






# Variación de metabolitos especializados en hojas de *Moringa oleifera* Lam. por efecto del estrés hídrico

Nilda G. Guzmán Robles<sup>1</sup>; Cecilia B. Peña-Valdivia<sup>1\*</sup>; Antonio García-Esteva<sup>1</sup>  
Gisela Aguilar Benitez<sup>2</sup>; Marcos Soto Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, 56264. México.

<sup>2</sup> Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair 200, Colonia del Llano, 78377. San Luis Potosí, México.

\* Autor para correspondencia: cecilia@colpos.mx

LGAC-CP: Cambio Climático, Estrés en Plantas y Mitigación

## Problema

El metabolismo es descrito como el conjunto de reacciones bioquímicas en las células vivas que conduce a la síntesis de sustancias complejas a partir de otras más simples, o degradación de las complejas a las simples. En las plantas, como en otros organismos, se identifican el metabolismo primario y el especializado (también denominado secundario). En el segundo caso se sintetizan compuestos como alcaloides, ácidos fenólicos, esteroides, flavonoides, glucosinolatos, saponinas, taninos y terpenos, que pueden diferir entre grupos taxonómicos y muestran propiedades biológicas y funciones ecológicas especiales. Los metabolitos especializados también se conocen como productos naturales por sus usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas, herbicidas, colorantes, nutraceuticos, entre otros usos.

Los metabolitos especializados se caracterizan por su concentración baja comparada con la de aquellos clasificados como primarios; sin embargo, actualmente se tiene registro de más de 50,000 metabolitos especializados en las plantas. Por lo que, frecuentemente, para saber si algunos de ellos están en los tejidos de los vegetales, se analizan e identifican los grupos de esos compuestos con técnicas colorimétricas principalmente. Esto se facilita debido a que cada metabolito especializado en su molécula tiene una característica química específica según su biosíntesis. Los grandes grupos de compuestos son: alcaloides, ácidos fenólicos, flavonoides, taninos o terpenos (Ramos y Portal, 2017).

Experimentalmente se ha comprobado que las plantas reaccionan hacia herbívoros, microorganismos, nematodos, ácaros y hongos, los que generan estrés biótico, y a factores del ambiente en su entorno, incluidos déficit de humedad, sequías, salinidad, radiación

**Cómo citar:** Guzmán-Robles, N.G., Peña-Valdivia, C.B., García-Esteva, A., Aguilar-Benitez, G., Soto-Hernández, M., (2024). Variación de metabolitos especializados en hojas de *Moringa oleifera* Lam. por efecto del estrés hídrico. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.428>

**Editores académicos:** Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Diciembre 2024.

*Agro-Divulgación*, 4(6). Noviembre-Diciembre. 2024. pp: 61-69.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



ultravioleta, temperaturas extremas (calor, frío, heladas), inundaciones, concentraciones extremas de CO<sub>2</sub> y otros, los que generan estrés abiótico. Independientemente del tipo de estrés, esos factores afectan negativamente el crecimiento, desarrollo o productividad de las plantas. En contraste, en dependencia de la especie vegetal, etapa de desarrollo y tipo, tiempo e intensidad de estrés las plantas incrementan la concentración y tipo de metabolitos especializados, las plantas producen una gama específica de ellos e incrementan su concentración con el estrés, lo que puede incidir en su supervivencia (Reshi *et al.*, 2023).

La presencia o ausencia de esos grupos de metabolitos se confirma en extractos, acuosos o con disolventes orgánicos, de los tejidos de las plantas y su solubilidad es afectada por la polaridad de los disolventes. La extracción adecuada asegura los mejores resultados. Factores como el tipo de disolvente y relación sólido/líquido, el tiempo de contacto o de extracción, temperatura de extracción, y tamaño de las partículas, pueden afectar el rendimiento y la bioactividad de los compuestos extraídos. Entre los disolventes utilizados con mayor frecuencia están etanol, metanol, cloroformo, acetato de etilo, diclorometano, agua, la mezcla agua-metanol, agua-etanol, etanol-ácido acético y combinaciones de cloroformo, diclorometano, agua y metanol. Generalmente los disolventes tienen temperatura de ebullición alrededor de 50-65 °C, por lo que extraen los compuestos con temperatura de ebullición sin dañar los metabolitos; además, muchos de estos son solubles en esos disolventes orgánicos (Ramos y Portal, 2017).

Entre los métodos para el análisis de esos extractos están el análisis preliminar de metabolitos especializados (o fitoquímicos). Este incluye un conjunto de pruebas que indica la ausencia o presencia de los principales grupos de metabolitos en el extracto vegetal, como la que utiliza los reactivos de Dragendorff y Mayer para alcaloides, los de la prueba de Shinoda para flavonoides, los de Liebermann-Burchard y Salkowski para esteroides y terpenos, la prueba con FeCl<sub>3</sub> para taninos y para de saponinas conocida como prueba de agitación (Kumari *et al.*, 2024).

Todas las estructuras de la planta de *M. oleifera* Lam. (moringa) han sido utilizadas en medicina tradicional desde tiempos ancestrales por su riqueza de metabolitos especializados (Abd-Rani *et al.*, 2018). Sin embargo, se desconocen las similitudes y diferencias en los productos del metabolismo especializado de las plantas de *M. oleifera* cuando crecen con riego y con estrés por falta de riego y respecto a las que crecen en su ambiente original. En este estudio fue evaluada la presencia de los principales grupos de metabolitos especializados en hojas de plantas cultivadas en invernadero con y sin restricción de humedad y comparada con la de hojas de plantas *in situ*.

### Solución planteada

Frutos y hojas de moringa (*M. oleifera*), bien desarrolladas y sin daños visibles, fueron cosechadas aleatoriamente de cuatro árboles en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (16° 45' 0" N, 93° 7' 0" O y 534 m de altitud) México. Las claves asignadas aleatoriamente a las muestras fueron A1 a A4.

Después de la cosecha, las semillas fueron sembradas en macetas plásticas con 1.5 kg de tierra de monte; a partir de la emergencia de las plántulas, las plantas permanecieron en un invernadero durante dos meses, con dos riegos semanales a capacidad de campo.

La muestra A4 fue descartada ya que la emergencia fue cercana a cero. Las plantas de las muestras A1 a A3 fueron separadas en dos grupos; riego continuo y sin riego durante 12 días. En ese momento las plantas tenían en promedio 11 hojas y 24 cm de altura. Hojas completamente desarrolladas de cada unidad experimental fueron cosechadas para los análisis.

La humedad del suelo antes de la siembra fue determinada a capacidad de campo y en punto de marchitez permanente. Durante el crecimiento de las plantas, la pérdida de humedad del suelo se calculó mediante el registro del peso de las macetas cada tercer día. La humedad fue determinada gravimétricamente después de deshidratar la muestra de suelo durante 48 horas a 105 °C y el potencial de agua ( $\Psi_A$ ) del suelo fue determinado en muestras del centro de las macetas con un medidor de punto de rocío (Dewpoint Potential Meter, WP4C, EE.UU.). En las plantas, la conductancia estomática foliar fue evaluada, durante el periodo de suspensión de riego, con un porómetro (Decagon Devices<sup>®</sup>) y el  $\Psi_A$  de xilema se determinó con una cámara de presión tipo Scholander (Soil moisture, Corp. Santa Bárbara, CA, USA).

Inmediatamente después de la cosecha, *in situ* e invernadero, las hojas fueron deshidratadas hasta peso constante en estufa con flujo continuo de aire ( $40 \pm 3$  °C) y trituradas en una licuadora doméstica. Las muestras permanecieron en sobres de papel para su análisis. El análisis preliminar de metabolitos especializados inició con su extracción en las hojas trituradas con cuatro disolventes: acetato de etilo, etanol (96 °GL), metanol al 80% en agua (v/v) y agua destilada. Las extracciones se hicieron a partir de 500 mg de la harina foliar, con 5 mL de disolvente, en tubos de polipropileno. En el caso del acetato de etilo y etanol las muestras con el disolvente se mantuvieron con agitación constante durante 21 d y lavadas cada tercer día. Los extractos, en frascos de vidrio, se evaporaron a  $25 \pm 2$  °C. El extracto sin el disolvente se mantuvo en refrigeración para los análisis posteriores. Las muestras con metanol y agua se mantuvieron en un baño maría, con ultrasonido (AutoScience AS1550B) por 30 min en intervalos de 10 min y 5 min de reposo. Las muestras fueron centrifugadas a 3000 g durante 10 min y filtradas. La presencia y abundancia relativa de cinco grupos de metabolitos especializados fueron determinados de acuerdo con lo descrito en el Cuadro 1. La presencia de los metabolitos especializados se calificó cualitativamente con un sistema no paramétrico, con escala de cruces y guiones como sigue: +++: presencia cuantiosa, ++: presencia notable, +: presencia leve y -: ausencia.

El estudio fue desarrollado con un diseño experimental de bloques al azar generalizado de las plantas en cultivo en invernadero, en él cada bloque incluyó el origen de las semillas (A1, A2 y A3) y la condición de riego. La unidad experimental fue una planta por maceta. Tres repeticiones se emplearon para los muestreos de cada tercer día para el contenido de humedad del suelo, el  $\Psi_A$  y la conductancia estomática y cuatro repeticiones para el análisis de metabolitos especializados. El análisis estadístico de la presencia de metabolitos entre las muestras cosechadas *in situ* e invernadero se determinó con la prueba no paramétrica de Mann Whitney, con escala ordinal y comparaciones entre los grupos, por pares.

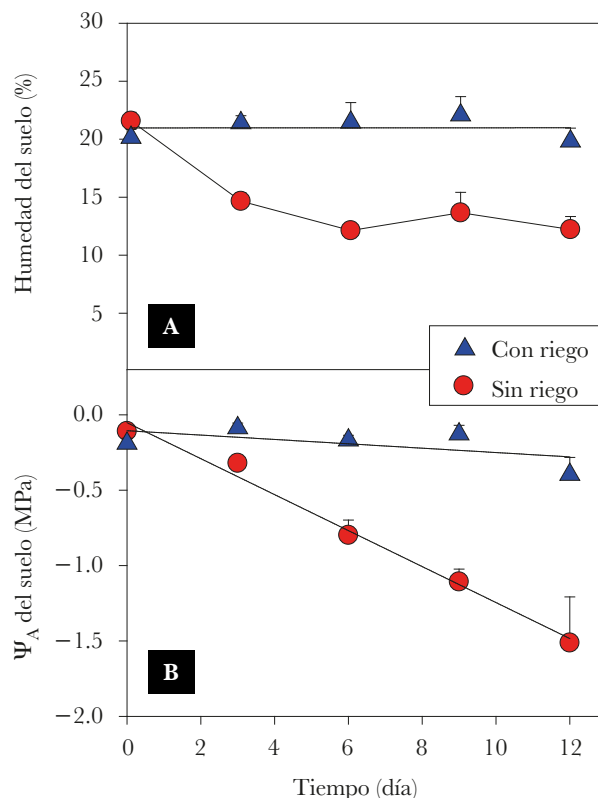
La humedad del suelo con riego fue 21% y su  $\Psi_A$  se mantuvo entre  $-0.25$  y  $-0.44$  MPa durante los 12 d de las evaluaciones ( $P > 0.05$ ). En contraste, sin riego en los primeros 6 d y después de 12 d la humedad disminuyó de 21.6 a 14.7 % y hasta 13% respectivamente;

**Cuadro 1.** Resumen de los métodos utilizados para el análisis de la presencia de metabolitos especializados en hojas de *Moringa oleifera* Lam.

Grupo de compuestos	Soluciones y secuencia	Control positivo	Identificación por coloración u otra característica
Alcaloides	0.5 mL de extracto + cinco gotas de ácido clorhídrico al 10 % (baño maría 5 min y enfriar) + cinco gotas de reactivo de Dragendorff <sup>‡</sup>	Extracto de <i>Lupinus exaltatus</i>	Anaranjada brillante o precipitado
Fenoles	5 mL de extracto + 5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu <sup>‡</sup> al 10 % + 5 mL de NaCO <sub>2</sub> al 5%	Acido Gálico	Azul intensa
Flavonoides	1 mL de extracto + trozo pequeño de cinta de Mg + cinco gotas de HCl concentrado	Quercetina	Efervescencia y rosa o rosado-salmón
Saponinas	0.5 mL de extracto + 1 mL de H <sub>2</sub> O destilada + agitación por 1 min	Zacate Chi-chi	Espuma persistente
Taninos	0.5 mL de extracto + cinco gotas de cloruro férrico al 3 %	Acido tánico	Azul oscuro
Terpenos	1 mL de extracto seco por evaporación y resuspendido en cloroformo + tres gotas de anhídrido acético + tres gotas de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado	Ácido masticadienoico	Morado o castaño oscuro

<sup>‡</sup> Reactivo de Dragendorff: 1.27g de yodo (resublimado) + 2 gotas de yoduro de potasio aforado a 100 mL con agua destilada. Reactivo de Folin-Ciocalteu: solución comercial de fosfomolibdato y fosfotungstato.

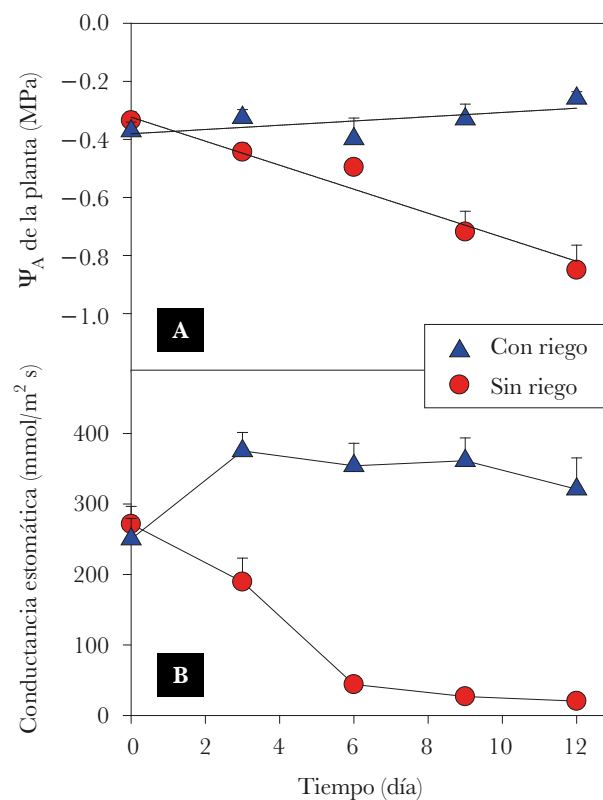
además el  $\Psi_A$  en esta condición cayó linealmente ( $P \leq 0.05$ ) de  $-0.40$  MPa  $-1.51$  (Figura 1 A-B). En el caso de las plantas con riego, el  $\Psi_A$  foliar se mantuvo ( $P > 0.05$ ) alrededor de  $-0.34$  MPa; al contrario, la falta de riego durante 12 d disminuyó el  $\Psi_A$  foliar ( $P \leq 0.05$ )



**Figura 1.** Humedad y potencial de agua ( $\Psi_A$ ) (+e. e.) del suelo durante el crecimiento de plantas de *Moringa oleifera* Lam., en invernadero, con y sin riego durante 12 d (n=12).

linealmente desde  $-0.33$  hasta  $-0.72$  MPa. De manera similar, la conductancia estomática (gs) en la condición con riego se mantuvo en promedio en  $-0.34$   $\text{mmol/m}^{-2} \text{s}^{-1}$  durante el estudio. Como se esperaba, la suspensión del riego afectó negativamente la conductancia estomática desde los primeros tres días, ya que cayó 94 % respecto al valor inicial y después de los 12 d sin riego esta variable fue cercana a cero (Figura 2 A-B). La gs determina el nivel de apertura de los estomas y la pérdida de vapor de agua e ingreso de  $\text{CO}_2$  y por ende regula la transpiración. La gs decae con el cierre de los estomas, como en el caso del estrés por falta de riego.

El estrés por déficit de agua es la condición en la que una planta pierde agua sobre el nivel de tolerancia y la absorción de agua por sus raíces no compensan la pérdida. Entre las numerosas alteraciones en esta condición está el cierre de los estomas, que disminuye la pérdida hídrica y la tasa fotosintética; si el estrés persiste, ocurren alteraciones en el metabolismo. El umbral para resistir el estrés por déficit de humedad entre especies es variable. Por lo anterior, la condición hídrica del suelo, documentada mediante el cambio de su humedad y  $\Psi_A$  y la de las plantas, evaluada con los cambios en el  $\Psi_A$  y la conductancia estomática de la planta fueron relevantes en el presente estudio. Los resultados confirmaron que las plantas sin riego permanecieron en estrés por déficit de humedad, desde los primeros días. La estabilidad de estas variables en el suelo y en las plantas con riego y el efecto negativo por la ausencia del riego indicaron que esta



**Figura 2.** Potencial de agua ( $\Psi_A$ ) y conductancia estomática (+e. e.) de plantas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas en invernadero, con y sin riego durante 12 d (n=3).

generó estrés en las plantas. Por lo que, en este estudio los cambios en el metabolismo especializado se deben al estrés por déficit de humedad. La tolerancia relativa al déficit de humedad de estas plantas se comprobó al observar que su crecimiento continuó después de reestablecer el riego.

Los extractos de acetato de etilo revelaron presencia leve de terpenos en las tres recolectas *in situ* (A1-A3), sin diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre ellas. Otra similitud fue que en ninguna de las tres fueron detectados alcaloides, fenoles, flavonoides, saponinas o taninos. Las plantas cultivadas en invernadero, con las semillas A1, A2 y A3 mostraron las siguientes diferencias en los extractos de acetato de etilo cuando se cultivaron con y sin riego: únicamente con riego las plantas de A1 y A2 mostraron presencia leve de alcaloides y terpenos; en contraste, las plantas sin riego mostraron presencia notable (A1) o leve de terpenos (A2 y A3) (Cuadro 2).

El extracto con agua de A3 *in situ* mostró las mayores diferencias respecto a A1 y A2, ya que fue la única con presencia notable de alcaloides y flavonoides y presencia leve de los otros cuatro grupos. Al contrario, en A2 se observó sólo presencia leve de alcaloides, fenoles, saponinas y taninos y ausencia de flavonoides y terpenos. Además, A1 mostró ausencia de flavonoides y saponinas y únicamente presencia leve de los otros grupos. Con riego, en el extracto con agua A2 mostró más diferencias comparada con A1 y A3, ya que los seis grupos de metabolitos estuvieron presentes. En el extracto con agua de A3 con riego no se observaron flavonoides y terpenos y los otros grupos mostraron presencia leve; en contraste, en A1 únicamente estuvieron ausentes flavonoides. Sin riego, el extracto con agua mostró pocas diferencias respecto al riego (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Presencia o ausencia de metabolitos especializados, en extractos con acetato de etilo, de hojas de *Moringa oleifera* Lam. recolectadas en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y de plantas cultivadas en invernadero en Montecillo, Estado de México.

Tratamiento y repetición	Alcaloides	Fenoles	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Terpenos
<b>Árboles <i>in situ</i></b>						
A1	–	–	–	–	–	+
A2	–	–	–	–	–	+
A3	–	–	–	–	–	+
<b>Plantas con riego en invernadero</b>						
A1	+	–	–	–	–	+
A2	+	–	–	–	–	+
A3	–	–	–	–	–	–
<b>Plantas sin riego en invernadero</b>						
A1	–	–	–	–	–	++
A2	–	–	–	–	–	+
A3	–	–	–	–	–	+

A1, A2 y A3: hojas de plantas muestreadas *in situ* para el análisis y de semillas para cultivar plantas en invernadero con riego o sin riego por 12 d. +++: presencia cuantiosa, ++: presencia notable, +: presencia leve y –: ausencia.

**Cuadro 3.** Presencia o ausencia de metabolitos especializados, en extractos con acetato de etilo, de hojas de *Moringa oleifera* Lam. recolectadas en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y de plantas cultivadas en invernadero en Montecillo, Estado de México.

Tratamiento y repetición	Alcaloides	Fenoles	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Terpenos
<b>Árboles <i>in situ</i></b>						
A1	+	+	-	-	+	+
A2	+	+	-	+	+	-
A3	++	+	++	+	+	+
<b>Plantas con riego en invernadero</b>						
A1	++	+	-	+	+	+
A2	+	+	+	+	+	+
A3	++	++	-	+	+	-
<b>Plantas sin riego en invernadero</b>						
A1	++	+	-	+	-	++
A2	+	+	+	+	-	+
A3	+	+	-	+	+	++

A1, A2 y A3: hojas de plantas muestreadas *in situ* para el análisis y de semillas para cultivar plantas en invernadero con riego o sin riego por 12 d. +++: presencia cuantiosa, ++: presencia notable, +: presencia leve y -: ausencia.

Los extractos etanólicos de las tres muestras cosechadas *in situ* mostraron presencia notable de fenoles y leve de taninos; además, en ninguna de las tres se observaron alcaloides. La presencia leve de flavonoides y saponinas y ausencia de terpenos fue únicamente en la muestra A1 (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Presencia o ausencia de metabolitos especializados, en extractos etanólicos ((v:v)), de hojas de *Moringa oleifera* Lam. recolectadas en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y de plantas cultivadas en invernadero en Montecillo, Estado de México.

Tratamiento y repetición	Alcaloides	Fenoles	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Terpenos
<b>Árboles <i>in situ</i></b>						
A1	-	++	+	+	+	-
A2	-	++	-	-	+	+
A3	-	++	-	-	+	+
<b>Plantas con riego en invernadero</b>						
A1	+	++	+	+	-	+
A2	+	+	+	+	+	-
A3	+	+	+	+	+	+
<b>Plantas sin riego en invernadero</b>						
A1	-	+	-	-	-	+++
A2	-	+	-	-	-	+++
A3	-	+	-	-	-	++

A1, A2 y A3: hojas de plantas muestreadas *in situ* para el análisis y de semillas para cultivar plantas en invernadero con riego o sin riego por 12 d. +++: presencia cuantiosa, ++: presencia notable, +: presencia leve y -: ausencia.

Los extractos etanólicos de las plantas con riego mostraron diferencias significativas respecto su ausencia. Aquellas mostraron presencia leve o notable de alcaloides, flavonoides, saponinas y taninos con ausencia de todos ellos en las plantas sin riego. También sobresalió la presencia cuantiosa de terpenos y la ausencia de alcaloides, flavonoides, saponinas y taninos por efecto del estrés por falta de riego en comparación con el riego. Los extractos con etanol evidenciaron las mayores diferencias entre las muestras cosechadas *in situ* y las cultivadas con y sin riego. En los tres grupos se observó presencia de fenoles y terpenos, en las muestras *in situ* los fenoles fueron más abundantes (presencia notable) y los terpenos en las plantas sin riego los más abundantes (presencia cuantiosa) (Cuadro 4). Los extractos metanólicos de las muestras *in situ* mostraron presencia notable de los metabolitos especializados en una, dos o las tres muestras. Los extractos con el mismo disolvente de las plantas con riego y sin riego mostraron diferencias entre estas dos condiciones y con las plantas *in situ* (Cuadro 5).

Los extractos metanólicos de las plantas con riego y sin riego evidenciaron la ausencia de alcaloides y saponinas; además, los terpenos incrementaron su presencia a cuantiosa con el cultivo independientemente del riego. La ausencia de flavonoides y taninos fue evidente únicamente en las plantas sin riego (Cuadro 5). La presencia o ausencia y el rendimiento cualitativo y cuantitativo de los metabolitos en los tejidos depende, entre otros factores, de la naturaleza química del metabolito y de la polaridad del disolvente; por lo que, es frecuente contrastar los resultados de varios extractos. En el presente estudio se determinaron diferencias en la presencia y abundancia relativa de metabolitos especializados entre las plantas de *M. oleifera in situ* las que se cultivaron en ambiente, parcialmente controlado, de invernadero con énfasis en el efecto del estrés por déficit de humedad mediante

**Cuadro 5.** Presencia o ausencia de metabolitos especializados, en extractos metanólicos (80 % en agua) (v:v), de hojas de *Moringa oleifera* Lam., recolectadas de árboles *in situ* en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y de plantas cultivadas en invernadero en Montecillo, Estado de México.

Tratamiento y repetición	Alcaloides	Fenoles	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Terpenos
<b>Árboles <i>in situ</i></b>						
A1	++	+	+	++	+	+
A2	++	++	++	+	+	++
A3	++	++	+	+	+	+
<b>Plantas con riego en invernadero</b>						
A1	-	+	+	-	+	+++
A2	-	+	-	-	+	+++
A3	-	+	+	-	+	+++
<b>Plantas sin riego en invernadero</b>						
A1	-	+	-	-	-	+++
A2	-	+	-	-	-	+++
A3	-	+	-	-	-	++

A1, A2 y A3: hojas de plantas muestreadas *in situ* para el análisis y de semillas para cultivar plantas en invernadero con riego o sin riego por 12 d. +++: presencia cuantiosa, ++: presencia notable, +: presencia leve y -: ausencia.

la comparación de extractos con disolventes (acetato de etilo, agua, etanol al 80% y metanol al 80%) con polaridades diversas.

Los resultados indicaron que la identificación y cuantificación de los componentes de cada grupo de metabolitos debe incluir extractos similares a los anteriores y complementarlos con los de otros disolventes. Los extractos con metanol y etanol en menor proporción mostraron pobreza relativa de metabolitos en las plantas cultivadas, por lo que, ambos alcoholes pueden usarse como disolventes selectivos en los estudios preliminares y deberían complementarse con los extractos que extraen más metabolitos y con concentración relativa mayor. En este estudio se observó que los metabolitos especializados incrementaron en las plantas cultivadas en invernadero comparadas con las desarrolladas *in situ*. Además, se confirmó que la composición de los grupos de metabolitos analizados fue parcialmente diferente entre los tratamientos o que los métodos y disolventes utilizados extrajeron selectivamente parte de los componentes de cada grupo; por lo que, los análisis futuros podrían incluir extracciones exhaustivas con disolventes en secuencia o modificación de los métodos de extracción.

La presencia y abundancia relativa de grupos de metabolitos especializados, incluidos los alcaloides, los fenoles, los flavonoides, las saponinas, los taninos y los terpenos, en hojas de *M. oleifera* depende del origen de las muestras. Esto incluye a las plantas cultivadas en invernadero y las que crecen *in situ*, las semillas utilizadas para la obtención de las plantas y de la condición hídrica durante su crecimiento. Las diferencias de presencia y ausencia de los grupos de compuestos analizados también dependen de la polaridad de los disolventes utilizado en la extracción de dichos metabolitos secundarios. Las evaluaciones mostraron gran variación intraespecífica de grupos de metabolitos especializados en *M. oleifera*, la que además es significativamente modificada por el ambiente.

### Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Innovación sostenible	Desarrollo de estrategias para el cultivo de <i>M. oleifera</i> bajo diferentes condiciones de estrés y su efecto en el contenido de metabolitos especializados en hojas.	Productores. Comunidades Agrarias.	Primario: Agricultura, Secundario: Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación.	Social. Económico. Ambiental. Conocimiento	Ciencia y Tecnología. Económico. Educación. Responsabilidad ambiental. Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores.	Competitividad. Recursos naturales. Capacitación.	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico.