

Perfil fitoquímico de nopalitos cultivados y silvestres

Cristian López-Palacios¹; Cecilia Beatriz Peña-Valdivia^{2*}; Marcos Soto-Hernández²

¹ Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Media, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Rioverde, SLP, México.

² Programa de Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México 56264. México.

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

* Autor para correspondencia: cecilia@colpos.mx

Problema

Las células de las plantas llevan a cabo dos tipos de metabolismo, denominados primario y especializado o secundario. Este último sintetiza más de 50,000 compuestos que se caracterizan por su estructura química específica, la que permite organizarlos en alcaloides, ácidos fenólicos, esteroides, flavonoides, glucosinolatos, saponinas, taninos y terpenos. Estos compuestos no están en todas las especies vegetales, etapa de desarrollo, estructuras o tejidos de la planta; además, se modifican por el efecto del ambiente en el que se desarrolla. Actualmente, las funciones fisiológicas de los metabolitos especializados se conocen poco o no se han identificado; sin embargo, muchos de ellos tienen funciones ecológicas especiales. Además, esos fitoquímicos son reconocidos como productos naturales valiosos para la salud humana. Los metabolitos especializados generalmente se acumulan en los tejidos de las plantas en concentración baja comparada con la de los metabolitos primarios (Bai *et al.*, 2024; Perrot *et al.*, 2024).

Es decir, independientemente de su importancia, sigue siendo difícil acceder a los productos naturales en las plantas debido a su baja producción. Frecuentemente, para saber si algunos de ellos están en los tejidos de los vegetales, se extraen, analizan e identifican los grupos de esos compuestos con técnicas colorimétricas principalmente. Esto se facilita debido a que cada metabolito especializado, o grupo, en su molécula tiene una característica química específica resultante de su biosíntesis que le permite ser más o menos soluble en algún disolvente. Por lo que, la presencia o ausencia de esos grupos se confirma preliminarmente en extractos acuosos o con disolventes orgánicos de los tejidos de las plantas y su solubilidad se basa en el efecto de la polaridad de cada disolvente. La extracción adecuada asegura los mejores resultados. Factores como el tipo de disolvente y relación sólido/líquido, el tiempo de contacto o de extracción, la temperatura de extracción y el tamaño de

Cómo citar: López-Palacios, C., Peña-Valdivia, C.B., Soto-Hernández, M. (2024). Perfil fitoquímico de nopalitos cultivados y silvestres. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.429>

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: 75-80.

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



las partículas pueden afectar el rendimiento (presencia y concentración) 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 a 65 °C, por tanto, extraen los compuestos con temperatura de ebullición baja, sin dañar la estructura de los metabolitos (Ramos y Portal, 2017).

El género *Opuntia* Mill. destaca por su gran diversidad y amplia distribución en la familia Cactaceae; alrededor de 200 especies son reconocidas en este género; todas ellas están adaptadas a condiciones estresantes de sequía y están distribuidas en ambientes áridos y semiáridos (Tenorio-Escandón *et al.*, 2022). Los cladodios de *Opuntia* son alimento para humanos, ganado y fauna silvestre. Además, se emplean en herbolaria desde tiempos ancestrales para el tratamiento de enfermedades como diabetes, hipotensión e hipercolesterolemia, y han sido reconocidos sus efectos benéficos anti-inflamatorios, antígenotóxicos, neuroprotectores, inmunomoduladores, antivirales y antioxidantes. Aunque, la presencia de compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) ha sido documentada frecuentemente en los cladodios de unas pocas especies, la información de los otros grupos de metabolitos especializados es escasa. Además, existe enorme vacío de información de la mayoría de las decenas de especies de *Opuntia*. Por lo cual, la aplicación de métodos específicos de extracción y métodos colorimétricos en solución o cromatografía permitirá la identificación de metabolitos especializados en numerosas especies y variantes del género *Opuntia*.

Solución planteada

Se realizó un análisis inicial de presencia o ausencia de metabolitos especializados en nopalitos de dos variantes silvestres y dos domesticadas de *Opuntia*, mediante extracciones con disolventes de diferente polaridad. Este análisis permitió confirmar o descartar la presencia de cinco grupos de metabolitos en nopalitos de dos a tres semanas de edad, de 15 ± 2.5 cm de longitud y cosechados de plantas cultivadas en invernadero (Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México; 19° 29' LN, 98° 53' LO; 2240 msnm y clima Cb(w_o)(w)(i') g, lluvias en verano e invierno frío y seco). Las variantes estudiadas fueron Atlixco y Rojo Vigor de la especie domesticada *O. ficus-indica* y Cardona y Tuna Loca de la especie silvestre *O. streptacantha* (Figura 1). Debido al tipo de metabolismo bioquímico de las plantas de nopal, denominado metabolismo ácido de las crasuláceas, la presencia y concentración de diversos metabolitos primarios cambian a lo largo del día. Por lo tanto, para disminuir la probabilidad de presencia o ausencia falsa de alguno de los grupos de metabolitos debida a la hora del día, la cosecha se realizó al amanecer (5:00) y al medio día (12:00). Los nopalitos se desespitaron, liofilizaron y trituraron en mortero hasta obtener un polvo fino.

La extracción de los metabolitos se hizo con agua, metanol o diclorometano y en alícuotas de cada extracto fue determinada la presencia o ausencia de alcaloides, fenoles, flavonoides, saponinas y terpenos (Ramos y Portal, 2017; Subramanian *et al.*, 2015). Con base en los resultados de presencia de grupos de compuestos, los extractos se utilizaron para realizar pruebas de cromatografía en capa fina; con esto se reconocieron



Figura 1. A) Plantas de nopal silvestre *Opuntia streptacantha* y B) nopal domesticado *Opuntia ficus-indica*.

algunos de los compuestos más frecuentes. La mezcla de elusión para los fenoles y flavonoides fue acetato de etilo y metanol (9:1) y se revelaron con cloruro férrico el primer caso y solución NP/PEG (natural products/polyethylene glycol reagent) al 1% el segundo grupo. Los flavonoides se observaron en una cámara de luz ultravioleta. Los terpenoides se detectaron a través de una separación con hexano y acetato de etilo en relación 8:2. La placa se reveló con vainillina al 1% en etanol y ácido sulfúrico, y se expuso a 110 °C durante cinco minutos.

Resultados de las pruebas colorimétricas

La presencia de fenoles, terpenos y alcaloides fue reconocida en las pruebas colorimétricas con los extractos de los tres disolventes. La presencia de flavonoides y saponinas fue negativa en todos los casos.

Fenoles. Los fenoles no fueron detectados en el extracto acuoso de los nopalitos de la especie domesticada en ninguno de los tiempos de cosecha. En contraste, este grupo de metabolitos sí fue detectable en el extracto acuoso de las dos variantes silvestres (*O. streptacantha*) y en los dos tiempos de cosecha. Este grupo de compuestos también se detectó en los extractos con metanol del par de variantes silvestres de *O. streptacantha* y de las dos domesticadas de *O. ficus-indica* en ambas horas de cosecha (Cuadro 1). La ausencia de fenoles en el extracto acuoso de los nopalitos de *O. ficus-indica*, puede deberse a su polaridad baja y concentración en los nopalitos domesticados; lo que indica que, los nopalitos silvestres contienen fenoles diversos, con polaridades diferentes. Es decir, este resultado puede tomarse como evidencia de composición fenólica diferente en los nopalitos de estas dos especies.

Los resultados de este estudio relacionados con la presencia de compuestos fenólicos en nopalitos de *O. streptacantha* y *O. ficus-indica*, en los extractos con metanol, coincidió con los documentados en la literatura para éstas y otras especies (López-Palacios y Peña-Valdivia, 2020). En contraste, ningún registro fue localizado, en la literatura especializada, relacionado con la presencia de estos compuestos en extractos acuosos de *Opuntia* spp.

Alcaloides. El grupo de los alcaloides se registró en los extractos de diclorometano, con presencia débil, únicamente en las variantes silvestres de *O. streptacantha* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Presencia (+) y ausencia (-) de grupos de compuestos en extractos obtenidos con agua, metanol y diclorometano de nopalitos de dos variantes silvestres (*O. streptacantha*) y dos domesticadas (*O. ficus indica*), cosechados a las 5:00 y 12:00.

Extracto y grupo	Hora de cosecha							
	5:00				12:00			
	<i>O. ficus-indica</i>		<i>O. streptacantha</i>		<i>O. ficus-indica</i>		<i>O. streptacantha</i>	
	Atlixco	Rojo Vigor	Cardona	Tuna Loca	Atlixco	Rojo Vigor	Cardona	Tuna Loca
Acuoso								
Alcaloides	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenoles	-	-	+	+	-	-	+	+
Flavonoides	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpenos	-	-	-	-	-	-	-	-
Saponinas	-	-	-	-	-	-	-	-
Metanol								
Alcaloides	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenoles	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoides	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpenos	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponinas	-	-	-	-	-	-	-	-
Diclorometano								
Alcaloides	-	-	+	+	-	-	+	+
Fenoles	-	-	-	-	-	-	-	-
Flavonoides	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpenos	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponinas	-	-	-	-	-	-	-	-

La presencia de alcaloides fue documentada en frutos de *O. elatior* Mill., pero sin especificar el tipo de alcaloide presente. Además, la presencia del alucinógeno mescalina fue documentada en cladodios de *O. ficusindica* (El-Moghazy *et al.*, 1982). Sin embargo, la presencia de alcaloides en *Opuntia* no ha sido confirmada y debe verificarse, ya que este grupo de compuestos es considerado característico de las cactáceas de porte globular, particularmente de la tribu Cereae de la subfamilia Cactoideae.

La mescalina también es uno de los 50 diferentes tipos de alcaloides registrados en el peyote (*Lophophora williamsii* (Lem. ex Salm-Dyck) J.M. Coult.). Así, con base en los resultados se requiere confirmar la presencia de estos compuestos en otras variantes de *O. ficus-indica* y en especies silvestres de *Opuntia*. Además, deberá realizarse la identificación y cuantificación de los alcaloides que puedan presentarse en este género.

Terpenoides. Los terpenoides también se detectaron en el extracto obtenido con metanol de los nopalitos de ambas especies (Cuadro 1). Este resultado también es sobresaliente, pues actualmente los terpenoides se habían detectado únicamente en las flores de *O. ficus-indica* y *O. stricta* (Ammar *et al.*, 2012). Así, los resultados permiten sugerir la conveniencia de confirmar la presencia de estos compuestos en los nopalitos de *Opuntia*.

Cromatografía en capa fina. Los resultados de las pruebas colorimétricas fueron corroborados mediante la separación de compuestos; esto con la ayuda del análisis de cromatografía en capa fina de los fenoles en el extracto generado con metanol y de terpenoides en el extracto obtenido con diclorometano. Además, esta evaluación permitiría descartar la ausencia de flavonoides en las variantes evaluadas (Cuadro 1). Esta confirmación se consideró necesaria, ya que, la presencia de flavonoides en los nopalitos y cladodios maduros de nopal ha sido documentada (Benayad *et al.*, 2014). La ausencia de flavonoides en los nopalitos en este estudio podría ser aparente debido a su concentración menor que el nivel de sensibilidad de la prueba colorimétrica y concentración de los fitoquímicos (Cuadro 1).

Las placas cromatográficas confirmaron la presencia de fenoles y terpenos en los nopalitos de ambas especies. Además, mediante cromatografía fue posible confirmar la presencia de flavonoides en las variantes de ambas especies (Figura 2). Así, se demostró que la concentración de este grupo de compuestos es menor que la detectable por el método colorimétrico y parece común en el género *Opuntia*.

Esto se observó mediante la longitud y continuidad de las bandas en las placas cromatográficas, ya que, estas indican la diversidad mayor de compuestos en los grupos de flavonoides y de terpenoides. Sin embargo, la diversidad del grupo de los fenoles fue notoriamente menor (Figura 2 B-C). La eficiencia mayor del metanol para extraer los compuestos fenólicos ya ha sido documentada en algunas especies; sin embargo, el etanol es mejor para otras. La eficiencia del disolvente para extraer ese grupo de compuestos es dependiente de la especie, ya que la solvatación depende principalmente de la naturaleza química de los compuestos a extraer, aunque las variaciones en la concentración también pueden tener algún efecto.

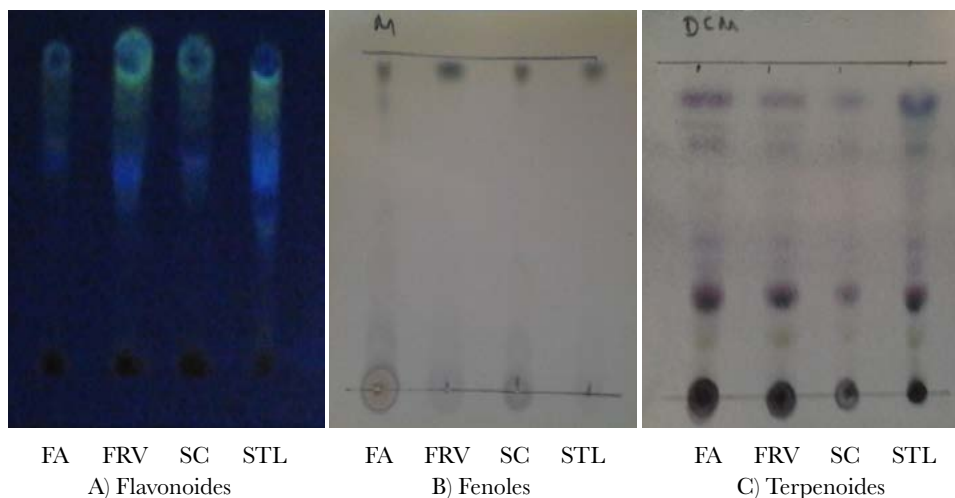


Figura 2. Placas cromatográficas con flavonoides (A) y fenoles (B) en el extracto obtenido con metanol, y terpenoides (C) en el extracto generado con diclorometano. FA y FRV: variantes Atlixco y Rojo Vigor de *O. ficus-indica*; SC y STL: variantes Castilla y Tuna Loca de *O. streptacantha*.

Conclusiones

El análisis preliminar de los grupos de metabolitos especializados permitió reconocer la presencia de fenoles y flavonoides en nopalitos de los cultivares Atlixco y Rojo Vigor, de la especie domesticada *O. ficus-indica* y de las variantes Cardona y Tuna Loca de la especie silvestre *O. streptacantha*. La presencia de terpenoides es relativamente novedosa en nopalitos. La presencia de alcaloides únicamente en los nopalitos silvestres merece ser corroborada. El metanol fue el disolvente más adecuado para la extracción de los fenoles y flavonoides; para los terpenoides el diclorometano fue el más adecuado. Los alcaloides estuvieron ausentes en los nopalitos de *O. ficus-indica* y si se confirmara su presencia, por métodos más sensibles, en la especie silvestre su concentración seguramente será mínima. Similarmente los flavonoides parecen ausentes o sus concentraciones no son detectables por los métodos empleados en el presente estudio. La presencia o ausencia de los grupos de compuestos del metabolismo especializado: alcaloides, fenoles, flavonoides, terpenos y saponinas no se modifica en los nopalitos de las especies silvestre y domesticada de *Opuntia* durante el día.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos.	Asociaciones Académicas y Científicas. Gobierno de los Estados. Productores. Comunidades Agrarias.	Primario: Agricultura, Ganadería, Explotación forestal. Secundario: Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación.	Social. Económico. Ambiental. Conocimiento. Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores.	Ciencia y Tecnología. Económico. Educación. Responsabilidad ambiental. Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores.	Competitividad. Recursos naturales. Comercio. Capacitación. Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores.	Numero de tesis. Número de egresados (Lic. M.C., D.C.). Número de publicaciones. Número de familias beneficiadas. Transferencias tecnológicas. Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico.