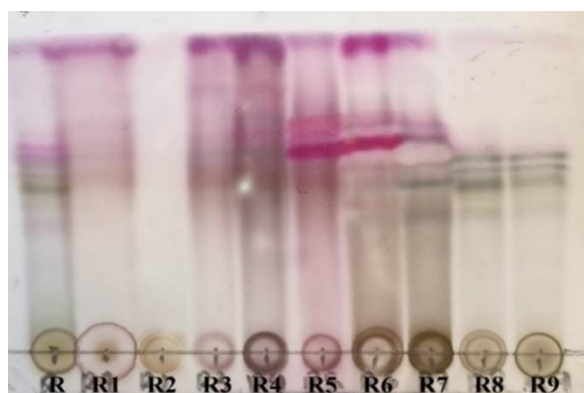


Figura 51. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

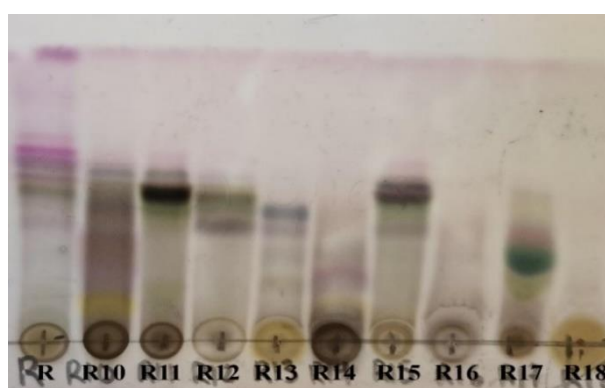


Figura 52. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

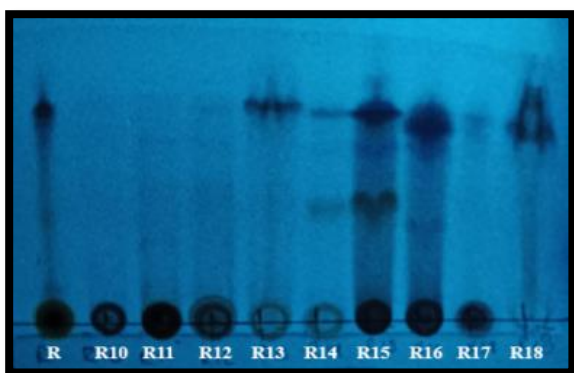


Figura 53. Fase reversa eluida en una proporción 5-5. Agua-acetonitrilo Luz UV onda corta.

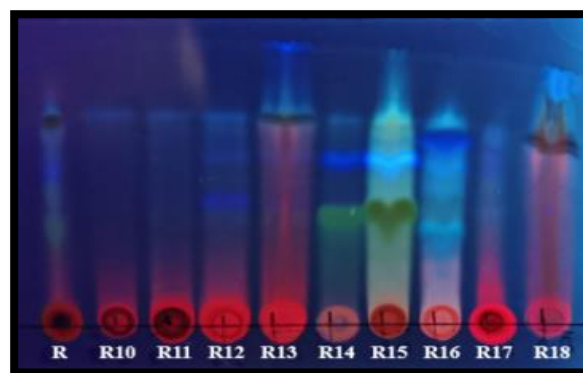


Figura 54. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 Agua-acetonitrilo. Luz UV onda larga.

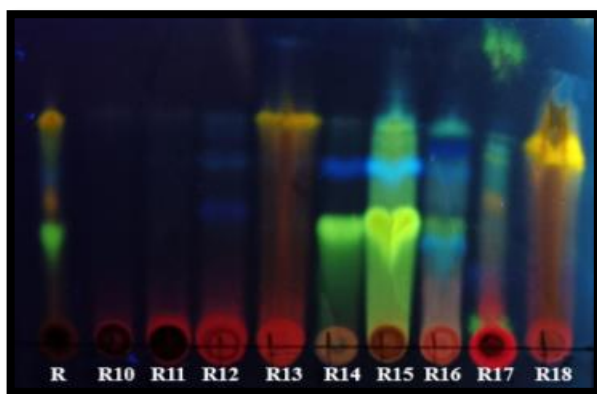


Figura 55. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 Agua-acetonitrilo. Revelada con NP-PEG, luz UV onda larga.

8.12 Fraccionamiento químico fracción MmC1R15

La fracción MmC1R15 (1 g) se adsorbió en 1 g de sílice fase normal y en 1 g de sílice fase reversa, fue separado en una columna cromatográfica empacada con 10 g de sílice gel fase reversa RP-18, iniciando con un sistema de gradiente de H₂O-acetonitrilo como fase móvil, iniciando con 100% de agua y posteriormente con gradientes de 90:10% - 80:20% - 70:30% hasta llegar a 50:50% - 30-70% de H₂O-acetonitrilo, por último se lavó con 100% acetonitrilo, 100% Metanol y 100% Acetona, de lo cual obtuvimos 43 fracciones, las cuales posteriormente fueron analizadas mediante cromatografía en capa fina y fueron agrupadas dependiendo de la similitud en sus patrones en su composición química obteniendo así 16 sub-fracciones (Tabla 7).

Tabla 8. Fraccionamiento químico de MmC1R15.

Sistema de polaridad	Fracciones	Sub-fracción	Clave	Peso (g)
H ₂ O 100%	1-3	1-. 1,3	MmC2R1	0.0080
H ₂ O -acetonitrilo (90-10%)	4	2-. 4	MmC2R2	0.0027
H ₂ O -acetonitrilo (90-10%)	5-6	3-. 5-6	MmC2R3	0.0881
H ₂ O -acetonitrilo (80-20%)	7-9	4-. 7-9	MmC2R4	0.0053
H ₂ O -acetonitrilo (80-20%) -(70-30%)	10-14	5-. 10-14	MmC2R5	0.0031
H ₂ O -acetonitrilo (70-30%)	15	6-. 15	MmC2R6	0.0020

H ₂ O -acetonitrilo (70-30%)	16-19	7-.16-19	MmC2R7	0.0121
H ₂ O -acetonitrilo (60-40%)	20-23	8-.20-23	MmC2R8	0.0110
H ₂ O-acetonitrilo (60-40%)- (50-50%)	24-25	9-.24-25	MmC2R9	0.0171
H ₂ O -acetonitrilo (50-50%)	27	10-.27	MmC2R10	0.0060
H ₂ O -acetonitrilo (50-50%)	28-29	11-.28-29	MmC2R11	0.0172
H ₂ O -acetonitrilo (30-70%)	30-33	12-.30-33	MmC2R12	0.0178
Acetonitrilo (100%)	34	13-.34	MmC2R13	0.0131
Acetonitrilo (100%)	35-37	14-.35-37	MmC2R14	0.6860
Metanol (100%)	38-41	15-.38-41	MmC2R15	0.0155
Acetona (100%)	42-43	16-.42-43	MmC2R16	0.0135

8.13 Cromatografía en capa fina del extracto MmC1R15

De la segunda cromatografía en columna MmC1R15 se obtuvieron 43 fracciones las cuales fueron analizadas por cromatografía en placa fina en fase reversa para ver la separación que tienen los compuestos que están presentes en esta fracción, al igual se utilizó el revelador 4-hidroxibenzaldehído (Komarovsky) para terpenos y el revelador 2- aminoetil difenil borinato (NP-PEG) para flavonoides, del mismo modo fueron reveladas con sulfato cérico amoniacal (Figuras 56 a 82).



Figura 56. Fase reversa eluida en una proporción 8-2 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.



Figura 57. Fase reversa eluida en una proporción 8-2 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



Figura 58. Fase reversa eluida en una proporción 8-2 H₂O-acetonitrilo. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

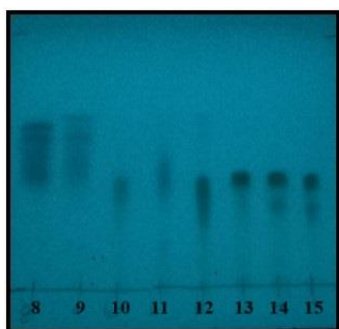


Figura 59. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta

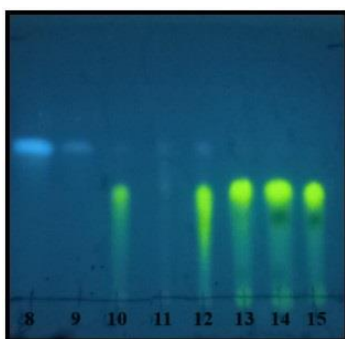


Figura 60. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.

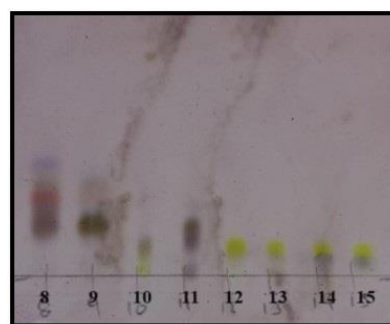


Figura 61. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

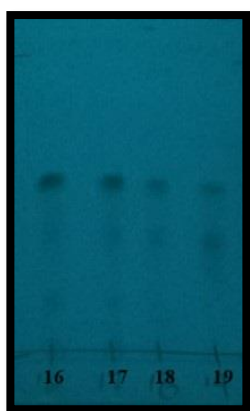


Figura 62. Fase reversa eluida en una proporción 8-2 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.

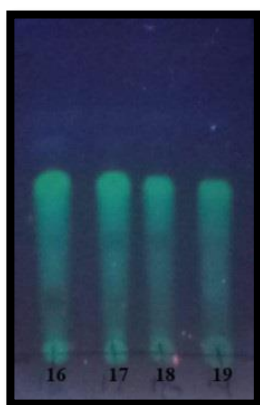


Figura 63. Fase reversa eluida en una proporción 8-2 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



Figura 64. Fase reversa eluida en una proporción 8-2 H₂O-acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.



Figura 65. Fase reversa eluida en una proporción 3-7 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.



Figura 66. Fase reversa eluida en una proporción 3-7 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



Figura 67. Fase reversa eluida en una proporción 3-7 H₂O-acetonitrilo. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.



Figura 68. Fase reversa eluida en una proporción 3-7 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda corta

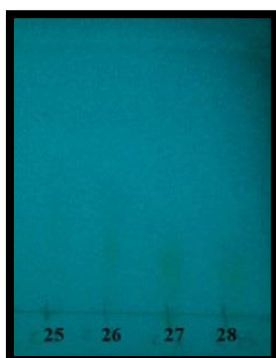


Figura 69. Fase reversa eluida en una proporción 3-7 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga



Figura 70. Fase reversa eluida en una proporción 3-7 H₂O-acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.

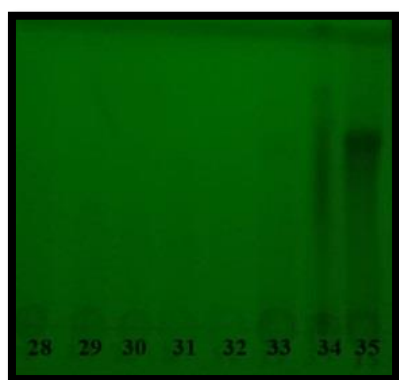


Figura 71. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta.

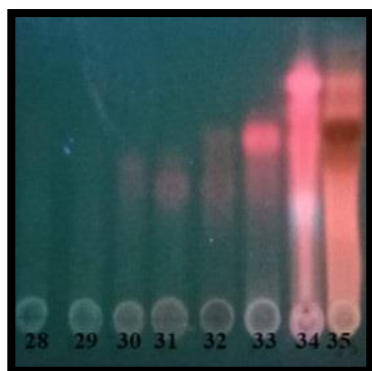


Figura 72. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga.

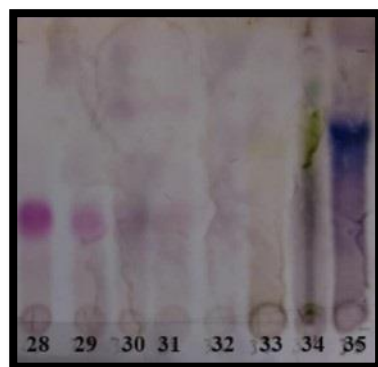


Figura 73. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

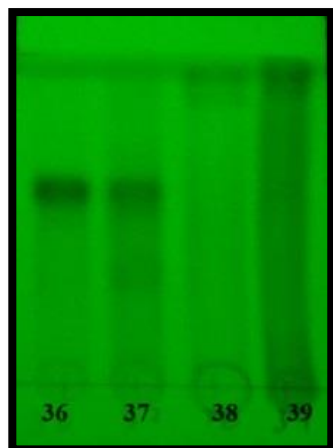


Figura 74. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda corta

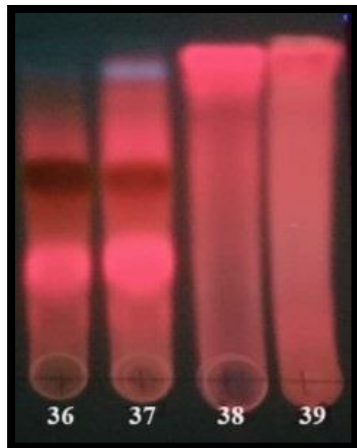


Figura 75. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-hexano-AcOEt. Luz UV onda larga

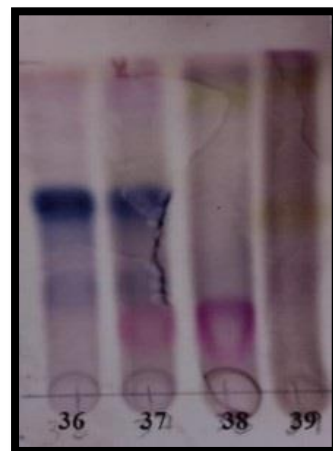


Figura 76. Fase normal eluida en una proporción 5-5 *n*-hexano-AcOEt. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

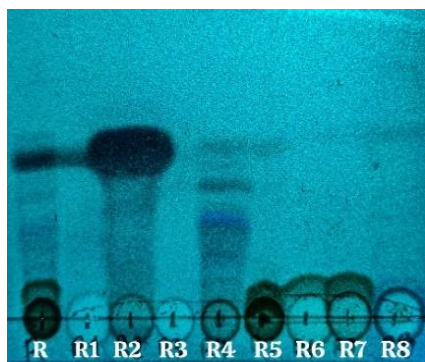


Figura 77. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.

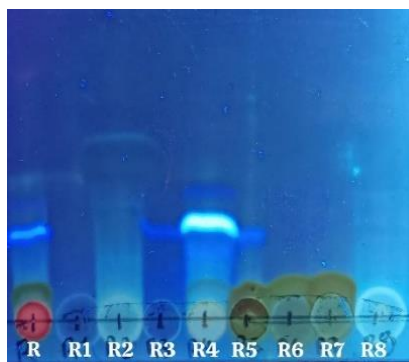


Figura 78. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.

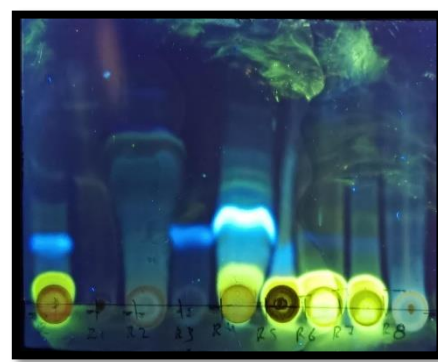


Figura 79. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.

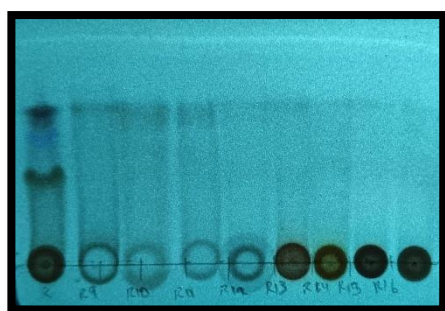


Figura 80. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.

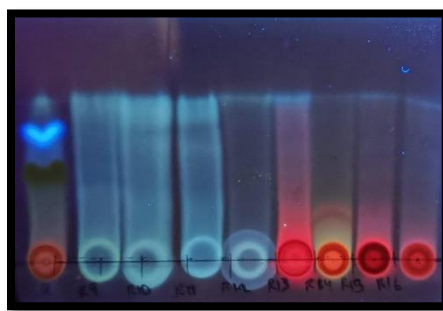


Figura 81. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.

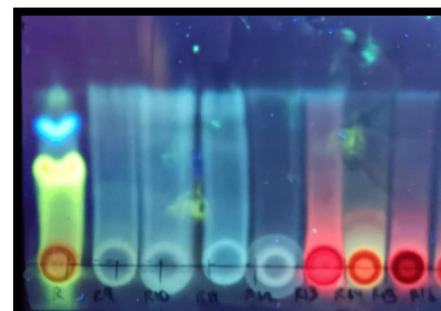


Figura 82. Fase reversa eluida en una proporción 5-5 H₂O-acetonitrilo. Revelada con NP-PEG.

8.14 Fraccionamiento químico fracción MmC2R3

La fracción MmC2R3 (88 mg) se adsorbió en 0.5 mg de sílice fase normal y en 0.5 mg de sílice fase reversa, fue separado en una columna cromatográfica empacada con 5 g de sílice gel fase reversa RP-18, con un sistema de gradiente de H₂O-acetonitrilo como fase móvil, iniciando con 100% de agua y posteriormente con gradientes de 48:2% - 45:5% - 70:30% hasta llegar a 50:50% - 30-70% de H₂O-acetonitrilo, por último se lavó con 100% acetonitrilo, 100% Metanol y 100% Acetona dando como resultado 43 fracciones, las cuales posteriormente fueron analizadas mediante cromatografía en capa fina para ser agrupadas por similitud química, finalmente obteniendo 10 sub-fracciones (Tabla 8).

Tabla 9. Fraccionamiento químico de MmC2R3.

Polaridad del sistema	Fracciones	Sub-fracción	Clave
H ₂ O-acetonitrilo			

(50 mL)			
H ₂ O (100%)	1	1-. 1	MmC2R1
H ₂ O (100%)	2	2-.2	MmC2R2
H ₂ O (100%)	3	3-.3	MmC2R3
H ₂ O (100%)	4-6	4-.4-6	MmC2R4
H ₂ O (100%)	7-10	5-.7-10	MmC2R5
H ₂ O-acetonitrilo (48-2%)	11-15	6-.11-15	MmC2R6
H ₂ O-acetonitrilo (48-2%)	16	7-.16	MmC2R7
H ₂ O-acetonitrilo (45-5%)	17-21	8-.17-21	MmC2R8
H ₂ O-acetonitrilo (40-10%)	22-23	9-.22-23	MmC2R9
Metanol (100%)			
Metanol (100%)	24-27	10-.24-27	MmC2R10

8.15 Cromatografía en capa fina del extracto de MmC2R3

Nuevamente después de la cromatografía en columna de la fracción MmC2R3 se obtuvieron 27 fracciones, las cuales fueron analizadas en cromatografía en placa fina en fase reversa y se observó la separación de cada una de las fracciones y de igual manera se utilizaron reveladores para detectar flavonoides y terpenoides los cuales fueron: 2-aminoetil difenil borinato (NP-PEG), 4-hidroxibenzaldehído (Komarovsky) y con sulfato cérico (Figuras 83 a 100).

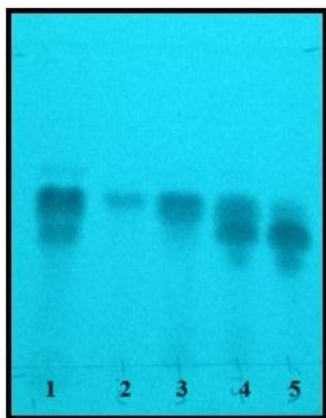


Figura 83. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.

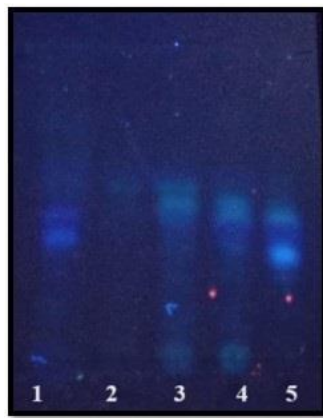


Figura 84. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



Figura 85. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.

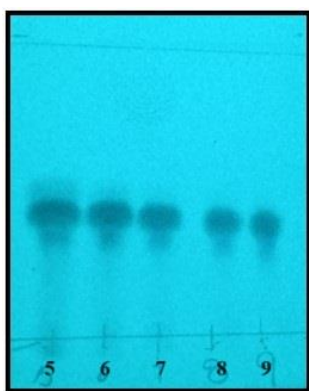


Figura 86. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo Luz UV onda corta

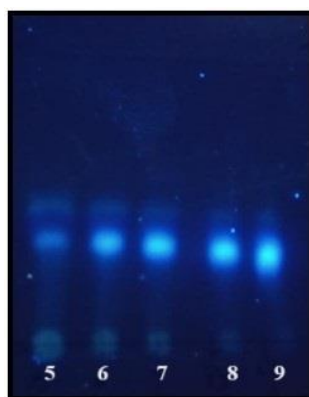


Figura 87. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo. Luz UV onda larga

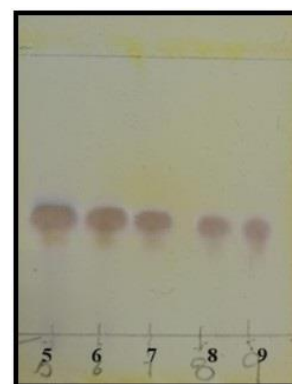


Figura 88. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.

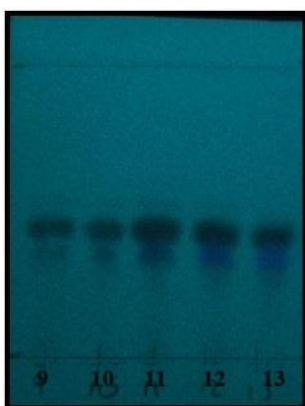


Figura 89. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo Luz UV onda corta



Figura 90. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo. Luz UV onda larga

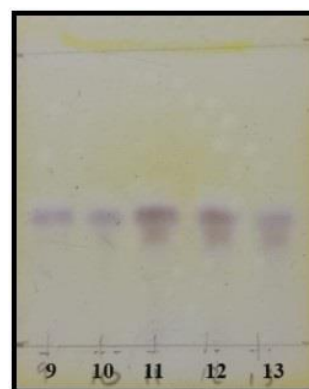


Figura 91. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.

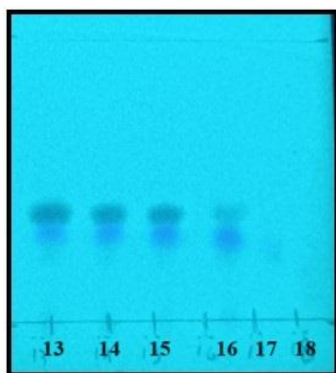


Figura 92. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo Luz UV onda corta.



Figura 93. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo. Luz UV onda larga.

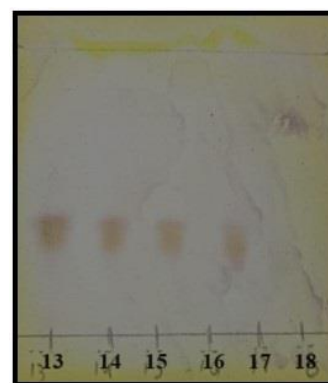


Figura 94. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H_2O -acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.



Figura 95. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.



Figura 96. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



Figura 97. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.

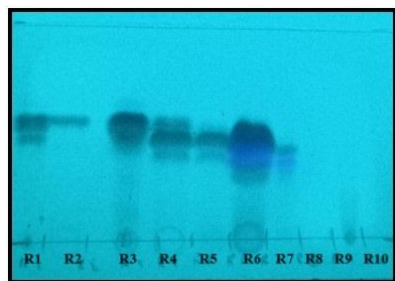


Figura 98. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo Luz UV onda corta.

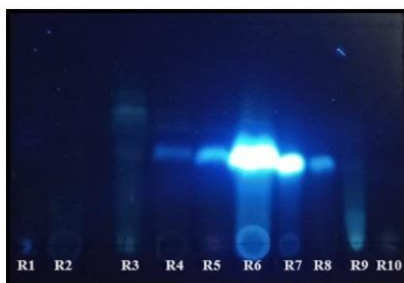


Figura 99. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Luz UV onda larga.



Figura 100. Fase reversa eluida en una proporción 7-3 H₂O-acetonitrilo. Revelada con sulfato cérico.

8.16 Cromatografía en placa fina

De acuerdo con las placas cromatográficas de los fraccionamientos se observa en las Figuras 88 y 91 bandas de color morado que corresponden a compuestos de tipo terpenos compuestos que observamos en polaridades bajas, de igual manera en las Figuras 84 y 85 podemos observar las bandas que se muestran en coloración verdes corresponden a compuestos de tipo flavonoides que podemos observar al exponer la placa a luz UV. En las Figuras 94 y 100 podemos observar bandas de coloración naranjas que pueden corresponder a compuestos de tipo flavonoides.

También podemos observar en las Figuras 87, 90, 93 y 99 bandas con coloración azul y blanco intenso que solo se observan mediante luz UV de onda larga y que corresponden a compuestos de tipo fenólico.

8.17 Análisis de HPLC

Se enviaron a análisis de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) las fracciones MmC1R13, MmC1R15, MmC1R16, MmC1R17, MmC1R18, de la primera columna del extracto MmEA en las cuales podemos observar en el cromatograma de acuerdo con el tiempo de retención y los espectros UV de las fracciones mostraron la presencia de flavonoides, en primera instancia se logró determinar al, Kaempferol, ácido cumárico (R15), cumarina (R16), rutinósido de Kaempferol, (R18) destacando la fracción R15 que fue la que se utilizó para las pruebas farmacológicas. También se realizó un análisis de HPLC de MmEAE (Anexo 3) donde se observa el contenido de compuestos fenólicos.

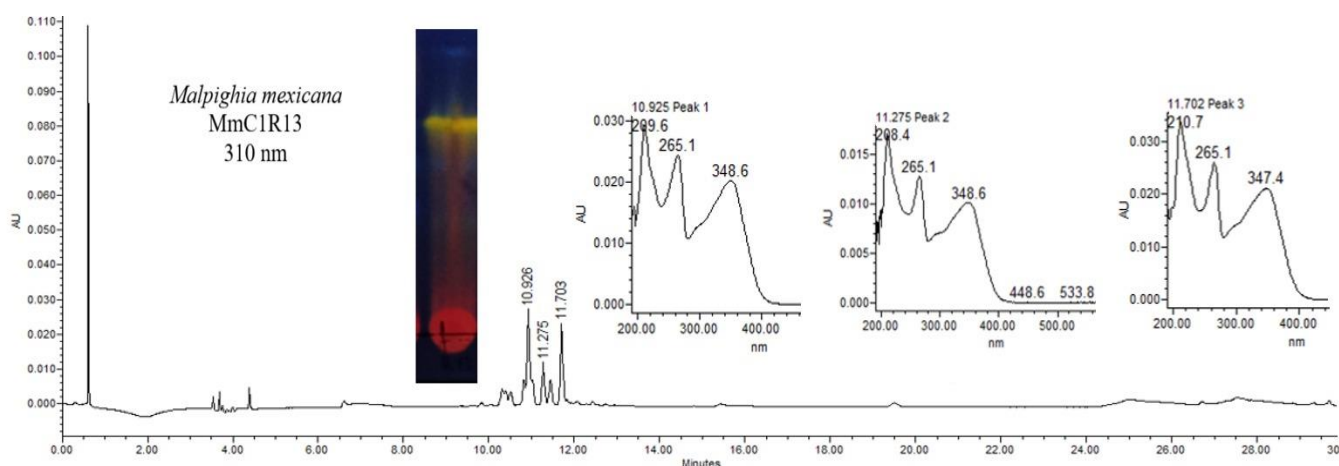


Figura 101. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción Mmc1R13.

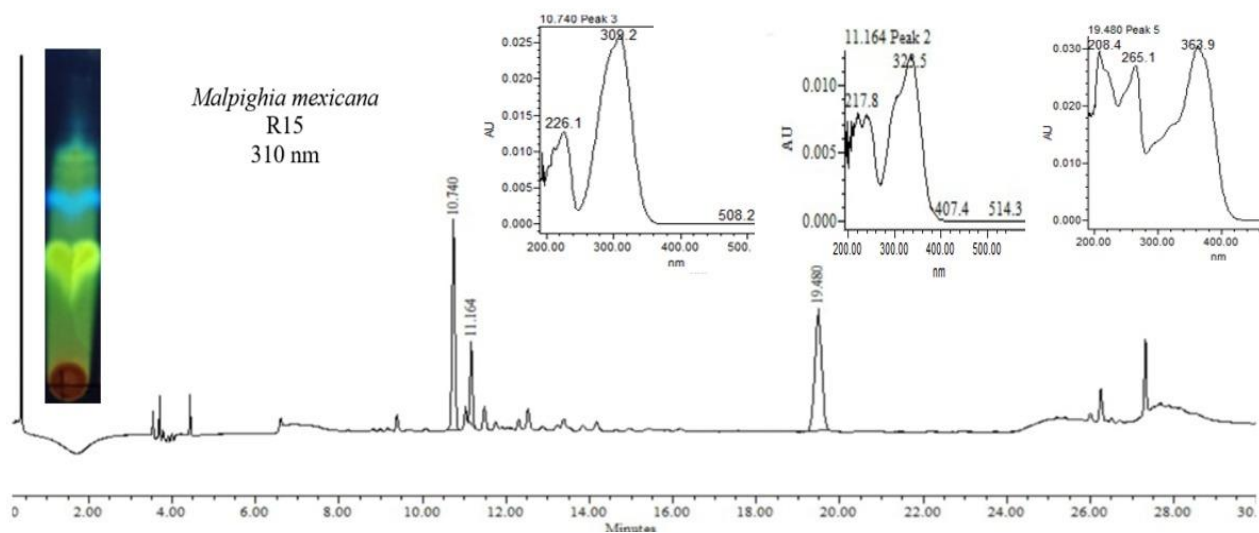


Figura 102. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción Mmc1R15.

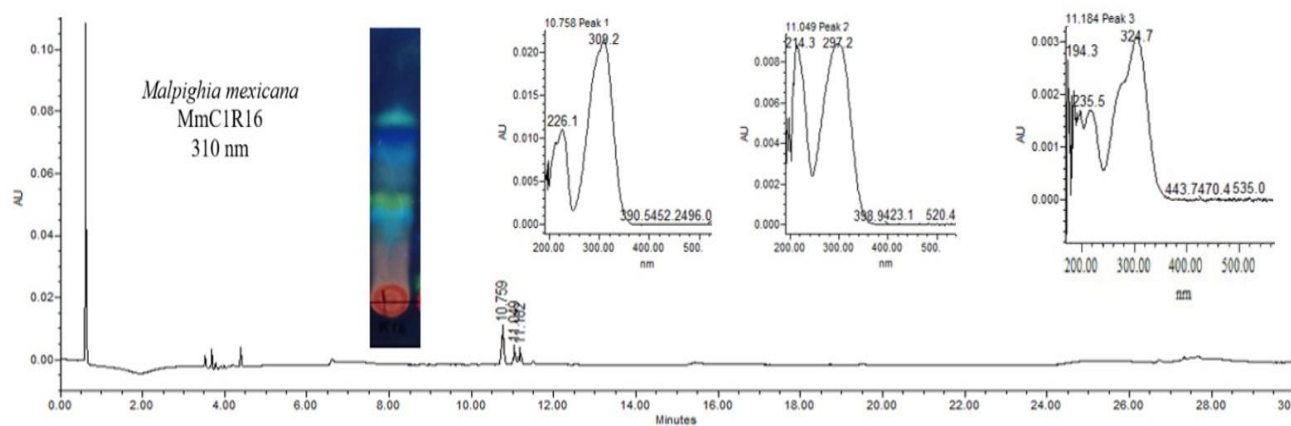


Figura 103. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R16.

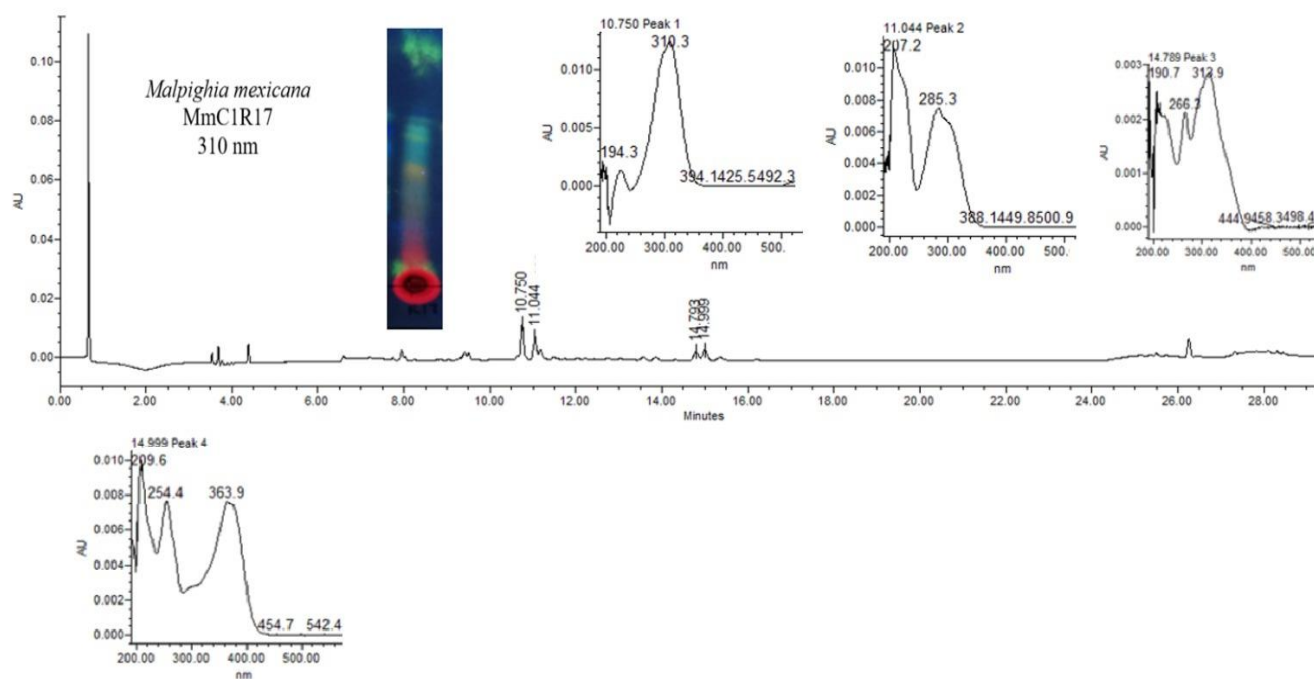


Figura 104. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R17.

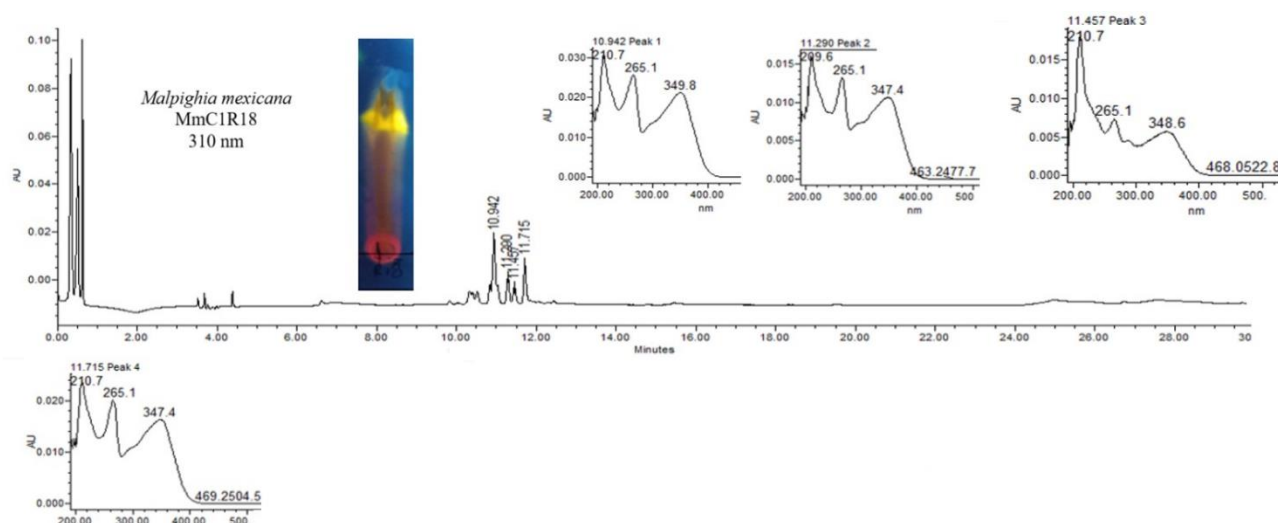


Figura 105. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC1R18 en el cual se muestra la presencia de compuestos del tipo flavonoide.

8.18 Pruebas farmacológicas

8.18.1 Nado forzado

Para la realización de esta prueba se emplearon cilindros de plexiglás de 20 cm de alto y un diámetro de 12 cm en una superficie plana, cada uno de ellos se llenó con agua (25 ± 1 °C) a una profundidad de 16 cm. Los cilindros fueron separados por un dispositivo de madera que tiene 6 divisiones, lo cual permitió el registro del comportamiento de 6 animales a la vez. El experimento consistió en tres fases: la primera se denomina “de entrenamiento”, la cual consiste en exponer a cada ratón al cilindro lleno de agua durante 15 minutos, una vez transcurrido este tiempo los animales serán colocados sobre un paño limpio, posteriormente en una caja con cama de aserrín limpio y expuesto a una lámpara de luz incandescente para su secado. La segunda fase del experimento consistirá en administrar el tratamiento correspondiente. En la tercer fase o fase de prueba, los animales se colocarán nuevamente dentro del cilindro y se evaluará su comportamiento durante 5 min. El parámetro que será evaluado es “Tiempo de inmovilidad” (tiempo en el cual los ratones realizan los movimientos mínimos para permanecer a flote y respirar). Al transcurrir el tiempo de la prueba, los animales serán colocados en una cama de aserrín para su secado. Durante la primera y segunda fase, los cilindros se lavarán con una toalla de papel limpia y humedecida en etanol al 10 % y vueltos a

llenar con agua. Cada experimento será filmado con una cámara de video para el posterior análisis de los resultados.

8.18.2 Convulsiones inducidas con pentilentetrazol (PTZ).

El pentilentetrazol es un fármaco que estimula el sistema nervioso central, es utilizado como agente anticonvulsivo y se usa para provocar convulsiones. Si este es utilizado en dosis bajas de 20 mg/kg este va a producir crisis de ausencia estas se caracterizan por breves cambios del estado de conciencia, mientras que las dosis mayores a 50 mg/kg va a provocar crisis convulsivas de tipo clónico-tónico estas son muy parecidas a las convulsiones que sufren los humanos. El pentilentetrazol ha sido utilizado en ratones y se ha demostrado que en dosis altas este produce un patrón típico convulsivo que consiste en movimientos faciales, cola erguida seguido por espasmos musculares del cuello y tronco que posterior mente se van a propagar a las extremidades para perder la postura y se desencadena la fase clínica que es una serie de movimientos involuntarios bruscos y más adelante sigue la crisis tónica que es una hiperextensión de las extremidades. Por esto la administración del pentilentetrazol es considerada conveniente para estudiar las crisis tónico-clónicas generalizadas (Ramos y Correa, 2012).

8.19 Animales de experimentación

Se obtuvieron ratones CD-1 machos (*Mus musculus*), con un peso aproximado de 25 g y una edad de 5 semanas (Figura 106), del bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), y se alojaron en condiciones convencionales, en un entorno con temperatura y humedad controladas y un ciclo de luz/oscuridad de 12/12 horas (período de luz, de 8:00 a. m. a 8:00 p. m.; temperatura, 23 ± 1 °C; humedad relativa, 55 ± 5 %). Los ratones se asignaron aleatoriamente a grupos de 8 y se alojaron en jaulas de plexiglás durante 5 días para permitirles aclimatarsen a la convivencia. Se les proporcionó alimento estándar para roedores y agua *ad libitum*. Los bioensayos se llevaron a cabo de acuerdo con las especificaciones técnicas para la producción, el cuidado y el uso de animales de laboratorio, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999) y normas éticas internacionales para el cuidado y uso de animales de experimentación.



Figura 106. Ratones albinos machos (*Mus musculus* cepa CD-1).

8.20 Análisis estadístico

Los datos se presentan como media $\pm$ desviación estándar. La normalidad y la homogeneidad de las varianzas se evaluaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente. Para comparar los tiempos de inmovilidad (nado forzado y suspensión por la cola) y los parámetros de las convulsiones (número de convulsiones tónicas, clónicas y generalizadas y sus respectivas latencias), se utilizó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), seguido de la prueba *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$). Para la variable de supervivencia, se estimaron curvas de Kaplan-Meier y se compararon mediante la prueba de log-rank. El procesamiento de los datos estadísticos y la generación de gráficos se realizaron utilizando el software de análisis asistido por IA Julius AI (Julius 1.1 Lite) (<https://julius.ai>) de acuerdo con las especificaciones definidas por los autores. Los resultados fueron verificados por la autora.

Capítulo 5

9. RESULTADOS

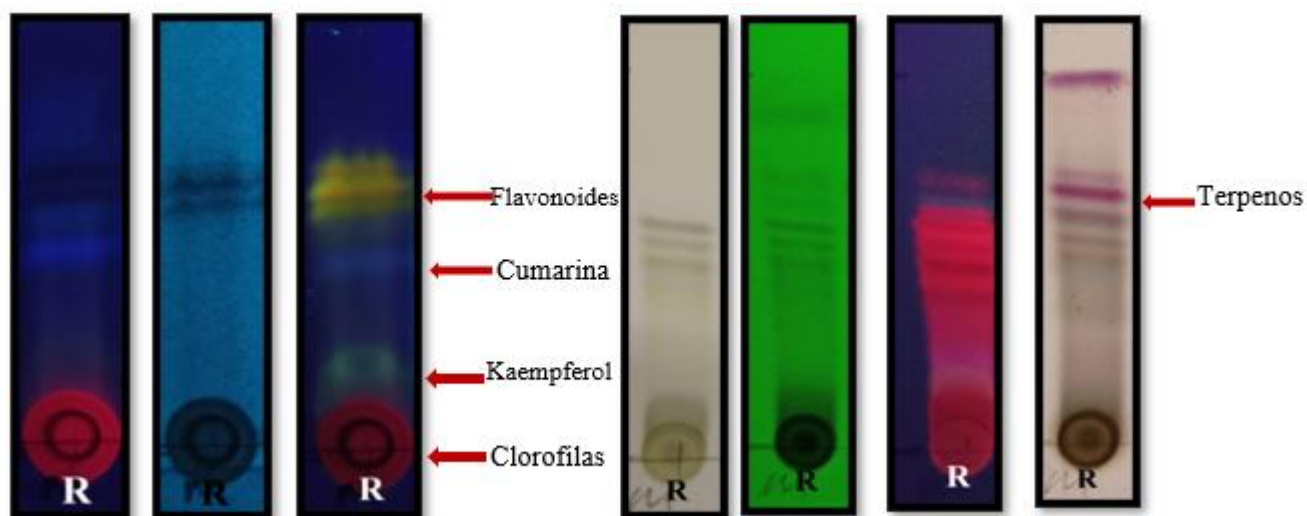
9.1 Rendimiento del extracto de *Malpighia mexicana*

De MmEA se obtuvo un rendimiento de 5.13% y de MmEAE 3.9%.

9.2 Perfil fitoquímico de la especie *Malpighia mexicana*

9.2.1 Análisis por cromatografía en capa fina

El análisis de MmEA por cromatografía en placa fina, se realizó mediante un gradiente de polaridad 6:4 agua-acetonitrilo revelada con 2-aminoetil difenilborinato y mediante luz UV de onda larga reveló la presencia de bandas de coloración naranja, verde y azul que corresponden a compuestos de tipo flavonoide y bandas de coloración rojas que corresponden a clorofilas, de igual manera se realizó una placa en fase normal con un gradiente de polaridad 7:3 *n*-hexano-acetona utilizando como revelador 4-hidroxibenzaldehído en la cual se observan bandas de coloración rosa las que podrían corresponder a compuestos de tipo terpenos.



Fase reversa eluida en una proporción 6-4 agua-acetonitrilo, revelada con NP-PEG. Fase normal eluida en una proporción 7-3 *n*-hexano-acetona. Revelada con 4-hidroxibenzaldehído.

Figura 107. Placa cromatográfica, fase normal y fase reversa del extracto acetónico de *Malpighia mexicana* (MmEA).

9.3 Análisis por cromatografía líquida de alto rendimiento HPLC

El perfil cromatográfico de del extracto MmEA fue analizado mediante HPLC en una longitud de onda de 310 nm, el cual revelo la presencia de varios compuestos de tipo fenólico, entre ellos el pico (1), con un tiempo de retención de 10.842 min, se identificó como un compuesto fenólico

correspondiente al ácido cumárico, mientras que el pico (2), observado a un tiempo de retención de 19.634 min, corresponde a un flavonoide identificado como kaempferol. La identificación de estos compuestos se logró mediante la comparación directa con estándares de referencia comerciales (Figura 108).

9.4 Fraccionamiento cromatográfico y aislamiento de compuestos presentes en MmAE.

El fraccionamiento cromatográfico de MmEA (71 g) permitió obtener un total de 58 fracciones las cuales se agruparon de acuerdo con su perfil cromatográfico determinado mediante TLC en 18 sub-fracciones (R1-R18), destacando la fracción R15 destaca por la presencia de compuestos de tipo fenólicos por lo que fue evaluada por su posible efecto farmacológico y posteriormente fue analizada mediante cromatografía en columna y HPLC lo que permitió identificar al ácido cumárico-1 y a el kaempferol-2 (Figura 109).

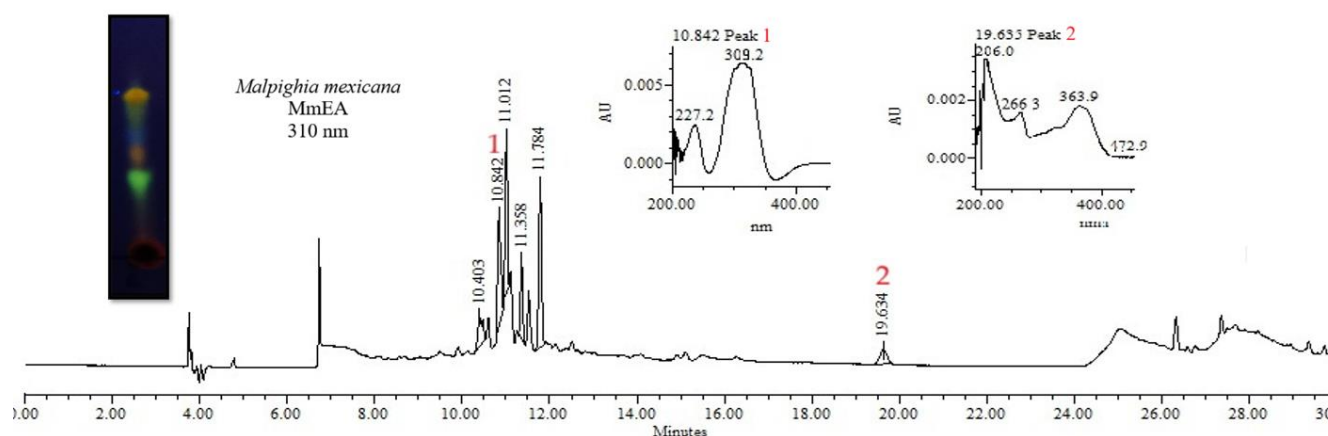


Figura: 108. Cromatograma de HPLC correspondientes al extracto acetónico de *Malpighia mexicana* en una longitud de onda de 310 nm el cual muestra la presencia compuestos de tipo fenólico.

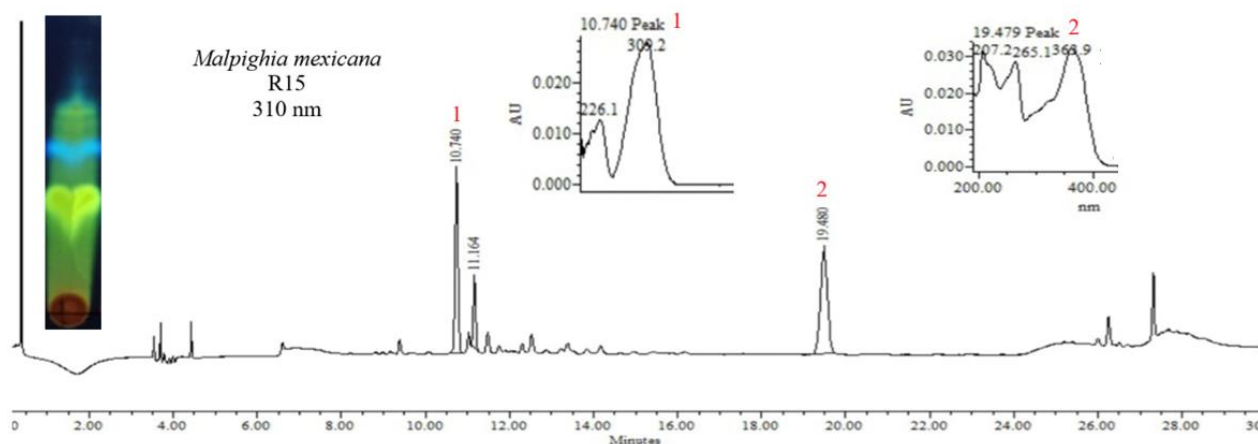


Figura 109. Cromatograma de HPLC correspondientes a la fracción R15 en una longitud de onda de 310 nm el cual muestra la presencia del compuesto **1** correspondiente al ácido cumárico y el compuesto **2** correspondiente al kaempferol.

El fraccionamiento de la sub-fracción R15 se obtuvieron 43 fracciones las cuales fueron agrupadas de acuerdo a su análisis de TLC se obtuvieron 16 sub-fracciones, de las cuales la fracción MmC2R5 fue elegida para su caracterización fitoquímica mediante HPLC (Figuras 110 y 111) lo que permitió la identificación del flavonoide kaempferol, así mismo la sub-fracción de MmC2R3 fue analizada mediante cromatografía en columna de la cual se obtuvieron 43 fracciones las cuales fueron agrupadas de acuerdo a su perfil químico en 10 sub-fracciones, destacando la sub fracción MmC3R3 la cual fue analizada mediante HPLC y lo cual permitió identificar al compuesto ácido cumárico como uno de sus componentes principales (Figura 112 y 113).

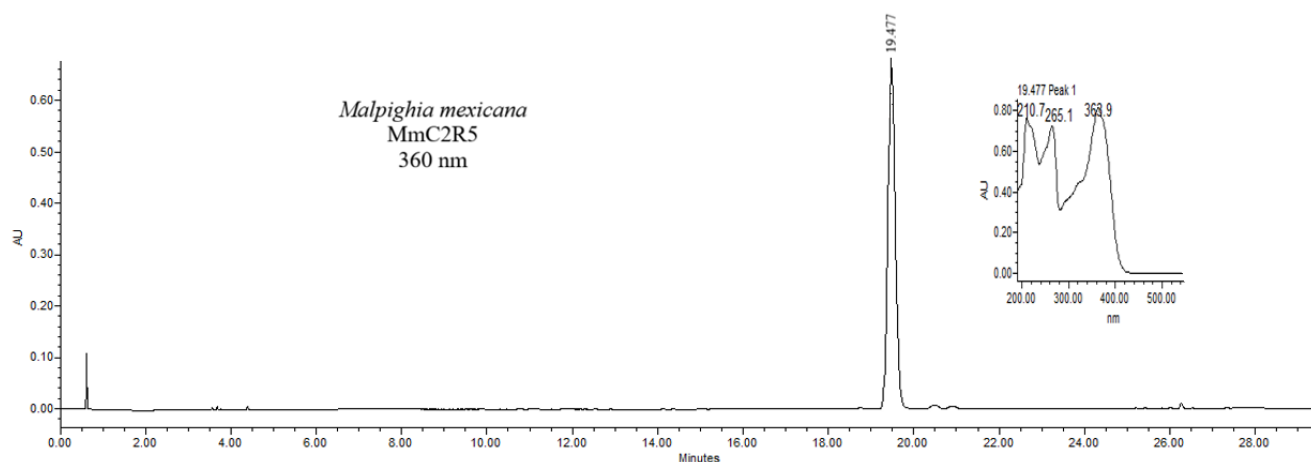


Figura 110. Cromatograma de HPLC correspondientes a la fracción MmC2R5 en el cual se muestra la presencia de kaempferol de acuerdo con su tiempo de retención de 19.477.

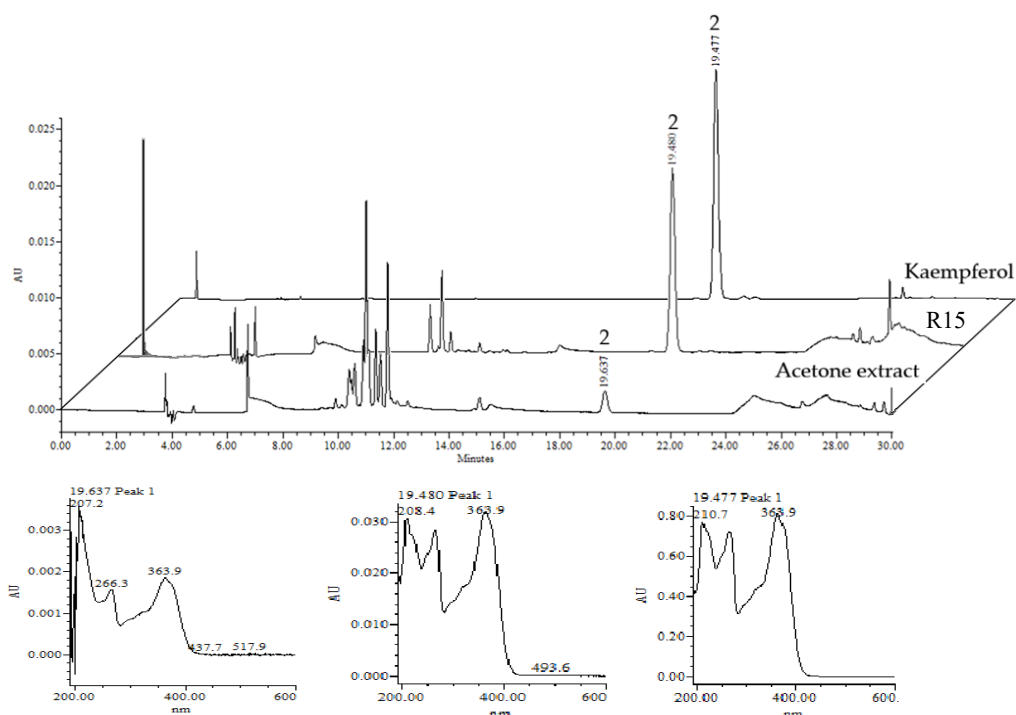


Figura 111. Cromatogramas de HPLC del extracto en acetona de MmAE, R15 y kaempferol, registrados a 360 nm, y espectros UV.

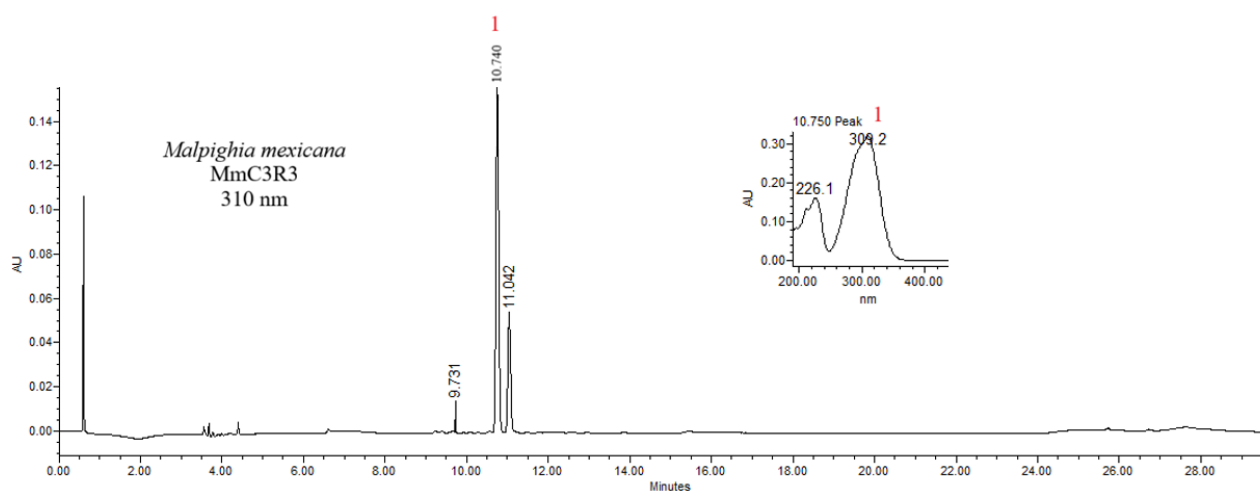


Figura 112. Cromatograma de HPLC correspondiente a la fracción MmC3R3 observado a una longitud de onda de 310 nm el cual muestra la presencia del pico (1) correspondiente al ácido cumárico.

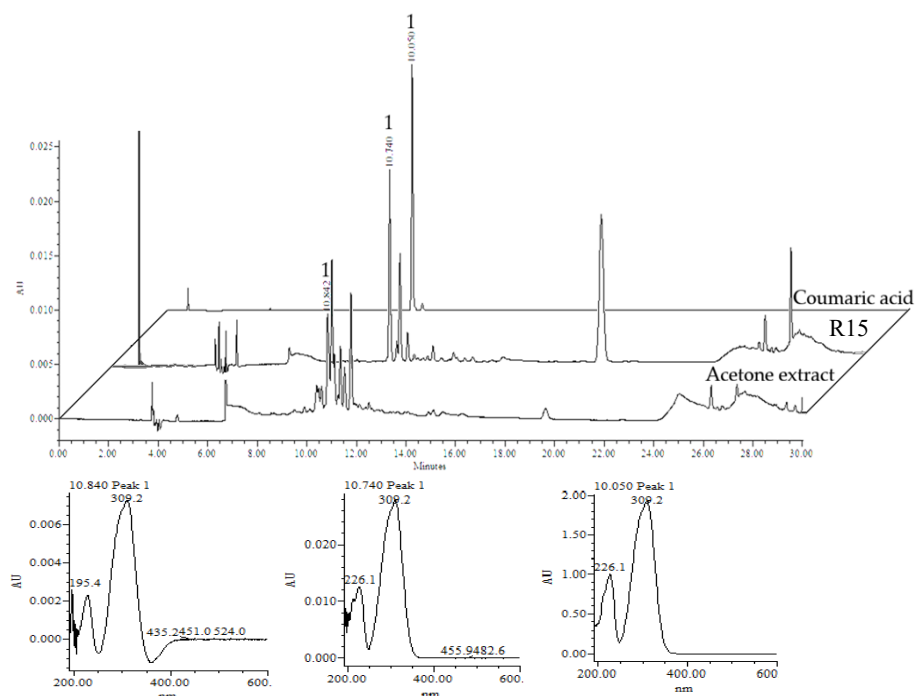


Figura 113. Cromatogramas de HPLC del extracto en acetona de MmAE, R15 y ácido cumárico, registrados a 310 nm, y el espectro UV del compuesto **1**.

La estructura del compuesto **2** se caracterizó mediante espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) de ^1H y ^{13}C , lo que confirmó su identidad como kaempferol. El espectro de RMN de ^{13}C (125 MHz, CDCl_3) mostró 15 señales correspondientes a su estructura molecular, en particular la señal del carbonilo conjugado en δ 176.54 (C-4), así como las resonancias características de los carbonos oxigenados en δ 163.90 (C-7), 162.10 (C-9), 160.12 (C-4') y 157.80 (C-5). Asimismo, se observaron señales aromáticas en δ 146.96 (C-2), 136.59 (C-3), 130.46 (C-2'/6'), 123.30 (C-1'), 116.28 (C-3'/5'), 104.10 (C-10), 99.08 (C-6) y 94.49 (C-8), en consonancia con los valores descritos para este flavonol. El espectro de RMN de ^1H (500 MHz, CDCl_3) reveló un sistema aromático de tipo AA'BB' correspondiente al anillo B, con señales en δ 8.15 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-2'/6') y δ 7.01 (2H, d, J = 8.9 Hz, H-3'/5'). Además, se observaron dos protones metacoplados del anillo A en δ 6.53 (1H, d, J = 1.9 Hz, H-8) y δ 6.27 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), así como una señal característica del protón hidroxilo quelado en δ 12.15 (1H, s, OH-5). En conjunto, estos datos espectroscópicos concuerdan con la estructura del kaempferol descrita en la bibliografía (Figura 114 A y B). El ESI-MS de iones

positivos reveló picos cuasi-moleculares a m/z 287 $[M+H]^+$ para la fórmula molecular $C_{15}H_{11}O_6$ (Figura 115).

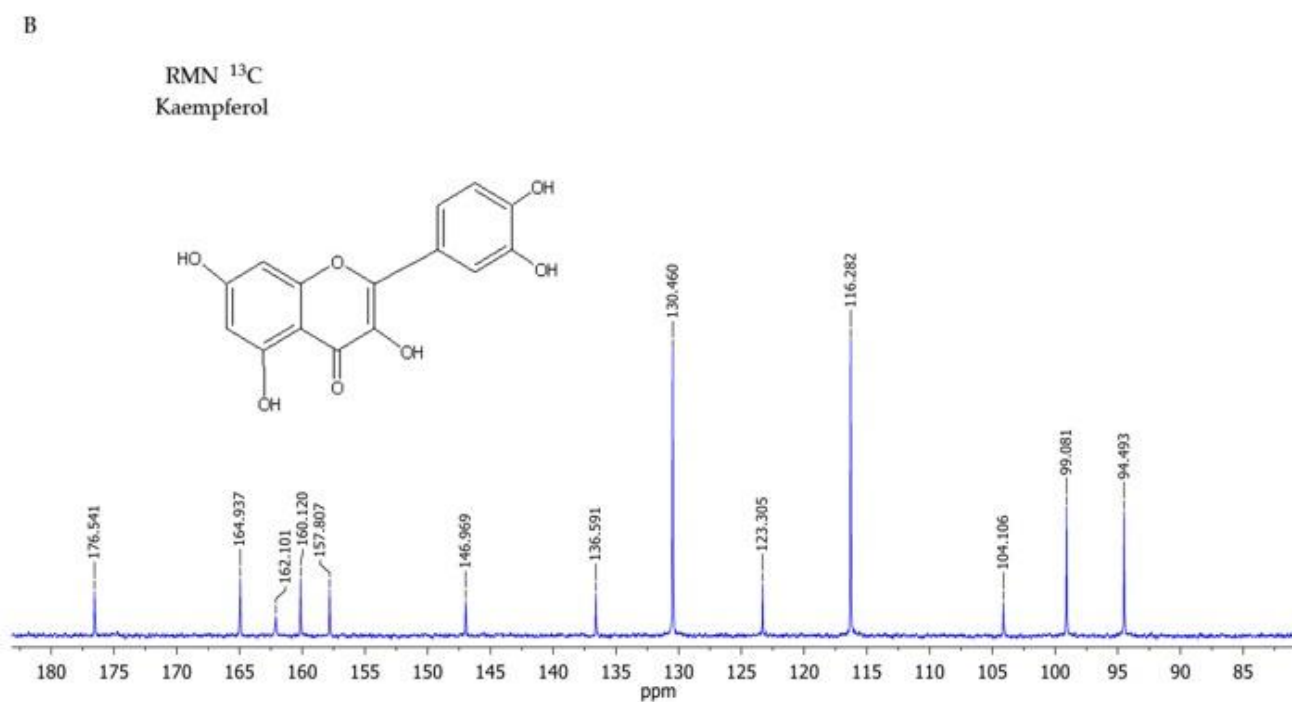
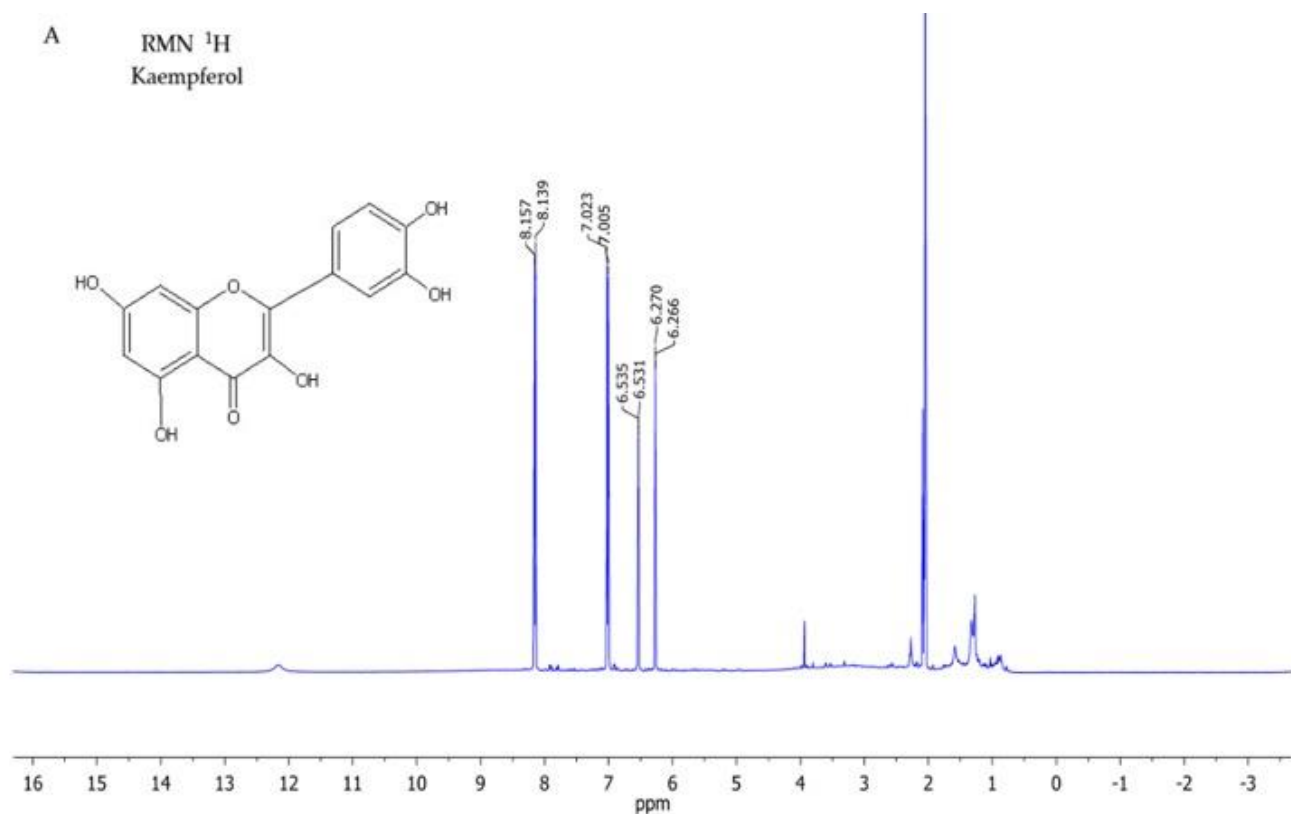


Figura 114. Espectro de resonancia magnética nuclear del kaempferol (**2**): A (^{13}C RMN, 500 MHz, acetona- d_6), B (^1H RMN, 400 MHz, $\text{MeOH}-\text{d}_4$).

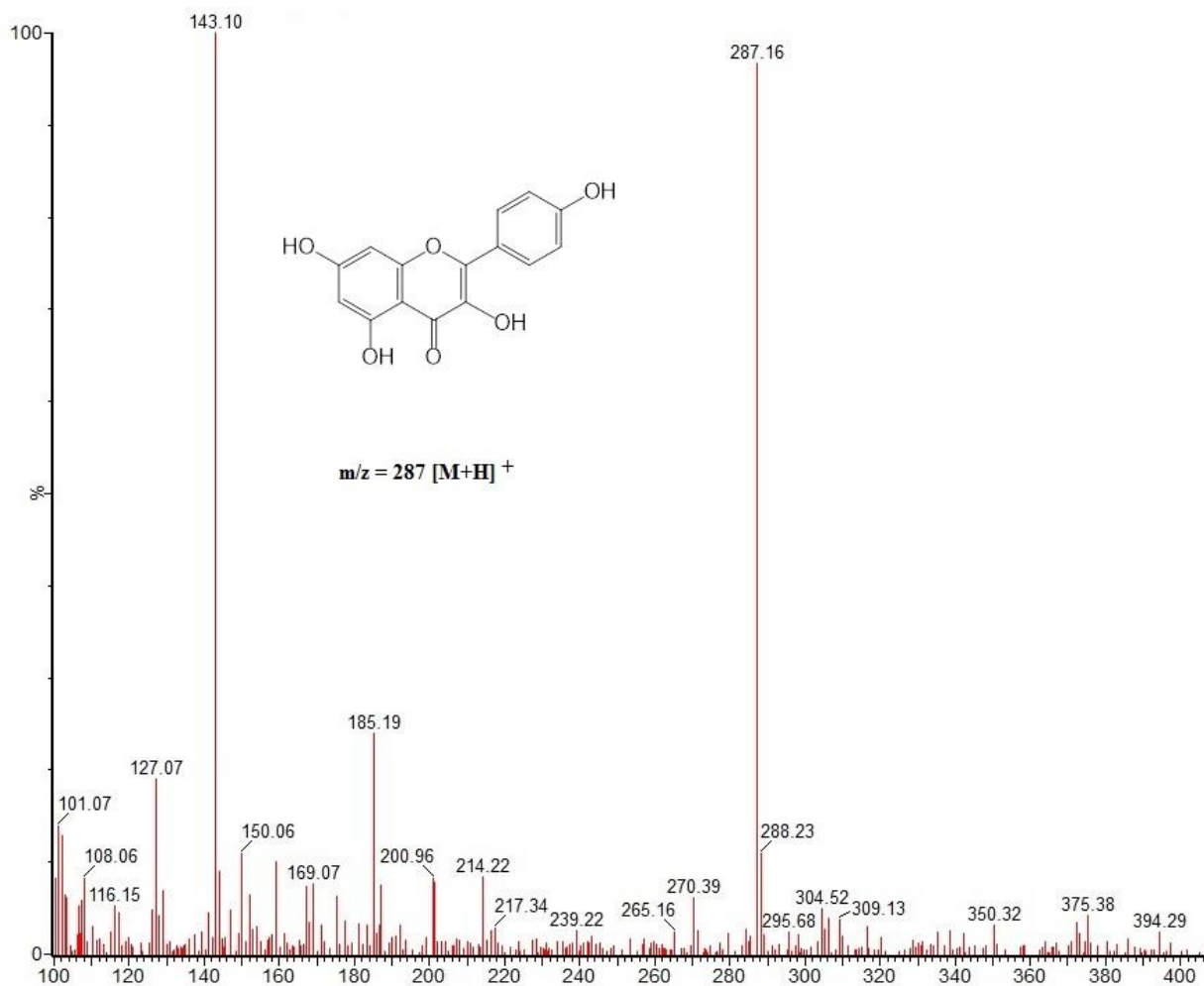


Figura 115. Espectro de masas del kaempferol (**2**).

Curva de calibración

Las curvas se obtuvieron representando gráficamente el AUC medio en función de la concentración de cada compuesto (Tabla 9). En el caso del ácido cumárico (Figura 116), la relación entre la concentración y el AUC mostró una buena linealidad, con una ecuación de regresión lineal de $y = 45\,330x + 92\,149$ y un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9988$ (Figura 117). De manera similar, el kaempferol (Figura 116) mostró un comportamiento lineal, con una ecuación de regresión de $y =$

22774x – 62442 y un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9986$ (Figura 118). Estos resultados demuestran una alta linealidad en todo el rango de concentraciones evaluado, lo que confirma la fiabilidad y la idoneidad del método analítico para la cuantificación de ambos compuestos.

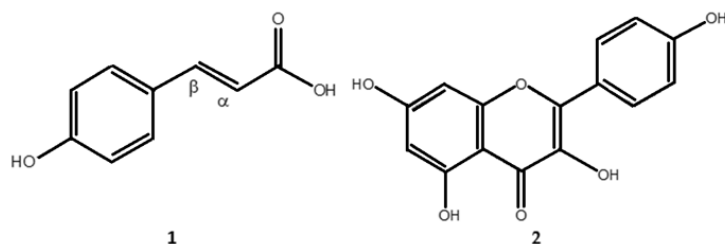


Figura 116. **1.** Ácido cumárico. **2.** Kaempferol.

Tabla 10. Áreas bajo la curva (AUC) y concentraciones del compuesto 1 a 310 nm y del compuesto 2 a 360 nm en MmAE y R15.

Muestra		Concentración [mg/mL]
Ácido cumárico	MmAE	1.36
	R15	3.13
Kaempferol	MmAE	3.68
	R15	19.45

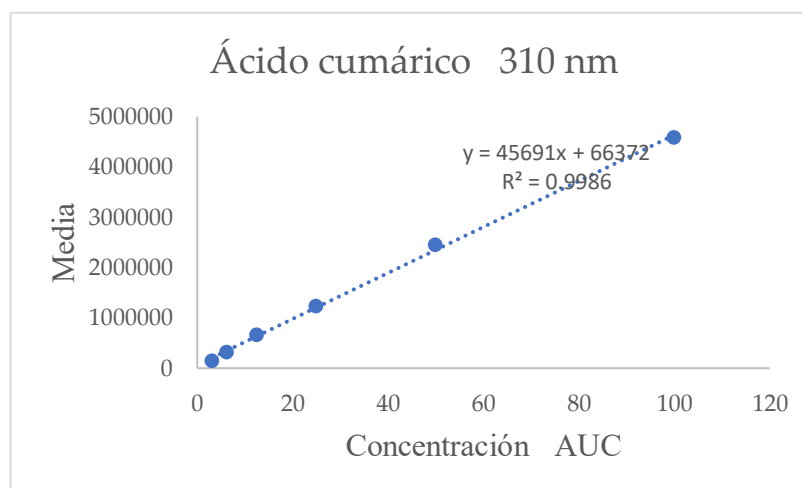


Figura 117. Curva de calibración del ácido cumárico. Coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9988$.

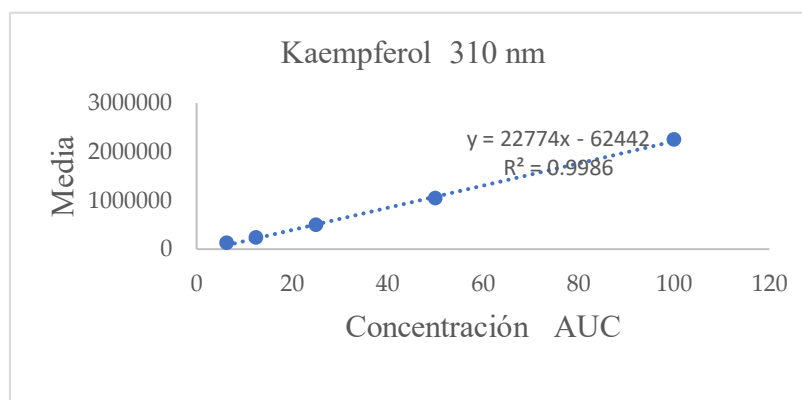


Figura 118. Curva de calibración del Kaempferol. Coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9986$.

9.4 Obtención de hojas de *Malpighia mexicana* en dos municipios de Morelos cada mes a lo largo de un año.

Se obtuvieron las hojas de la especie *Malpighia mexicana* en el municipio de Tlaltizapán de Zapata en la comunidad de San Miguel 30 y en el municipio de Tepoztlán en la comunidad de San Andrés de la Cal, las colectas se llevaron a cabo una vez al mes iniciando en el mes de julio del 2024, siendo la última colecta en el mes de junio del 2025, (Tabla 10), dado que esta especie es un árbol caducifolio tiende a perder sus hojas en una época del año debido a esto no se obtuvo material vegetal en los meses de abril y mayo en el municipio de Tepoztlán.

9.7 Análisis Fitoquímico

Las colectas en Tlaltizapán se realizaron de dos árboles y de Tepoztlán de un solo árbol obteniéndose 34 extractos acetónicos, debido a que en abril y mayo no fue posible encontrar hojas en el árbol de Tepoztlán. Estos extractos fueron analizados mediante HPLC en los cuales encontramos que los compuestos que se identificaron mediante cromatografía del extracto integro (ácido cumárico, kaempferol y un compuesto fenólico) están presentes en los 3 árboles monitoreados durante un año, sin embargo, los árboles metabolizan los compuestos en diferentes épocas del año y los encontramos en distintos meses de acuerdo con la zona.

Tabla 11. Registro de colectas.

Mes y año de colecta	Día de colecta Tlaltizapán	Día de colecta Tepoztlán
Julio-2024	13	13
Agosto-2024	17	17
Septiembre-2024	14	14
Octubre-2024	19	19
Noviembre-2024	16	16
Diciembre-2024	14	14
Enero-2025	15	18
Febrero-2025	19	22
Marzo-2025	19	22
Abril-2025	23	26*
Mayo-2025	12	17*
Junio-2025	18	21

*No se pudo realizar la colecta debido a que el árbol no contaba con hojas

Tabla 12. Registro de la presencia de un compuesto fenólico, del ácido cumárico y kaempferol en las distintas localidades.

Compuestos	Tlaltizapán árbol 1	Tlaltizapán árbol 2	Tepoztlán árbol 3
Meses en los que están presentes.			
Fenólico	Marzo Julio Septiembre	Febrero Marzo Abril Julio	Febrero Abril Junio Julio Agosto
Ácido cumárico	Abril Septiembre	Marzo Abril Julio	Julio
Kaempferol	Abril Agosto	Octubre	Abril Julio Agosto

10. BIOENSAYOS

10.1 Evaluación del potencial antidepresivo del extracto acetónico de esquejes de *Malpighia mexicana* (MmEAE)

La actividad antidepresiva del extracto acetónico que se obtuvo de la siembra de esquejes de *Malpighia mexicana* (MmEAE), fue evaluado mediante las pruebas de nado forzado y suspensión por cola.

10.1.1 Prueba de nado forzado MmEAE

El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk indicó que los datos de todos los grupos experimentales presentaron distribución normal ($p > 0.05$). Sin embargo, la prueba de Levene mostró heterogeneidad de varianzas entre los grupos ($F = 9.11$, $p = 0.0001$). A pesar de ello, se procedió con el análisis de varianza de una vía (ANOVA), el cual reveló diferencias significativas entre tratamientos sobre el tiempo de inmovilidad en la prueba de nado forzado ($F(3,28) = 103.97$, $p < 0.0001$, $\eta^2p = 0.902$), indicando un tamaño del efecto muy grande.

En la Figura 119 se presenta que el análisis *post hoc* de Tukey evidenció que los grupos tratados con el extracto acetónico MmEAE a 50 mg/kg y 200 mg/kg, así como el grupo tratado con imipramina (IMI, 15 mg/kg), presentaron una disminución significativa del tiempo de inmovilidad en comparación con el grupo vehículo ($p < 0.001$ en todos los casos). No se observaron diferencias significativas entre los grupos tratados con el extracto y el grupo IMI ($p > 0.05$), ni entre las dos dosis del extracto ($p > 0.05$).

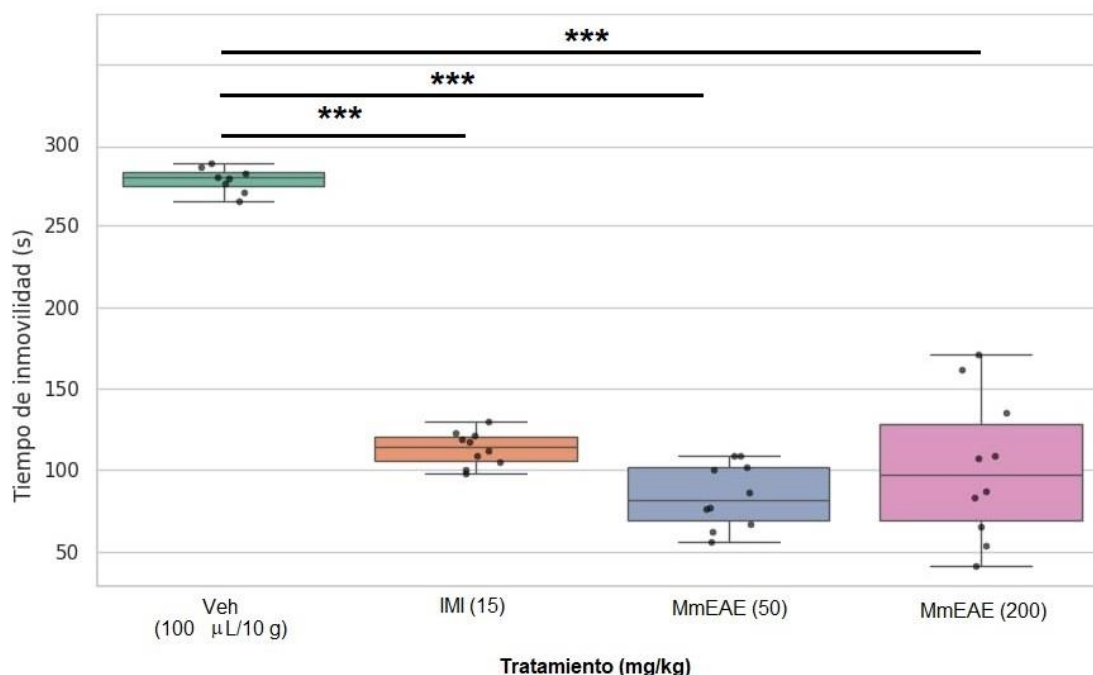


Figura 119. Efecto de la administración oral del extracto MmEAE de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de los ratones CD-1 expuestos a la prueba de nado forzado. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); Veh, vehículo (100 μ L/10 g); MmEAE Extracto acetónico de los esquejes (50 y 200 mg/kg).

10.1.2 Prueba de suspensión por cola

La prueba de Shapiro–Wilk mostró que todos los grupos presentaron distribución normal ($p > 0.05$). Asimismo, la prueba de Levene indicó homogeneidad de varianzas entre grupos ($F = 2.35$, $p = 0.095$). El análisis mediante ANOVA de una vía reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos sobre el tiempo de inmovilidad ($F(3,28) = 92.55$, $p < 0.0001$, $\eta^2p = 0.911$), observándose un tamaño del efecto muy grande.

En la Figura 120 se presenta que el análisis *post hoc* de Tukey indicó que los grupos tratados con MmEAE a 50 mg/kg y 200 mg/kg, así como el grupo IMI (15 mg/kg), presentaron una reducción significativa del tiempo de inmovilidad respecto al grupo vehículo ($p < 0.001$). No se detectaron diferencias significativas entre los grupos tratados con el extracto y el grupo IMI, ni entre ambas dosis del extracto ($p > 0.05$).

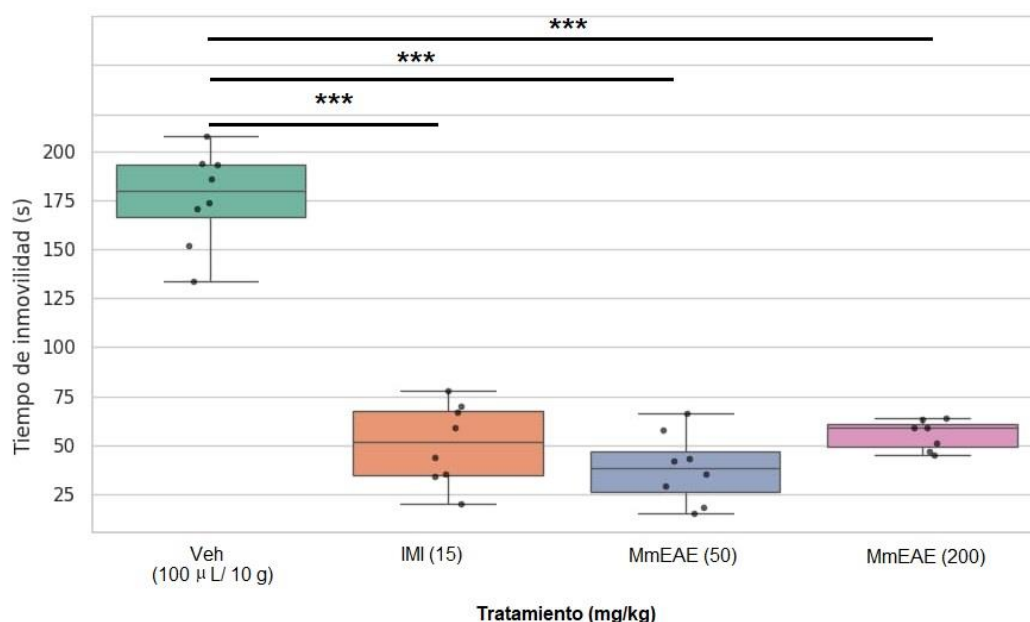


Figura 120. Efecto de la administración oral del extracto MmEAE de *M. mexicana* A. Juss. sobre el número total de cruces de los ratones CD-1 expuestos a la prueba de suspensión por la cola. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); Veh, vehículo (100 μ L/10 g); MmEAE Extracto acetónico de los esquejes (50 y 200 mg/kg).

10.1.3 Prueba de campo abierto

La prueba de Shapiro–Wilk mostró distribución normal para la mayoría de los grupos experimentales; sin embargo, el grupo MmEAE 50 mg/kg presentó una ligera desviación de la normalidad ($p = 0.0406$). La prueba de Levene indicó homogeneidad de varianzas entre grupos ($F = 1.50$, $p = 0.235$). El análisis de ANOVA de una vía no mostró diferencias significativas entre tratamientos en el número total de cruces ($F(3,28) = 1.69$, $p = 0.191$, $\eta^2p = 0.154$).

En la Figura 121 se presenta que el análisis *post hoc* de Tukey confirmó la ausencia de diferencias significativas entre el grupo vehículo y los grupos tratados, así como entre los distintos tratamientos experimentales ($p > 0.05$). Estos resultados sugieren que el efecto observado en las pruebas de nado forzado y suspensión por la cola no se relaciona con alteraciones en la actividad locomotora.

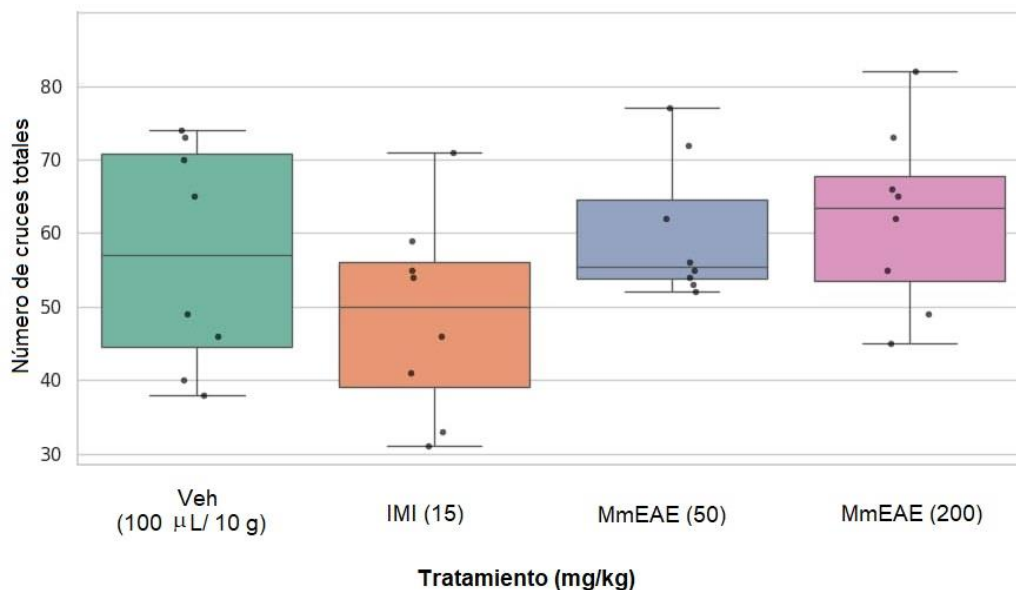


Figura 121. Efecto de la administración oral del extracto MmEAE de *M. mexicana* A. Juss. sobre el número total de cruces de los ratones CD-1 expuestos a la prueba de campo abierto. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); Veh, vehículo (100 μ L/10 g); MmEAE Extracto acetónico de los esquejes (50 y 200 mg/kg).

Prueba de convulsiones inducidas por pentilentetrazol (PTZt)

Tras la administración de pentilentetrazol (PTZ, 100 mg/kg), el grupo que recibió el vehículo presentó un inicio rápido de las convulsiones y la muerte. El curso temporal de la respuesta convulsiva fue notablemente diferente en los grupos que recibieron diazepam (DZP, 1 mg/kg) y el extracto MmEAE (50 y 200 mg/kg) en comparación con el grupo del vehículo. Tanto en el tratamiento con DZP como con MmEAE (50 y 200 mg/kg), las curvas de supervivencia se desplazaron hacia la derecha y murieron menos animales durante el periodo de observación en comparación con el grupo del vehículo.

Las curvas de supervivencia, estimadas mediante el método de Kaplan-Meier y comparadas mediante la prueba de Log-rank utilizando al grupo Veh como control negativo, evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 122). El grupo tratado con DZP mostró una supervivencia significativamente mayor en comparación con el grupo Veh (Log-rank: $\chi^2 = 17.0$; $p = 0.0001$). De manera similar, los animales tratados con MmEAE a dosis de 50 mg/kg presentaron un

incremento significativo en la supervivencia respecto al grupo Veh (Log-rank: $\chi^2 = 17.0$; $p < 0.0001$). La dosis de MmAE de 200 mg/kg muestra una supervivencia intermedia, algunos animales mueren durante el ensayo, mientras que otros sobreviven hasta el final. Curiosamente, la dosis de 200 mg/kg parece menos protectora que la de 50 mg/kg, sugiriendo una posible respuesta no lineal dosis-efecto.

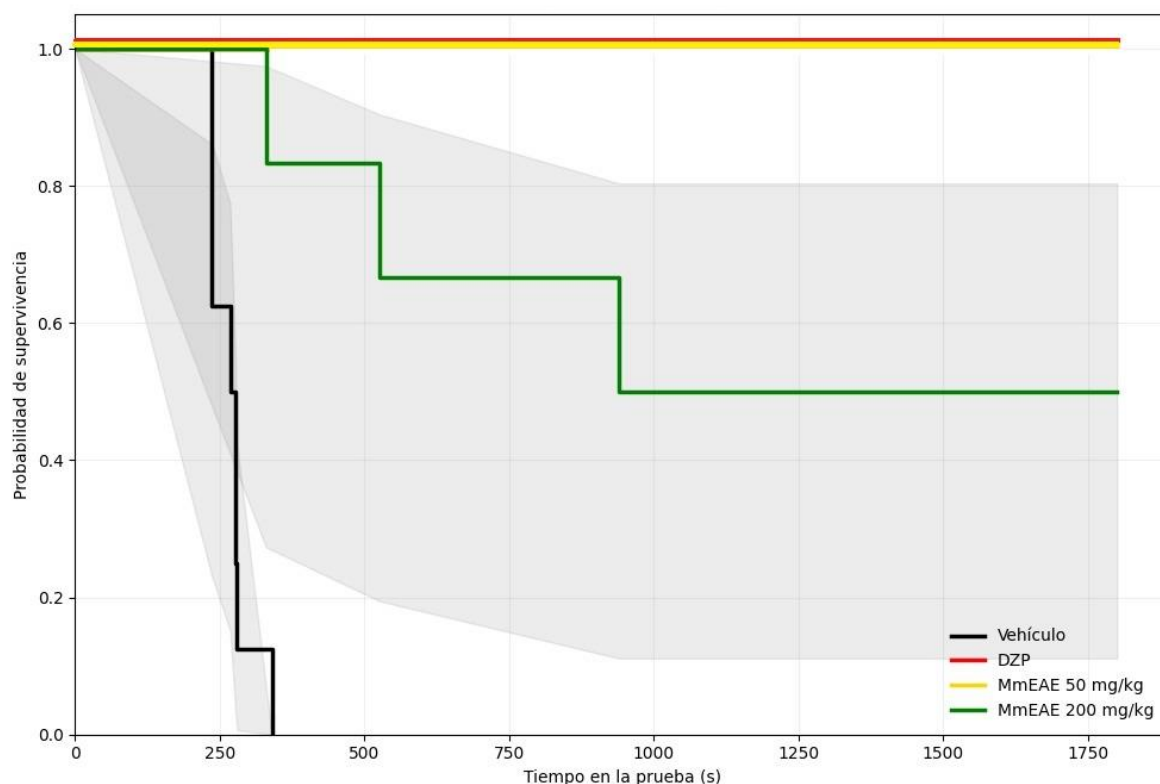


Figura 122. Curvas de supervivencia estimadas mediante el método de Kaplan-Meier en el modelo de convulsiones agudas inducidas por pentilentetrazol (PTZ). Los animales fueron pretratados con vehículo (barra negra), diazepam (DZP, 1 mg/kg; barra roja) o extracto MmEAE (50 mg/kg, barra amarilla; 200 mg/kg, barra verde) antes de la administración de PTZ. El grupo tratado con vehículo presentó una rápida aparición de las convulsiones y una mediana de supervivencia de 285 s. En contraste, los animales tratados con DZP o con MmEAE (50 mg/kg) sobrevivieron durante todo el periodo de observación, por lo que no fue posible estimar la mediana de supervivencia en estos grupos. Las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. El análisis mediante la prueba de Log-rank reveló diferencias significativas entre los grupos tratados y el grupo vehículo ($\chi^2 = 17.0$; $p < 0.001$). Se evaluaron ocho animales por grupo ($n = 8$).

Número de convulsiones

El análisis de varianza de una vía reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales para el número de convulsiones tónicas inducidas por PTZ ($F(3,28)=35.97$, $p < 0.001$). El tamaño del efecto fue muy grande ($\eta^2p=0.788$), lo que indica que el tratamiento explicó aproximadamente el 78.8% de la variabilidad total observada. Estos resultados sugieren que la administración de MmEAE y del fármaco de referencia modificó significativamente la expresión de las convulsiones tónicas en comparación con el grupo vehículo. Para el parámetro de convulsiones clónicas se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos respecto al número de convulsiones clónicas inducidas por pentilentetrazol ($F(3,28)=14.48$, $p < 0.001$). El tamaño del efecto fue grande ($\eta^2p=0.600$), indicando que aproximadamente el 60.0% de la variabilidad de esta variable fue explicada por el tratamiento. Estos hallazgos evidencian una influencia importante de los tratamientos sobre la severidad de las manifestaciones clónicas inducidas por PTZ.

Para el parámetro latencia de las convulsiones tónicas el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales en la latencia de aparición de las convulsiones tónicas ($F(3,28)=2.70$, $p = 0.065$). Aunque el tamaño del efecto fue moderado ($\eta^2p=0.225$), las diferencias observadas no alcanzaron el criterio convencional de significancia estadística. Por lo tanto, no puede concluirse que los tratamientos modificaran de manera significativa el tiempo de aparición de las convulsiones tónicas inducidas por PTZ. En el parámetro de latencia de convulsiones clónicas el tratamiento ejerció un efecto altamente significativo sobre la latencia de aparición de las convulsiones clónicas inducidas por pentilentetrazol ($F(3,28)=725.63$, $p < 0.001$). El tamaño del efecto fue extremadamente grande ($\eta^2p=0.987$), indicando que el 98.7% de la variabilidad observada en esta variable fue atribuible a los tratamientos evaluados. Estos resultados sugieren una marcada capacidad de los tratamientos para retrasar la aparición de las convulsiones clónicas inducidas por PTZ (Tabla 12).

Tabla 13. Efectos de los tratamientos sobre la incidencia y la latencia de las crisis convulsivas en el modelo experimental de pentilentetrazol.

Tratamiento (mg/kg)	Número de crisis tónicas	Número de crisis clónicas	Número de convulsiones totales	Latencia de la primera convulsión tónica (s)	Latencia de la primera convulsión clónica (s)
Veh (100 µL/10 g)	63.88 ± 16.80 ^a	19.00 ± 07.89 ^a	72.71 ± 05.25 ^a	58.63 ± 04.57 ^a	72.25 ± 28.11 ^a
DZP (1)	25.13 ± 08.27 ^c	01.88 ± 01.13 ^b	25.63 ± 10.03 ^c	76.13 ± 05.30 ^b	495.25 ± 09.39 ^c 117.13 ± 14.25 ^b
MmEAE (50)	37.25 ± 18.84 ^b	05.25 ± 01.98 ^b	37.25 ± 18.84 ^b	71.50 ± 10.61 ^b	
MmEAE (200)	24.75 ± 10.95 ^c	03.25 ± 01.67 ^b	24.75 ± 10.95 ^c	70.88 ± 12.43 ^b	117.63 ± 24.58 ^b

Los resultados se presentan como media ± desviación estándar (D.E.). La presencia de letras superíndices diferentes en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, según el análisis ANOVA de una vía y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$). Veh: vehículo; DZP: diazepam; MmEAE: extracto acetónico de los esquejes.

10.2 Evaluación del potencial antidepresivo de la fracción R15

10.2.1 Prueba de nado forzado de la fracción R15

El tiempo de inmovilidad varió de forma significativa entre los grupos de tratamiento. Un ANOVA unidireccional reveló un efecto principal del tratamiento sobre la inmovilidad, $F(3, 28) = 261.35$, $p < 0.001$, con un tamaño del efecto muy grande ($\eta^2p = 0.966$). La Figura 123 muestra que el grupo Veh presentó los niveles más altos de inmovilidad (278.25 ± 7.76 s), mientras que el grupo IMI (15 mg/kg) tuvo una media de 117.00 ± 8.09 s. Este resultado es estadísticamente significativo en comparación con el grupo Veh ($p < 0.001$). R15 (50 mg/kg) también redujo significativamente el tiempo de inmovilidad (63.38 ± 15.29 s) en comparación con el grupo Veh ($p < 0.001$). De manera similar, R15 (200 mg/kg) redujo significativamente el tiempo de inmovilidad (57.38 ± 30.67 s) en comparación con el grupo Veh ($p < 0.001$). La reducción del tiempo de inmovilidad para las dos dosis de R15 difirió del grupo IMI ($p < 0.001$).

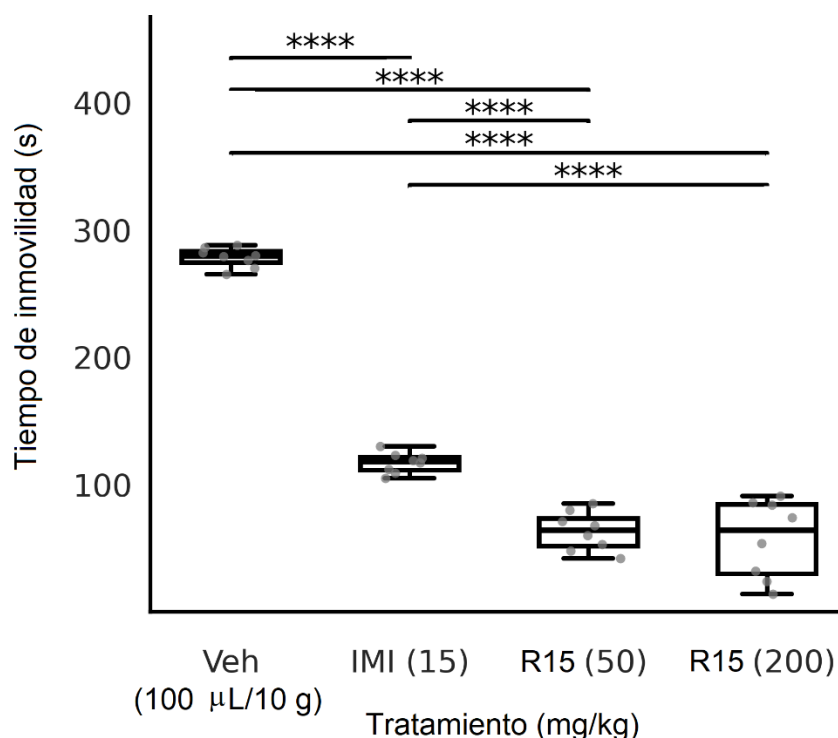


Figura 123. Efecto de la administración oral de la fracción R15 de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de ratones CD-1 en la prueba de nado forzado. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); R15, fracción R15 (50 y 200 mg/kg).

10.2.2 Prueba de suspensión por la cola de la fracción R15

En la prueba de suspensión por la cola, la duración de la inmovilidad varió de forma significativa entre los grupos, lo que puso de manifiesto un efecto principal del tratamiento en un ANOVA unidireccional ($F(3, 28) = 172.67$, $p < 0.001$), con un tamaño del efecto muy grande ($\eta^2 p = 0.949$). La Figura 124 muestra que el grupo Veh presentó los niveles más altos de inmovilidad (190.88 ± 14.02 s), el grupo IMI (15 mg/kg) tuvo una media de 56.25 ± 14.69 s; este resultado es estadísticamente significativo en comparación con el grupo Veh ($p < 0.001$), R15 (50 mg/kg) también redujo significativamente el tiempo de inmovilidad (95.25 ± 09.88 s) en comparación con el grupo Veh ($p < 0.001$); de manera similar, el R15 (200 mg/kg) redujo significativamente el tiempo de inmovilidad (95.12 ± 9.96 s) en comparación con el grupo Veh ($p < 0.001$). La reducción del tiempo de inmovilidad para las dos dosis de R15 difirió de la del grupo IMI ($p < 0.001$).

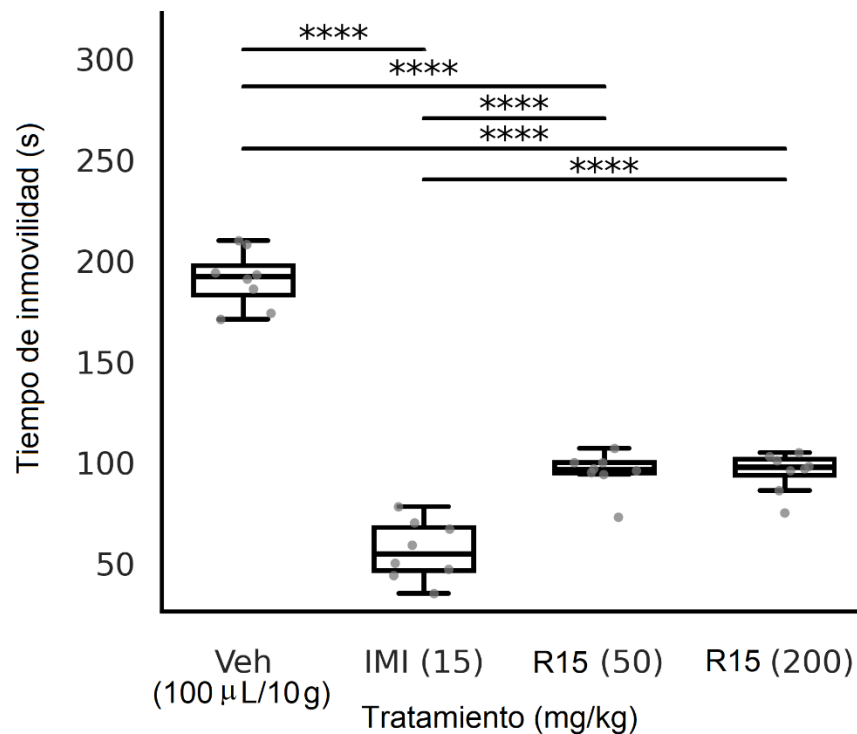


Figura 124. Efecto de la administración oral de la fracción R15 de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de ratones CD-1 en la prueba de suspensión por la cola. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 μ L/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); R15, fracción R15 (50 y 200 mg/kg).

10.2.3 Prueba de campo abierto

El número total de cruces no varió entre los grupos experimentales. El ANOVA unidireccional no reveló que los tratamientos alteraran la locomoción ($F(3, 28) = 0,497$, $p = 0.687$; $\eta^2p = 0.051$). Además, el análisis post hoc de Tukey no identificó diferencias entre pares de grupos (todas las comparaciones $p > 0.05$). Estos datos sugieren que los tratamientos no alteraron la actividad locomotora en las condiciones evaluadas (Figura 125).

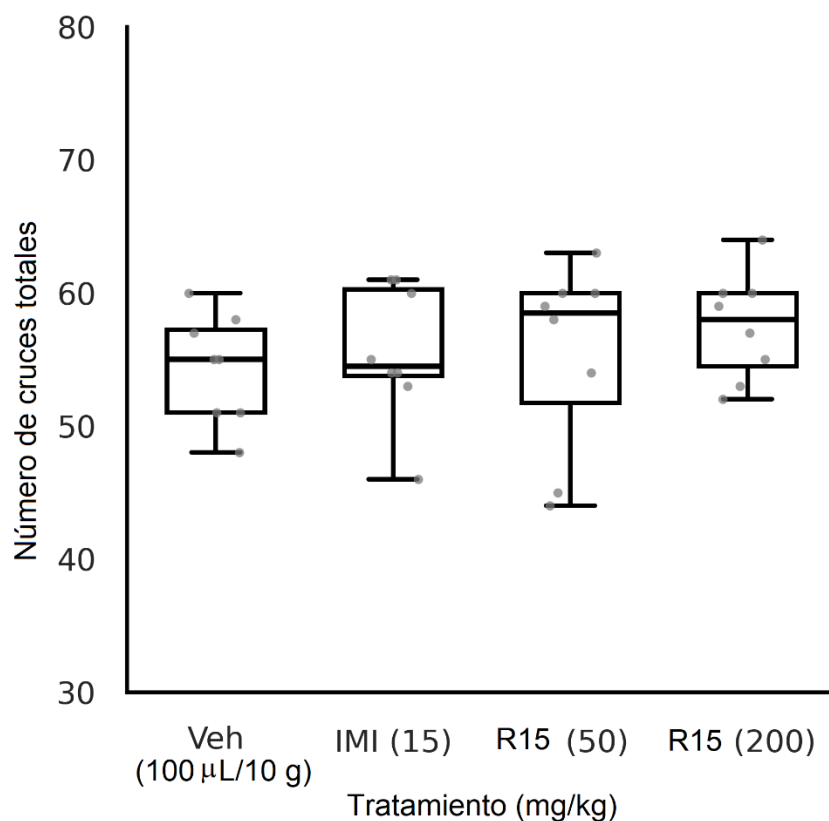


Figura 125. Efecto de la administración oral de la fracción R15 de *M. mexicana* A. Juss. sobre el tiempo de inmovilidad de ratones CD-1 en la prueba de campo abierto. *** = $p < 0.001$ con ANOVA unidireccional seguida de la prueba de Tukey (media $\pm$ D.E.) con $n = 8$. Veh, vehículo (100 µL/10 g); IMI, clorhidrato de Imipramina (15 mg/kg); R15, fracción R15 (50 y 200 mg/kg).

Prueba de convulsiones inducidas por pentilentetrazol (PTZt)

Tras la administración de pentilentetrazol (PTZ, 100 mg/kg), el grupo que recibió el vehículo presentó un inicio rápido de las convulsiones y la muerte. El curso temporal de la respuesta convulsiva fue notablemente diferente en los grupos que recibieron diazepam (DZP, 1 mg/kg) y la fracción R15 (50 y 200 mg/kg) en comparación con el grupo del vehículo. Tanto en el tratamiento con DZP como con R15, las curvas de supervivencia se desplazaron hacia la derecha y murieron menos animales durante el periodo de observación en comparación con el grupo del vehículo (Tabla 13).

Las curvas de supervivencia, estimadas mediante el método de Kaplan-Meier y comparadas mediante la prueba de Log-rank utilizando al grupo Veh como control negativo, evidenciaron diferencias

significativas entre los tratamientos evaluados. El grupo tratado con DZP mostró una supervivencia significativamente mayor en comparación con el grupo Veh (Log-rank: $\chi^2 = 17,0$; $p = 0.0001$). De manera similar, los animales tratados con R15 a dosis de 50 y 200 mg/kg presentaron un incremento significativo en la supervivencia respecto al grupo Veh (Log-rank: $\chi^2 = 17,0$; $p < 0.0001$ para ambas dosis).

En los grupos DZP y R15 no fue posible determinar la mediana de supervivencia, debido a que menos del 50% de los animales fallecieron durante el periodo de observación. En contraste, en el grupo Veh se registró la muerte de la totalidad de los animales evaluados, lo que permitió estimar una mediana de supervivencia de 277 s.

Estos resultados sugieren un efecto protector significativo tanto de DZP como de R15 frente a las convulsiones y la mortalidad inducidas por PTZ. La Figura 126 presenta la comparación de las curvas de supervivencia, donde se observa que los tratamientos DZP (1 mg/kg), R15 (50 mg/kg) y R15 (200 mg/kg) difieren significativamente del grupo Veh.

Tabla 14. Análisis de supervivencia estimado mediante el método de Kaplan-Meier y comparación de las curvas de supervivencia mediante la prueba de Log-rank entre los grupos experimentales y el grupo control en el modelo de convulsiones inducidas por pentilentetrazol.

Tratamiento/Grupos	N	Supervivencia		Log-rank (χ^2)	p-value
		(en segundos)	95% CI		
Veh	8	277	237–340	—	—
DZP 1 mg/kg	8	NR	NR	17.0	< 0.001
R15 50 mg/kg	8	NR	NR	17.0	< 0.001
R15 200 mg/kg	8	NR	NR	17.0	< 0.001

Abreviaturas: Veh, vehículo; DZP, diazepam; R15, fracción R15; NR, no alcanzado; IC, intervalo de confianza. Todas las comparaciones se han realizado con respecto al grupo de control con vehículo mediante la prueba de Log-rank. Un valor de $p < 0.001$ indica significación estadística con un nivel de $\alpha = 0.05$.

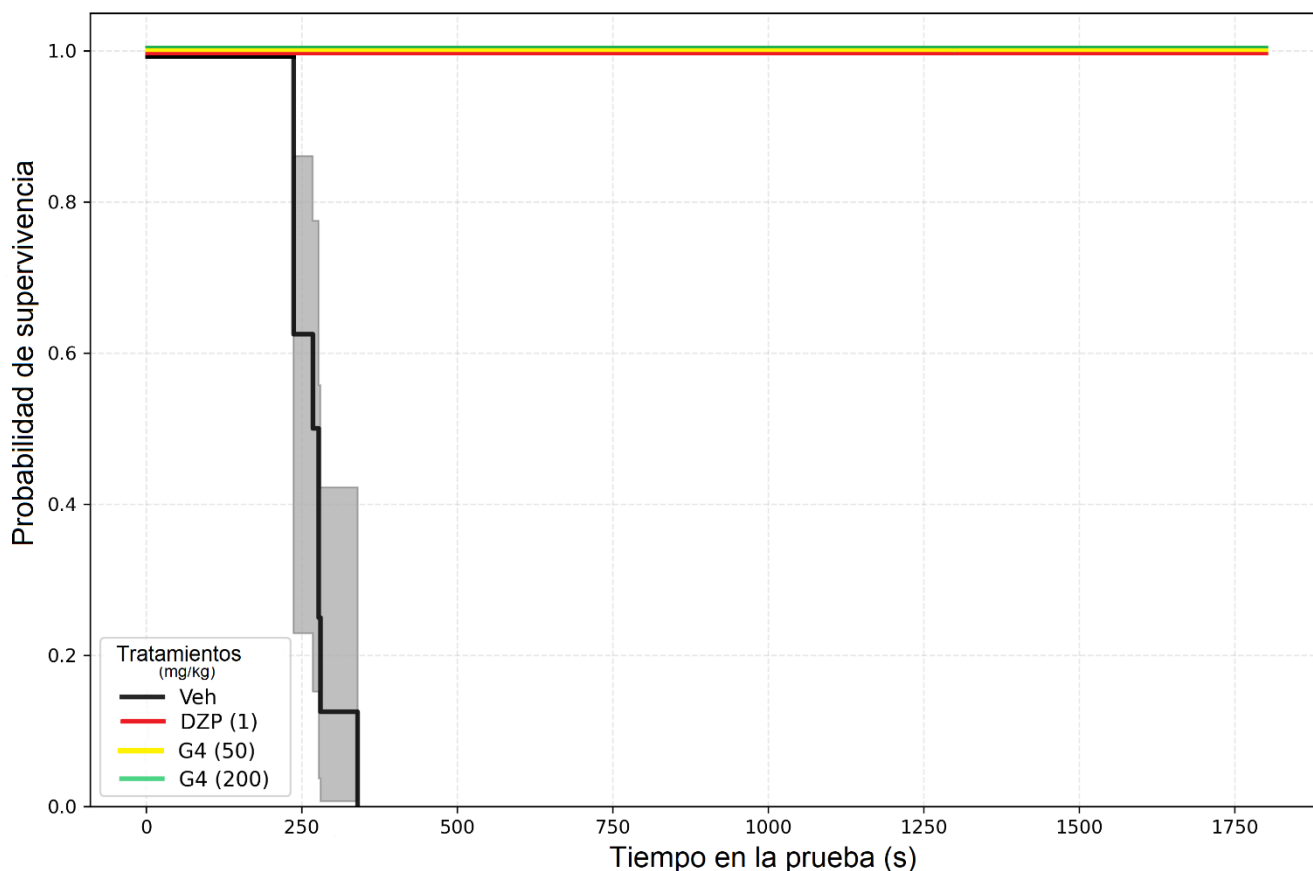


Figura 126. Curvas de supervivencia estimadas mediante el método de Kaplan-Meier en el modelo de convulsiones agudas inducidas por pentilentetrazol (PTZ). Los animales fueron pretratados con vehículo (barra negra), diazepam (DZP, 1 mg/kg; barra roja) o extracto R15 (50 mg/kg, barra amarilla; 200 mg/kg, barra verde) antes de la administración de PTZ. El grupo tratado con vehículo presentó una rápida aparición de las convulsiones y una mediana de supervivencia de 277 s. En contraste, los animales tratados con DZP o con R15 (50 y 200 mg/kg) sobrevivieron durante todo el periodo de observación, por lo que no fue posible estimar la mediana de supervivencia en estos grupos. Las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%. El análisis mediante la prueba de Log-rank reveló diferencias significativas entre los grupos tratados y el grupo vehículo ($\chi^2 = 17.0$; $p < 0.001$). Se evaluaron ocho animales por grupo ($n = 8$).

10.2.4 Número de convulsiones

La Tabla 14 muestra los resultados del análisis del número de convulsiones mediante un ANOVA unidireccional seguido de una prueba *post hoc* de Tukey. En cuanto al número total de convulsiones, se observó un efecto significativo del tratamiento ($F = 50.516$, $p < 0.0001$; $\eta^2p = 0.844$). Los grupos

tratados con R15 (50 mg/kg) y R15 (200 mg/kg) mostraron una reducción significativa en comparación con el grupo Veh ($p < 0.05$), sin diferencias entre las dos dosis ($p > 0.05$), mientras que el DZP (1 mg/kg) mostró una mayor reducción ($p < 0.0001$). En cuanto a las crisis tónicas, también se detectó un efecto del tratamiento ($F = 42.111$, $p < 0.0001$; $\eta^2p = 0.819$), con un patrón similar: los grupos tratados con R15 (50 mg/kg) y R15 (200 mg/kg) mostraron una reducción significativa de las crisis tónicas en comparación con el grupo Veh ($p < 0.05$), sin diferencias entre las dos dosis ($p > 0.05$), mientras que el DZP (1 mg/kg) mostró una mayor reducción de las crisis ($p < 0.0001$). En cuanto al parámetro de las crisis clónicas, se observó un efecto global significativo ($F = 3.785$, $p = 0.021$; $\eta^2p = 0.289$); el DZP (1 mg/kg) redujo significativamente ($p < 0.05$) el número de convulsiones en comparación con Veh y R15 (50 y 200 mg/kg), y no hubo diferencias significativas entre las dos dosis de R15 ($p > 0.05$).

Tabla 15. Efectos de los tratamientos sobre la incidencia y la latencia de las crisis convulsivas en el modelo experimental de pentilentetrazol

Tratamiento/ grupos	Número de crisis tónicas	Número de crisis clónicas	Número total de incautaciones	Tiempo de latencia hasta la primera crisis tónica (s)	Tiempo de latencia hasta las primeras crisis clónicas (s)
Veh	67.38 ± 05.50 ^a	04.38 ± 01.41 ^a	72.75 ± 04.86 ^a	63.63 ± 04.57 ^a	88.75 ± 13.54 ^a
DZP 1 mg/kg	25.13 ± 08.27 ^b	01.88 ± 01.13 ^b	25.63 ± 10.03 ^b	119.25 ± 10.10 ^b	495.25 ± 09.39 ^b
R15 50 mg/kg	42.50 ± 10.10 ^c	03.63 ± 02.20 ^a	46.38 ± 09.33 ^c	106.38 ± 07.05 ^c	110.00 ± 09.09 ^c
R15 200 mg/kg	49.38 ± 05.60 ^c	02.88 ± 01.25 ^a	52.25 ± 05.18 ^c	121.88 ± 10.71 ^b	126.88 ± 11.67 ^d

Los resultados se presentan como media ± desviación estándar (D.E.). La presencia de letras superíndices diferentes en una misma columna indica diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, según el análisis ANOVA de una vía y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$). Veh: vehículo; DZP: diazepam; R15: fracción R15.

Capítulo 6

11 DISCUSIÓN

La depresión es un trastorno común que afecta a millones de personas en todo el mundo. Este se caracteriza por un estado de ánimo persistentemente bajo, así como la pérdida de interés en actividades diarias, alteraciones en el sueño y el apetito, dificultades cognitivas y, en casos severos, pensamientos suicidas (American Psychiatric Association, 2013). La Organización Mundial de la

Salud considera la depresión como una de las principales causas de discapacidad global, subrayando su impacto tanto individual como social (World Health Organization, 2021). En cuanto al tratamiento los antidepresivos, como los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina, ayudan a corregir los desequilibrios neuroquímicos implicados en el trastorno (Kupfer et al., 2012). En México, *M. mexicana* se utiliza en la medicina tradicional para tratar problemas digestivos, molestias estomacales y trastornos nerviosos. Se ha demostrado que un extracto acetónico de esta especie presenta actividad neurofarmacológica con efectos ansiolíticos, sedantes, hipnóticos y anticonvulsivos (Avilés-Montes et al., 2023). De manera similar, otras especies de la misma familia como *Malpighia emarginata* han sido objeto de estudios por sus propiedades medicinales y nutricionales, lo que sugiere que esta familia podría tener potencial terapéutico (Jiménez-Ortega et al., 2022; Aguilera-Arango, 2020).

En el presente estudio se evaluó el potencial antidepresivo y anticonvulsivo del extracto acetónico obtenido de esquejes propagados vegetativamente (MmEAE) y de la fracción R15 obtenida del extracto acetónico de hoja silvestres. Los análisis cromatográficos realizados mediante CCF y HPLC evidenciaron la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, identificándose particularmente ácido cumárico y kaempferol en la fracción R15. Estos resultados coinciden con reportes previos realizados en especies de la familia Malpighiaceae, donde se han identificado flavonoles, derivados hidroxicinámicos y compuestos fenólicos asociados con actividad neurofarmacológica (Bueno-Quevedo, 2017; Mohamed, A. M., 2021). Cabe mencionar que el kaempferol es un compuesto con propiedades neuroprotectoras anticancerígenas, antioxidantes y hepatoprotectoras, (Bangar et al., 2023).

Uno de los hallazgos más relevantes de esta investigación fue demostrar que el extracto MmEAE obtenido a partir de plantas propagadas mediante esquejes, conservó actividad biológica significativa en los modelos murinos evaluados. En las pruebas de nado forzado y suspensión por la cola, las dosis de 50 y 200 mg/kg disminuyeron significativamente el tiempo de inmovilidad respecto al grupo vehículo, mostrando efectos comparables al tratamiento con imipramina. Estos resultados sugieren que la propagación vegetativa permitió conservar metabolitos secundarios con actividad sobre el sistema nervioso central, particularmente compuestos fenólicos y flavonoides relacionados con mecanismos antidepresivos. La ausencia de diferencias significativas en la prueba de campo abierto indica que el efecto observado en las pruebas conductuales no estuvo asociado a un incremento

inespecífico de la actividad locomotora. Este aspecto es particularmente importante desde el punto de vista farmacológico, ya que permite descartar un efecto estimulante motor y fortalece la hipótesis de un verdadero efecto del tipo antidepresivo.

Diversos estudios han demostrado que los flavonoides tienen una gama amplia de actividades biológicas entre las que se destacan su actividad antiinflamatorios y neuroprotectores (Panche et al., 2016), además de propiedades antidepresivas, ansiolíticas y anticonvulsivas reportadas en modelos animales (Kumar & Pandey, 2013).

El hecho de que MmEAE presentara actividad significativa aún cuando fue obtenido de material propagado mediante esquejes tiene gran relevancia biológica y ecológica. La propagación vegetativa constituye una estrategia sustentable que permite disminuir la presión de extracción sobre poblaciones silvestres, conservando simultáneamente las características fitoquímicas y farmacológicas de la especie. En este trabajo, los extractos MmEAE obtenidos de las cuatro colectas estacionales mostraron presencia de compuestos flavonoides mediante HPLC, lo que sugiere estabilidad parcial en la producción de metabolitos secundarios a pesar de las variaciones ambientales.

Un estudio realizado con un extracto etanólico con la especie *Byrsonima intermedia* perteneciente a la familia Malpighiaceae evaluó el efecto antidepresivo en modelos murinos utilizando una dosis de 300 mg/kg el cual tuvo actividad antidepresiva significativa en la prueba de nado forzado reduciendo el tiempo de inmovilidad con resultados comparables a fármacos estándar, Souza-Moreira, et al., (2011) atribuyen el efecto antidepresivo principalmente a los flavonoides presentes en el extracto debido a su capacidad antioxidante y a su posible interacción con sistemas monoaminérgicos.

Los resultados obtenidos también coinciden con investigaciones realizadas en otras especies de Malpighiaceae. Souza-Moreira et al. (2011) reportaron actividad antidepresiva significativa en extractos de *Byrsonima intermedia*, atribuyendo dicho efecto a flavonoides con capacidad antioxidante y posible interacción sobre sistemas monoaminérgicos. Asimismo, Silva et al. (2011) demostraron que fracciones ricas en flavonoides y ácidos fenólicos de *Byrsonima verbascifolia* disminuyeron

significativamente el tiempo de inmovilidad en modelos de nado forzado y suspensión por la cola. Estos antecedentes respaldan la hipótesis de que los metabolitos fenólicos presentes en *M. mexicana* participan directamente en la actividad antidepresiva observada.

Respecto a la actividad anticonvulsiva, el extracto MmEAE mostró efectos protectores en el modelo de convulsiones inducidas con pentilentetrazol, disminuyendo significativamente la frecuencia de convulsiones tónicas y aumentando la supervivencia de los animales experimentales. Particularmente, la dosis de 50 mg/kg presentó una protección del 100%, lo que sugiere que dosis moderadas podrían generar una respuesta farmacológica más eficiente. El modelo de pentilentetrazol es ampliamente utilizado para evaluar compuestos con posible acción sobre neurotransmisión inhibitoria tipo GABAérgica, por lo que los resultados sugieren que los metabolitos fenólicos presentes en MmEAE podrían modular mecanismos inhibitorios del sistema nervioso central. Nieto Camacho, 2013 mostró que un extracto metanólico de *Heteropterys brachiata* presentó actividad anticonvulsiva en ratones a una dosis de 500 mg/kg, lo que indica que la especie *M. mexicana* tiene un mejor efecto anticonvulsivo a dosis más bajas (50, 200 mg/kg) a pesar de que ya se han identificado efectos depresores en la actividad del sistema nervioso central no había sido evaluado el potencial anticonvulsivo de esta especie.

Por otra parte, la fracción R15 mostró una actividad anticonvulsiva importante al disminuir las crisis tónicas y aumentar la latencia convulsiva. La identificación de kaempferol y ácido cumárico en esta fracción resulta relevante, ya que ambos compuestos han sido reportados previamente con propiedades antioxidantes, neuroprotectoras y moduladoras de neurotransmisores. Particularmente, el kaempferol ha demostrado efectos neuroprotectores relacionados con la disminución del estrés oxidativo y la neuroinflamación, mecanismos estrechamente vinculados con la fisiopatología tanto de la depresión como de la epilepsia.

En conjunto, los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que *Malpighia mexicana* constituye una fuente importante de metabolitos bioactivos con potencial neurofarmacológico. Además, evidencian que la propagación vegetativa mediante esquejes representa una estrategia viable para conservar tanto la especie como su capacidad biosintética de compuestos fenólicos y flavonoides

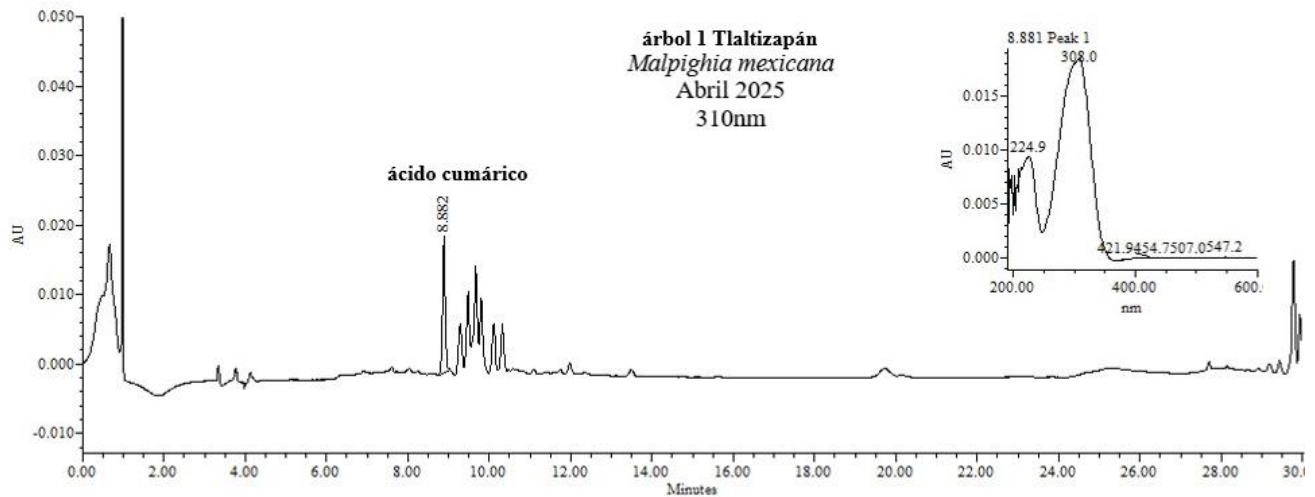
con actividad biológica. Estos hallazgos fortalecen el sustento científico del uso tradicional de *M. mexicana* y abren perspectivas para futuros estudios enfocados en el aislamiento de compuestos activos, elucidación de mecanismos de acción y desarrollo de fitomedicamentos dirigidos al tratamiento de trastornos del sistema nervioso central.

12 CONCLUSIONES

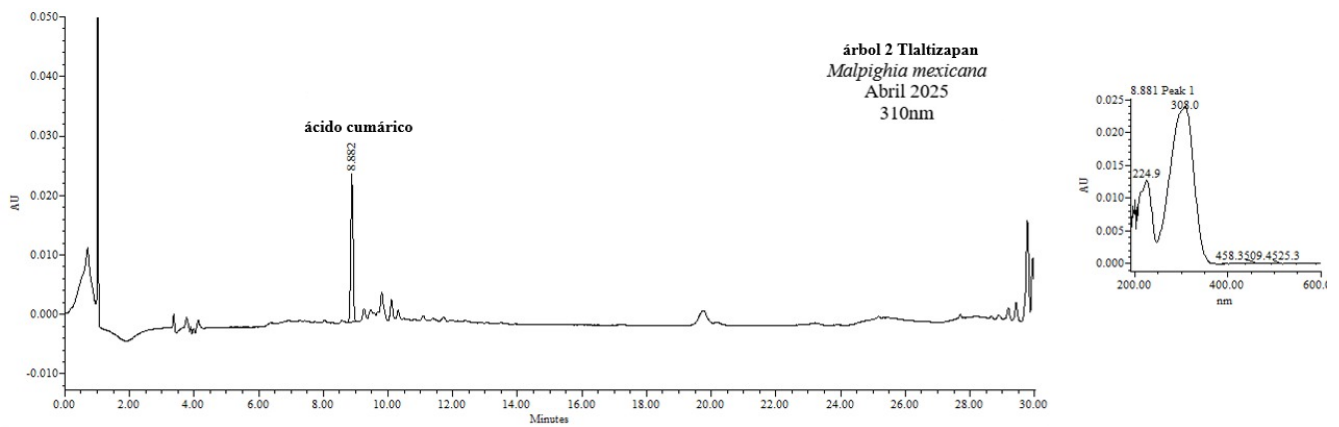
- Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que *Malpighia mexicana* A. Juss. constituye una fuente importante de metabolitos secundarios con potencial neurofarmacológico, particularmente compuestos fenólicos y flavonoides asociados con actividad antidepresiva y anticonvulsiva. Asimismo, esta investigación aporta evidencia científica que respalda el uso tradicional de esta especie en el tratamiento de trastornos relacionados con el sistema nervioso central.
- La propagación vegetativa mediante esquejes resultó una estrategia viable para la conservación y aprovechamiento sustentable de *M. mexicana*, ya que las plantas propagadas conservaron la capacidad de biosintetizar metabolitos fenólicos a lo largo del ciclo anual. Los análisis cromatográficos realizados mediante CCF y HPLC permitieron identificar la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en los extractos obtenidos de las colectas estacionales y del material propagado.
- El análisis fitoquímico reveló la presencia de ácido cumárico, kaempferol y otros compuestos fenólicos tanto en el extracto acetónico como en la fracción R15. El aislamiento e identificación de kaempferol mediante HPLC y RMN representa un hallazgo relevante, debido a que este flavonoide ha sido ampliamente relacionado con propiedades antioxidantes, neuroprotectoras y moduladoras del sistema nervioso central.
- El extracto acetónico obtenido de esquejes propagados vegetativamente (MmEAE) presentó actividad antidepresiva significativa en los modelos de nado forzado y suspensión por la cola, evidenciada por la disminución del tiempo de inmovilidad en ratones CD-1 tratados con dosis de 50 y 200 mg/kg. Dichos efectos fueron comparables a los observados con imipramina, fármaco de referencia empleado como control positivo.
- La ausencia de diferencias significativas en la prueba de campo abierto indicó que la reducción del tiempo de inmovilidad no estuvo asociada con alteraciones en la actividad locomotora, lo que fortalece la interpretación farmacológica de un verdadero efecto tipo antidepresivo y descarta un efecto estimulante inespecífico sobre el sistema motor.

- En el modelo de convulsiones inducidas con pentilentetrazol, el extracto MmEAE mostró actividad anticonvulsiva significativa al disminuir la frecuencia de convulsiones tónicas y aumentar la supervivencia de los animales experimentales. La dosis de 50 mg/kg presentó el mejor efecto protector, alcanzando una supervivencia del 100%, lo que sugiere una alta potencia biológica a dosis moderadas.
- La fracción R15 también presentó actividad neurofarmacológica relevante, ya que redujo significativamente el tiempo de inmovilidad en las pruebas conductuales y disminuyó la incidencia de convulsiones tónicas en el modelo de pentilentetrazol. Estos resultados sugieren que los compuestos fenólicos presentes en dicha fracción participan de manera importante en la actividad biológica observada.
- En conjunto, los hallazgos de esta investigación demuestran que *M. mexicana*, tanto en estado silvestre como propagada mediante esquejes, conserva la capacidad de producir metabolitos secundarios con potencial terapéutico sobre trastornos neuropsiquiátricos y convulsivos. Además, este estudio establece bases científicas para futuras investigaciones dirigidas al aislamiento de compuestos bioactivos, elucidación de mecanismos de acción y desarrollo de fitomedicamentos derivados de esta especie vegetal.

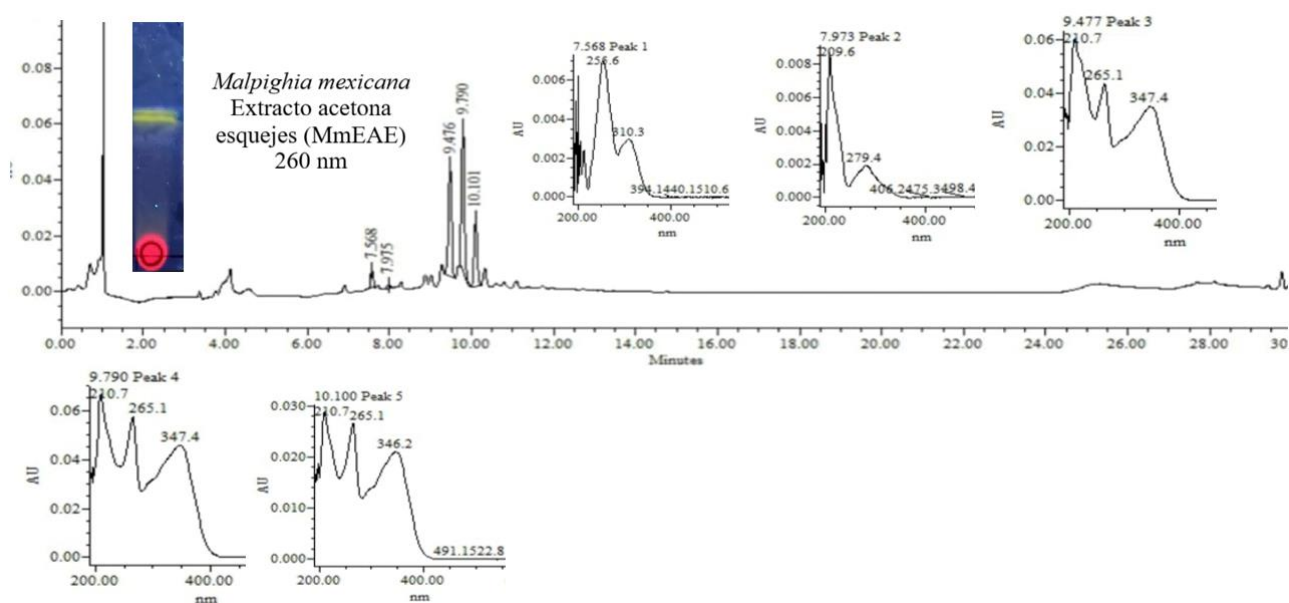
13. ANEXOS



Anexo 1. HPLC árbol 1, Tlaltizapán, abril, contenido de ácido cumárico.



Anexo 2. HPLC árbol 2, Tlaltizapán, abril, contenido de ácido cumárico.



Anexo 3. Cromatograma de HPLC correspondiente al extracto acetónico de *Malpighia mexicana* de esquejes (MmEAE) en una longitud de onda de 260 nm.

14 REFERENCIAS

- Aguilera-Arango Germán Andrés, Jorge Mario Del Toro Aparicio y Javier Orlando Orduz Rodríguez (2020). Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): Fruta promisorio con posibilidades de cultivo en Colombia. Una revisión. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria, 24(2): 722.
- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). American Psychiatric Publishing.
- Avilés, Peraza G. (2016). El género *Malpighia* en la porción mexicana de la Península de Yucatán, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- Avilés-Montes, D., Salinas-Sánchez, D. O., Sotelo-Leyva, C., Zamilpa, A., Batalla-Martinez, F. I., Abarca-Vargas, R., ... & González-Cortazar, M. (2023). Neuropharmacological Activity of the Acetonic Extract of *Malpighia mexicana* A. Juss. and Its Phytochemical Profile. *Scientia Pharmaceutica*, 91(4), 47.
- Bárcenas-López, L. Y. (2019) Anatomía foliar de *Malpighia mexicana* (Malpighiaceae) Acta Botanica mexicana 126: e1404.
- Batalla-Martinez, F. (2023). Evaluación del perfil antimicrobiano y del efecto anticonvulsivante del extracto acetónico de *Malpighia mexicana* A. Juss. Tesis de Licenciatura. Escuela De Estudios Superiores del Jicarero. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos.
- BDMTM. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (2009). Ajuaxocotl. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Disponible en:
- Benazzi, F. (2006) “Various forms of depression”. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 8(2), 151-161.
- Bueno-Quevedo, C. et al. (2017). The protective effect of acerola (*Malpighia emarginata*) against oxidative damage in human dermal fibroblasts through the improvement of antioxidant enzyme activity and mitochondrial functionality. *Food & Chemical Toxicology*, 105, 256–267.

Departamento de salud y servicios humanos de los estados Unidos. (2021). Depresión, Institutos Nacionales de la Salud Publicación de NIH Núm. 21-MH-8079S. disponible en: <https://www.nimh.nih.gov/sites/default/files/health/publications/espanol/depression-sp/depression.pdf> (06/05/2024).

Díaz, D. (2021). Evaluación de la actividad sobre el sistema nervioso de extractos de *Malpighia mexicana* y *Ehretia tinifolia*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos.

Dorado, O. (2005). Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla; (1th ed., p. 5). México, D. F.: Dirección General de Manejo para la Conservación, CONANP.

Gans, S (2020). 6 Types of Psychotherapy for Depression. Very Well Mind.<https://www.verywellmind.com/types-of-psychotherapy-for-depression-1067407>

Guízar Nolasco, E, & Sánchez Vélez, A. (1991). Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas.

Guzmán H., Díaz, R. S., & González, H. M. M. (2017). Plantas medicinales la realidad de una tradición ancestral. INIFAP. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=malpighia-mexicana>. Fecha de consulta: 24 mayo 2024.

Huerta Reyes M, Herrera Ruiz M, González Cortazar M, Zamilpa A, León E, Reyes Chilpa R, Aguilar Rojas A, and Tortoriello J. (2013). Neuropharmacological *in vivo* effects and phytochemical profile of the extract from the aerial parts of *Heteropterys brachiata* (L.) DC. (Malpighiaceae). Journal of Ethnopharmacology. 146(1): 311-317.

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (2022). En México se cuenta con 4 mil 500, lo que origina que el país ocupe el segundo lugar en términos de registro de plantas con uso medicinal.

Jaume Guinot. 2021. ¿Cómo curar la depresión? 10 tratamientos y consejos para tratarla. Mundo psicólogos.

- Jiménez Sierra, Cecilia Leonor; Sosa Ramírez, Joaquín; Cortés-Calva, Patricia; Breceda Solís Cámara, Aurora; Íñiguez Dávalos, Luis Ignacio; Ortega-Rubio, Alfredo, (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas Investigación y Ciencia, vol. 22, núm. 60, pp. 16-22 Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
- Jiménez-Ortega, L. A., Cuevas-Sánchez, B. Y., & Tena-Meza, M. P. (2022). Evaluación fisicoquímica de frutos de *Malpighia mexicana* A. Juss. *RAYCA / Alimentación y Ciencia de los Alimentos*. <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.10>
- Juárez-Delgado, J. C. (1998). La familia Malpighiaceae en el estado de Morelos. Tesis Biólogo Universidad Autónoma del Estado de Morelos 110 pp.
- Klein, D.N.; Shankman, S.A.; Rose, S. (2006). Ten-year prospective follow-up study of the naturalistic course of dysthymic disorder and double depression. *The American Journal of Psychiatry*, 163(5): pp. 872 - 880.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 162750. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
- Kupfer, D. J., Frank, E., & Phillips, M. L. (2012). Major depressive disorder: New clinical, neurobiological, and treatment perspectives. *The Lancet*, 379(9820), 1045–1055.
- Maldonado PMA, García de los Santos Gabino, (2016) Calidad morfológica de frutos y endocarpios del nanche rojo (*Malpighia mexicana*, Malpighiaceae) *acta botánica mexicana* 117: 37-46
- Maldonado-Peralta, María de los Ángeles, Gabino García de los Santos, José Rodolfo García Nava, Adelaido Rafael Rojas (2017). Propagación vegetativa de nanche *Malpighia mexicana* y *Byrsonima crassifolia*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.8 Núm.3 p. 611- 619.
- Martínez-Meyer Enrique, Sosa-Escalante Javier Enrique, Álvarez Fernando, (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S1-S9.
- McArthur, R., & Borsini, F. (2006). Animal models of depression in drug discovery: a historical perspective. *Pharmacology, biochemistry, and behavior*, 84(3), 436–452. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2006.06.005>.

- Mohamed, A. M., El-Shenawy, S. M., & El-Kashoury, E. A. (2021). Antioxidant activity of *Malpighia glabra* L. leaves extract. *Azhar International Journal of Pharmaceutical and Medical Sciences*, 1(2), 88–93. <https://doi.org/10.21608/aijpms.2021.59935.1042>
- Naranjo, E. J. y Dirzo, R. (2009). Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. J. Sarukhán, J. Carabias, P. Koleff y T. Urquiza-Haas (Eds.), *Capital natural de México: estado de conservación y tendencias de cambio*, México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Vol. II. (pp. 247–276).
- National Institute of Mental Health. NIMH, 2015. “La depresión: lo que usted debe saber”. U.S. Department of Health and Human Services.
- Nieto Camacho, A., Baca Ibarra, I. I., & Huerta-Reyes, M. (2013). Neuropharmacological in vivo effects and phytochemical profile of the methanolic extract from the aerial parts of *Heteropterys brachiata* (L.) DC. (Malpighiaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 150(3), 1033–1041. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.014>
- Oliveira Miranda M. A., Velázquez D., Bermúdez A. (2005), La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Revista de ciencia y tecnología de América*, ISSN 0378-1844, Vol. 30, N°. 8, págs. 453-459.
- OMS, (2020). Epilepsia. Disponible en: <https://www.who.int/topics/epilepsy/es/>
- OMS, (2023). Depresión. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression> (20/04/2024).
- OMS, (2024). Epilepsy. disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy> (16/04/2024)
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Reséndiz-Aparicio, J. C., Pérez-García, J. C., Olivas-Peña, E., García-Cuevas, E., Roque-Villavicencio, Y. L., Hernández-Hernández, M., Castro-Macías, J. I., & Rayo-Mares, J. D.

(2023). Guía clínica. Definición y clasificación de la epilepsia. Revista Mexicana de Neurociencia, 20(2). <https://doi.org/10.24875/rmn.m19000052>

Secretaría de Salud, 2015. En México 2 millones de personas padecen epilepsia. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/prensa/en-mexico-2-millones-de-personas-padecen-epilepsia> (07/03/2024).

Silva, M. I. G., Moura, B. A., Neto, M. R. L., Macêdo, D. S., Fonteles, M. M. F., Barbosa-Filho, J. M., & Carvalho, A. M. R. (2011). Antidepressant-like activity of the extract and fractions from *Byrsonima verbascifolia* (Malpighiaceae) leaves in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 137(1), 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.05.008>

SMARN, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2021). La botica más surtida del país, enriquecida con la sabiduría de pueblos y comunidades indígenas. Plantas medicinales de México.

Steru, L., Chermat, R., Thierry, B., & Simon, P. (1985). *The tail suspension test: A new method for screening antidepressants in mice*. *Psychopharmacology*, 85(3), 367–370. <https://doi.org/10.1007/BF00428203>

Souza-Moreira, T. M., Salvador, M. J., Pietro, R. C. L. R., & Dias, D. A. (2011). Antidepressant-like effect of the ethanolic extract of *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae) in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 138(2), 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.048>

Tortoriello J, y Lozoya, X. (1992). Effect of *Galphimia glauca* Methanolic Extract on Neuropharmacological Tests. *Planta Med*, 58(03), 234-236. doi: 10.1055/s-2006-961442.

Tran N, Pham B, Le L. Bioactive Compounds in Anti-Diabetic Plants: From Herbal Medicine to Modern Drug Discovery. *Biology* (Basel). (2020) Aug 28;9(9):252. doi: 10.3390/biology9090252. PMID: 32872226; PMCID: PMC75634.

Villanueva-Amador, G. S., Sánchez-Vargas, L. O., Gaitán-Cepeda, L. A., y Huerta-Reyes, M. (2020). Antibacterial, Antifungal and Antiviral Properties of Malpighiaceae Family and Its Potential Impact for Oral Cavity Infectious Diseases.

World Health Organization. (2021). Depression. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression>

Zhang, Z, (2004). Therapeutic effects of herbal extracts and constituents in animal models of psychiatric disorders. *Life Sciences* 75, 1659–1699



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 01 de junio de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **EVALUACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y SU POTENCIAL ANTIDEPRESIVO Y ANTICONVULSIVO DE *Malpighia mexicana* A. JUSS SILVESTRE Y PROPAGADA POR MEDIO DE ESQUEJES**; que presenta el estudiante **BIOL. FRANCELI ITZEL BATALLA MARTÍNEZ**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

DR. DAVID OSVALDO SALINAS SÁNCHEZ
PROFESOR-INVESTIGADOR DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

DAVID OSVALDO SALINAS SANCHEZ | Fecha:2026-06-09 08:09:55 | FIRMANTE

SmlUOYaxo/vVb2fU1HMK11/vcmIqemSbPeMC8Pnf7/tb4wjf/QW+NfEuBghJbyyXIKIFvwUA1sukLMlkPl6PQinWiCAAe2+wtz5R9WzWk6kckjuWvoi4v2CuFGwogv+oYActkxzE+MgP01EXSfcpQUqMwlg7Xe2RGooHNCenod1KzE3oldyORDn1MtQyzfe+gDnTouj2HcOmrOo+jKUI0OwSe5TCCTvJg2Zpj03KrX0AeWKgugEasE4g4WYWPNXAD/wjZLGS/8ePHZfwnVY6YG8aZt+3BC98WdJTU/zohjhJAoWEO0rtQeYbIIYLTslrscS9R8JtHkjMNYJS2+A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



oxBH2RIXg

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/kGhyP0sQMw3AGTvgKEckfFFMGwZwWoQV>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 01 de junio de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **EVALUACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y SU POTENCIAL ANTIDEPRESIVO Y ANTICONVULSIVO DE *Malpighia mexicana* A. JUSS SILVESTRE Y PROPAGADA POR MEDIO DE ESQUEJES**; que presenta el estudiante **BIOL. FRANCELI ITZEL BATALLA MARTÍNEZ**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
“Por una humanidad culta”

(Firma electrónica)

DR. MANASES GONZÁLEZ CORTÁZAR
PROFESOR-INVESTIGADOR
CENTRO DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA DEL SUR (CIBIS)-IMSS.



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MANASÉS GONZÁLEZ CORTÁZAR | Fecha:2026-06-08 12:57:07 | FIRMANTE

eHhbtMvoaNpJb5c64u9Fr7dmQgei4Sar1yjRoF4TMRUvMN1r858S+Qpwn2hS/t5gCeib87PZMEiZWtyFEa83tVn7MzGCfyTGtOC9gC4rizuAltcodfhiF73TKozUplKh1/gTuCWEBup
kqLuncrVmqrw/9E6NR9BOECHJiJ8l+GZjt7Hox+et7QyqGE6kBHGxXLSTlzp4BKsB+J9PrakKEYIU8q+FbkyNKn43MKyIQKAJIMt81qzGTJWCli6d1KYxZnX2ly3r3TDT+fBFtEuBH6
qquBhpKV5gLQ8pwKo58cjl7n4IJ+BFPaitF333XuircybzCDvIGLI3MBllqGvgaw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



2i1Ntye9Z

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/411ThwBIBuwT8n9w0F4i9uBsEdwAx4A8>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 01 de junio de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **EVALUACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y SU POTENCIAL ANTIDEPRESIVO Y ANTICONVULSIVO DE *Malpighia mexicana* A. JUSS SILVESTRE Y PROPAGADA POR MEDIO DE ESQUEJES**; que presenta el estudiante **BIOL. FRANCELI ITZEL BATALLA MARTÍNEZ**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ
PROFESORA-INVESTIGADORA DEL
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MAURA TELLEZ TELLEZ | Fecha:2026-06-09 09:53:02 | FIRMANTE

STmfPBzlvkt0dpAKINc2eVa5hPHVXmUcKCDtR5IKidqWBvZKIf8XzFTMdGWvofbyfwLuYp3FM5apNfAhne3Qbr+B8Phfo8knFQM3vl0tiG2iDiA4LTKRw2Fado25mt0tpbkpgv9u+D
RjnZPISUWDOV99PxlSGcjZ6uXCNPmvpmyv/YfH+frEVJD2yIJqiQkd5Tp2vLmT4szZMXEUW7BeMIUCOo+BkREcissn6XkhodE3egLWyuT7YCadmhrrlB1Ks/0BQc5RV2Jqf9a
EcCrAX/Wfnt2copyloF8BEA1pzHWTw7lyks2mwje/GY2N7/lxyZ8YQRQvvEs1XsB3fzw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



7BFp4eUgA

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/FEpYYQIEpdxBYAex75xturRYOEKbX6da>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 01 de junio de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **EVALUACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y SU POTENCIAL ANTIDEPRESIVO Y ANTICONVULSIVO DE *Malpighia mexicana* A. JUSS SILVESTRE Y PROPAGADA POR MEDIO DE ESQUEJES**; que presenta la estudiante **BIOL. FRANCELITZ BATALLA MARTÍNEZ**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; al encontrar satisfactorio dicho documento emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

DRA. MARÍA GUADALUPE VALLADARES CISNEROS
PROFESORA-INVESTIGADORA DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARIA GUADALUPE VALLADARES CISNEROS | Fecha:2026-06-08 12:35:26 | FIRMANTE

MrruaKsomRxLWSGRLh15jj/jZvgH1Eg21TrLKgcuf/s6ZDbt0XfqYqLdx3Cp6YW0DPwpYuzPnjrJudHAIXzop/FnUP8w0RaS8hLsa6Eg31Jmbk8jetGxgwgV1D0CVx5TCFB6VyNNtQ
U5TZ8kc7bPESyN/s+zITTL5o7p8g/GWvgTL9LsTz7xTMiiA+zEZT9qtwjp+bLeUGEA/sRHQWcl6u9aBT23Sju8gxpFmbcMaGz8sbmxLtY2l89D+JnOfG26JkxGJYskBV/SOqPXULL
OyV2eHlkAln+nT0AO5+ldmKPaC3p5CxZV+ps1SrV1yMj6ogM5TMya0RdBU2J2m+azJw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



Ey3RtXW0l

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/WTCpEKm2YpsowOgKvHOkdmfTYR8Zyy3L>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS
UAEM

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
POSGRADO

Maestría en Manejo de Recursos Naturales

Cuernavaca, Mor., a 01 de junio de 2026

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **EVALUACIÓN DEL PERFIL FITOQUÍMICO Y SU POTENCIAL ANTIDEPRESIVO Y ANTICONVULSIVO DE *Malpighia mexicana* A. JUSS SILVESTRE Y PROPAGADA POR MEDIO DE ESQUEJES**; que presenta el estudiante **BIOL. FRANCELI ITZEL BATALLA MARTÍNEZ**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente
"Por una humanidad culta"

(Firma electrónica)

DRA. ADRIANA VALLADARES MÉNDEZ
PROFESORA-INVESTIGADORA DE LA UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 3511 / coord.posgradocib@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

ADRIANA VALLADARES MENDEZ | Fecha:2026-06-08 12:24:07 | FIRMANTE

rfSWIYIJF52kaZJH+B6GXBazNu/JqUjkFMNjuB8nDj1ldcd+ZBTuK4BYT4hSeef1JgNEe4e5Rx47w8Q7HvTcgUIDE98Q4/j3yDeM0/vLeQ1O+s+P1DHj5yGhc8XjvphW90ztfjDyCQyp
FkYNFpdvbxH5mBSoklc8TCDoYH9ZvWTH8pPnYOb5v/12EBzsD+71I1hryVhedTjlr/VtDeQ+jeJ5diJRbcC4SFs8QuylAR1N31FdPkGs+63OEtNN3ueqrsBL3CDleLWawQ/9d+wX
55qLKD+jF4XsMjaM0V1Q7cF6DtIKu6gfgyjQbjPUNBNRD7cEDq363ski6w2UUXeEg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[cdPCisjam](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/O6ipS7hJC8atQ2aLvJCJnl5uMnBoE49h>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029