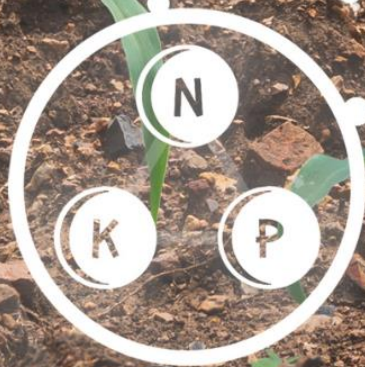


# Pesquisas agrárias e ambientais

Volume XVI



Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
Organizadores



2023

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
Organizadores

**Pesquisas agrárias e ambientais**  
**Volume XVI**



Pantanal Editora

2023



Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
Mun. de Chap. do Sul  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

**Catálogo na publicação**  
**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

P474

Pesquisas agrárias e ambientais - Volume XVI / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2023. 64p ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-81460-94-5

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460945>

1. Agricultura. 2. Meio ambiente. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agricultura



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Apresentação**

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XVI” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: Qualidade de vida e segurança do trabalho em serrarias, triagem fitoquímica de *Parkinsonia aculeata* desenvolvida em condições de salinidade, seca e calor em Sonora, México; estande e distribuição longitudinal de plântulas de soja em função dos manejos de palhada e solo; alevinagem de tilápias nilóticas em sistemas de recirculação aquícola e aquaponia com e sem substrato; espaçamento e adubação nitrogenada no rendimento do milho consorciado com feijão-guandu. Assim, essas informações serão extremamente valiosas para aqueles que buscam impulsionar avanços tanto em termos de quantidade quanto de qualidade na produção de alimentos e na preservação do ambiente, bem como para aqueles que desejam aprimorar a qualidade de vida da sociedade como um todo. Essas orientações visam sempre alcançar a sustentabilidade do planeta, buscando um equilíbrio entre as necessidades humanas e a conservação dos recursos naturais.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XVI, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

**Os organizadores**


## Sumário


<b>Apresentação .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>6</b>
Qualidade de vida e segurança do trabalho em serrarias .....	6
<b>Capítulo II .....</b>	<b>14</b>
Tamizaje fitoquímico de <i>Parkinsonia aculeata</i> L. Sp. Pl. desarrollada en condiciones de salinidad, sequía y calor en Sonora, México .....	14
<b>Capítulo III.....</b>	<b>28</b>
Estande e distribuição longitudinal de plântulas de soja em função dos manejos de palhada e solo ..	28
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>37</b>
Alevinagem de tilápias nilóticas em sistemas de recirculação aquícola e aquaponia com e sem substrato.....	37
<b>Capítulo V.....</b>	<b>49</b>
Espaçamento e adubação nitrogenada no rendimento do milho consorciado com feijão-guandu.....	49
<b>Índice Remissivo .....</b>	<b>63</b>
<b>Sobre os organizadores.....</b>	<b>64</b>


# Tamizaje fitoquímico de *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. desarrollada en condiciones de salinidad, sequía y calor en Sonora, México


Recibida em: 29/04/2023


Aprobado em: 04/05/2023


 10.46420/9786581460945cap2

Angélica Herrera Sepúlveda 

Leandris Argente Martínez<sup>2</sup> 

Julio Cesar García Urías 

Iram Mondaca Fernández 

Jorge González Aguilera 

## INTRODUCCIÓN

Las plantas, en condiciones óptimas para su desarrollo priorizan el metabolismo primario (MP) involucrado en procesos centrales como son: el crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos (Bolton, 2009; Dumont; Rivoal, 2019) sin embargo, como respuesta frente a condiciones de estrés (biótico y abiótico), las plantas sintetizan una considerable cantidad de compuestos orgánicos que son conocidas como metabolitos secundarios (MS) (Croteau et al., 2015).

Los MS son compuestos químicos de bajo peso molecular (terpenos, alcaloides, aminoácidos no proteicos, aminas, compuestos fenólicos, glucósidos, terpenoides, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanoides) (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003) que cumplen funciones no esenciales en las plantas y generalmente no intervienen en las reacciones del MP (Síntesis de carbohidratos, lípidos, proteínas u hormonas) (Castellanos; Espinosa-García, 1997). Su síntesis se activa como defensa ante herbívoros, posibles patógenos (Avalos-García; Perez-Urría Carril, 2009), o en respuesta a cambios ambientales, ofreciendo a las plantas capacidades de adaptación (Divekar et al., 2022).

En el noroeste de México, principalmente en las zonas costeras más cercanas al Mar de Cortés, se combinan factores abióticos que limitan la productividad de las especies existentes. Estos factores como la sequía (Devora-Isiordia et al., 2018), las variaciones térmicas (Morales-Coronado et al., 2019) y la salinidad existente en los suelos (Soto Gonzales et al., 2021) afectan el metabolismo normal de las plantas y su óptimo desarrollo, lo que induce a las plantas a sintetizar MS para su adaptación y supervivencia (War et al., 2020).

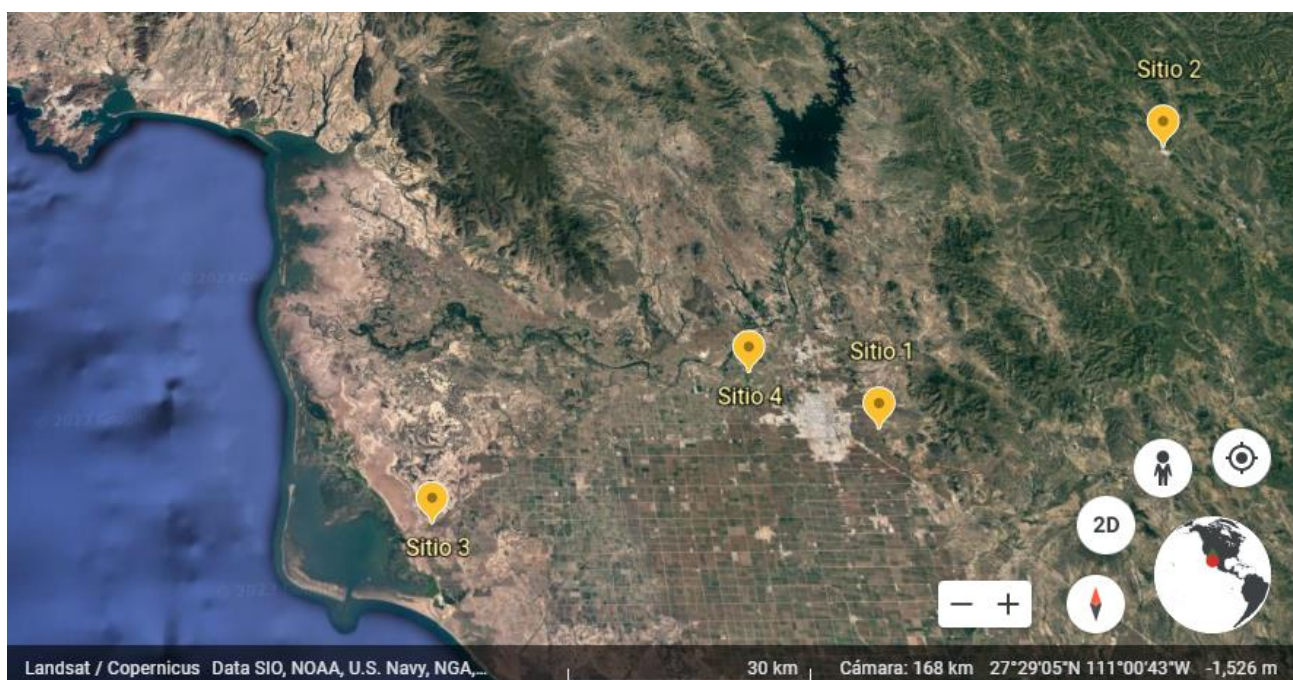
Entre las especies más frecuentes en la región semidesértica del sur de Sonora en ecosistemas frágiles y degradados, las que conforman el género *Parkinsonia* presentan altos porcentajes de dominancia, demostrando su capacidad de tolerar las condiciones de estrés existentes en la región (González et al., 2022). Una de estas especies es *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. especie que ha mostrado rasgos de adaptación

a estas condiciones y mínima presencia de plagas y enfermedades. Teniendo en cuenta estos criterios se realizó una investigación con el objetivo de desarrollar el tamizaje fitoquímico de esta especie, desarrollada en condiciones de salinidad, sequía y calor en el Desierto de Sonora, para sus posibles aplicaciones en el biocontrol de plagas y enfermedades en cultivos de interés agrícola regional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitios de muestreo*

Las muestras fueron tomadas de cuatro sitios experimentales (Figura 1): Sitio 1, condiciones óptimas para el desarrollo, ubicado en la colonia Tepeyac, municipio de Cajeme, Sonora, México; Sitio 2, condición de sequía, ubicado en la localidad de Tesopaco, municipio del Rosario, Tesopaco, Sonora, México; Sitio 3, condición de Salinidad (CSA): ubicado en la localidad de Bahía de Lobos, municipio de San Ignacio, Río Muerto, Sonora, México; Sitio 4, condición calor, ubicado en la colonia Las Misiones, municipio de Cajeme, Sonora, México.



**Figura 1.** Localización de los sitios de muestreo. Sitio 1: Colonia Prados del Tepeyac, Municipio de Cajeme; Sitio 2: Tesopaco, municipio del Rosario, Tesopaco; Sitio 3: Bahía de Lobos, municipio de San Ignacio, Río Muerto; Sitio 4: Las Misiones, Municipio de Cajeme.

### *Toma de muestras*

Se tomaron muestras de tallos y hojas de plantas encontradas en los sitios experimentales y se trasladaron en bolsas ziploc, a temperatura de 24°C para ubicarlas, posteriormente en el laboratorio, en bandejas de plástico para su deshidratación a temperatura ambiente (24°C). Transcurridos seis días, cuando se obtuvo un peso constante de las muestras, se molieron y se obtuvieron muestras compuestas



de tallos y de hojas (un kg de cada órgano) procedentes de cada sitio experimental para desarrollar el tamizaje fitoquímico.

### ***Análisis fitoquímicos***

Los extractos fueron sometidos a un tamizaje fitoquímico, en donde se determinó la acumulación de compuestos orgánicos que incluyen: carbohidratos, aminoácidos y proteínas, lípidos complejos, glicósidos, saponinas, alcaloides, terpenos, compuestos polifenólicos y flavonoides, de acuerdo con los métodos de Chakraborty et al. (2010).

### ***Determinación del Contenido de Fenólicos Totales***

El Contenido de Fenólicos Totales (CFI) totales se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu, en un volumen de 100  $\mu\text{L}$  de extracto y 0,5mL de Folin-Ciocalteu. Posteriormente, se dejó reposar durante 6min y luego se añadió 1,5mL de solución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 20%. El volumen total de la solución se ajustó a 5 ml con agua destilada en baño de María. Después de 2 horas de incubación a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 765 nm. Estas mediciones se desarrollaron por triplicado. La curva de calibración estándar se desarrolló con ácido gálico (0–200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico equivalente mg (GAE)  $\text{g}^{-1}$  de peso seco de material vegetal.

### ***Determinación del Contenido Total de Flavonoides.***

El método desarrollado por Zhishen et al. (1999) fue empleado para determinar el contenido total de flavonoides. En un mL de extracto, con agua destilada ( $\text{dH}_2\text{O}$ ), 5%  $\text{NaNO}_2$  y 10%, se añadió suficiente masa de  $\text{AlCl}_3$ . Después de 5 min de incubación, se añadió  $\text{NaOH}$  1 M. seguido de la adición de 2,4 ml de  $\text{dH}_2\text{O}$  para obtener el volumen final de 10 ml. La absorbancia del extracto y el estándar. La absorbancia fue medida a 510nm en un por espectrofotómetro US-VIS. El contenido total de flavonoides se expresó como mg de equivalentes de rutina por gramo ( $\text{mg RE g}^{-1}$ ) a través de la curva de calibración con rutina.

### ***Análisis estadísticos***

Para el tamizaje fitoquímico se realizó un análisis de frecuencia de los compuestos que se encontraron en cada condición y se construyeron diagramas para comparar entre condiciones para cada órgano. Al final se compararon los totales de cada órgano.

Los contenidos de polifenoles y flavonoides se compararon entre órganos (fuente de variación A, con dos niveles: Hojas y Tallos) en cada sitio y entre condición de estrés (fuente de variación B, con cuatro niveles: Calor, Salinidad. Sequía y óptimas). Este análisis de varianza se desarrolló basado en un modelo lineal de efectos fijos (Fisher, 1935). Cuando existieron diferencias entre las medias de los tratamientos se usó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para un nivel de significación

del 1% (Tukey, 1960). Para estos análisis se empleó el paquete estadístico profesional ESTATISTICA, versión 14.0 para Windows (Stassoft, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la naturaleza sésil de las plantas, y a que constantemente están expuestas a una amplia gama de estresores ambientales como son: temperatura, sequia, salinidad, alcalinidad, UV, patógenos y herbívoros, éstas han tenido que desarrollar habilidades que le permitan adaptarse y sobrevivir a estos estímulos, al estrés durante todo su ciclo de vida, a la vez que permite que se produzcan relaciones ecológicas entre las plantas y otros organismos. Una de estas estrategias es la síntesis de MS, la cual da lugar a variaciones en sus perfiles fitoquímicos generales. A continuación, se analizan brevemente los resultados obtenidos en la acumulación de MP en *P. aculeata* desarrollada en condiciones de estrés abiótico.

### *Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas y tallos de Parkinsonia aculeata L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y óptimas del desarrollo de las plantas.*

Los resultados del análisis fitoquímico preliminar desarrollado en las muestras de tallo y hoja evidenció que *P. aculeata* ante las condiciones de desarrollo sin estrés, existe acumulación de metabolitos primarios tanto en hojas como en tallos. Además, las únicas funciones orgánicas que se acumulan, conforme a los resultados del tamizaje realizado, son los polifenoles y flavonoides, en ambos órganos evaluados (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y óptimas del desarrollo de las plantas.

Función orgánica	Condición							
	Calor		sequía		Salinidad		Sin estrés	
	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	Tallos	Hojas	tallos
<sup>MP</sup> Carbohidratos	+	+	+	-	+	-	+	+
<sup>MP</sup> Proteínas y aminoácidos	+	-	+	-	-	-	+	+
<sup>MP</sup> Lípidos complejos	-	-	-	+	-	-	+	+
<sup>MS</sup> Glucósidos	+	-	+	+	+	+	-	-
<sup>MS</sup> Saponinas	+	-	+	-	+	-	-	-
<sup>MS</sup> Alcaloides	+	-	+	+	+	+	-	-
<sup>MS</sup> Terpenos	+	-	+	-	+	-	-	-
<sup>MS</sup> Polifenoles	+	+	+	+	+	+	+	+
<sup>MS</sup> Flavonoides	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de funciones orgánicas	8	3	8	5	7	4	5	5

<sup>MP</sup>: Metabolito primario, <sup>MS</sup>: metabolito secundario, Signos “+” representa acumulación de la función orgánica y “-” representa no acumulación.

La acumulación de carbohidratos, únicamente se ve afectada en tallos bajo las condiciones de sequía y salinidad; mientras que en condiciones de calor y sequía se afecta la acumulación de proteínas en tallos y, se observa una disminución en la acumulación de lípidos complejos en hojas bajo condiciones de calor, sequía y salinidad y al igual que en tallos, excepto en condiciones de sequía. Específicamente, la condición de salinidad tiene un mayor efecto en la acumulación de metabolitos primarios (proteínas, aminoácidos y lípidos complejos) tanto en hojas como en tallos.

Los lípidos desempeñan múltiples roles y funciones en el tejido de la planta como: constituyentes de la pared celular, almacenamiento de moléculas metabólicamente energéticas, señalización y mecanismos de respuesta ante estresores (Yozo; Kazuki, 2014). Dentro de los mecanismos para reducir el impacto del estrés abiótico, está el de generar un cambio en la composición de los ácidos grasos que constituyen las membranas celulares; así como una inhibición en la síntesis de lípidos, la cual implica un redireccionamiento del flujo de carbohidratos al metabolismo de flavonoides, para incrementar su abundancia y así presentar resistencia frente a condiciones de estrés abiótico, por ejemplo, la sequía (Gai et al., 2020).

Los resultados presentados, demuestran el efecto adverso de los estreses abióticos de calor, salinidad y sequía que afectan la acumulación de MP en *P. aculeata*. Esta variación puede atribuirse a la disrupción del proceso fotosintético, proceso metabólico encargado de la síntesis de macromoléculas estructurales como son los carbohidratos, proteínas y lípidos, involucrado directamente en el crecimiento, desarrollo y reproducción de la planta. Sin embargo, aun cuando se presenta una alteración en la acumulación de MP, estas condiciones promueven la acumulación de las funciones orgánicas como: alcaloides, glucósidos, saponinas, terpenos, polifenoles y flavonoides, principalmente en hojas (Tabla 1). Bajo las tres condiciones, se obtuvo mayor presencia de las funciones orgánicas en hojas *vs* tallos; con presencia de todas las funciones orgánicas evaluadas. Un hallazgo importante en este estudio es que en tallo no se acumularon saponinas ni terpenos bajo ninguna condición, sin embargo, si se acumularon en hoja. Las saponinas son glicósidos hidrosolubles, conformado estructuralmente por una aglicona (terpenoide o esteroideal) unida a carbohidratos (azúcares) a través de enlaces glucosídicos (Vincken et al., 2007). Los terpenoides o isoprenoides, se derivan de la fusión de unidades de cinco carbonos en la molécula llamada isopreno (C5) y se clasifican de acuerdo al número de unidades de isopreno que los forman (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003). Algunas de las funciones que comparten las saponinas y terpenos en plantas son: i) actuar como mecanismo de defensa contra depredadores herbívoros y patógenos, ii) tienen un papel en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de estrés abiótico. En este sentido, se ha reportado variación en la acumulación de isoprenos, monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos, los cuales forman parte de fitohormonas como: ácido abscísico (ABA) y Giberelinas, implicadas en la tolerancia al sequía, salinidad y protección frente a patógenos y como promotoras del crecimiento total de la planta (tallos y hojas) así como la elongación del tallo (Tholl, 2015). En plantas como árbol del jabón (*Quillaja brasiliensis*), ginseng (*Panax notoginseng*) y

alfalfa (*Medicago sativa*), se ha reportado un incremento en la síntesis y acumulación de saponinas en diferentes órganos, ya que pueden actuar como un mecanismo de defensa para proteger a las plantas de los efectos del estrés abiótico, incluyendo la sequía y la salinidad (De Costa et al., 2013; Mickky et al., 2016; Zang et al., 2022). Por otra parte, Soliman et al. (2020) reportó efecto positivo en el incremento a la tolerancia a estrés salino en soya (*Glycine max*) al dar un pretratamiento a las semillas con un 5% de saponinas aisladas de quinoa. El efecto favorable de las Saponinas y Terpenos puede atribuirse a: 1) su capacidad antioxidante, la cual puede ayudar a proteger membranas celulares y estructuras subcelulares de daños oxidativos causados por el estrés abiótico, 2) al haber un incremento de Saponinas y terpenos en raíces, la presencia de ST puede mejorar la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y agua del suelo, lo que puede ser beneficioso durante períodos de estrés hídrico y salino.

Adicionalmente se evidenció que, bajo las condiciones de estrés abiótico, y en el control, el contenido de flavonoides y polifenoles tanto en hoja como en tallo fue significativo (Tabla 2); lo que demuestra la preferencia de esta especie por la síntesis de estos compuestos orgánicos en condiciones de estrés abiótico y a su vez como mecanismo de defensa ante la posible incidencia de plagas y enfermedades, por esta razón esta especie no ha sido reportada muchas plagas y enfermedades. A continuación, se profundizará sobre estos resultados.

***Contenido de flavonoides totales en hojas y tallos de Parkinsonia aculeata L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.***

Al analizar estadísticamente la variabilidad existente en el contenido de flavonoides totales en las muestras analizadas procedentes de los sitios experimentales se encontraron diferencias altamente significativas entre los sitios, entre los órganos donde se evaluaron y existió interacción significativa entre los sitios y órganos. Cuando se desarrolló el análisis de la contribución de las fuentes de variación a la variabilidad total (coeficiente de determinación,  $R^2$ ) se obtuvo que la condición donde se desarrollaron las especies aportó el 59% de la variabilidad total encontrada en el contenido de flavonoides, mientras que los órganos aportaron el 22%. La interacción contribuyó en un 18% a la variabilidad total (**Tabla 2**).

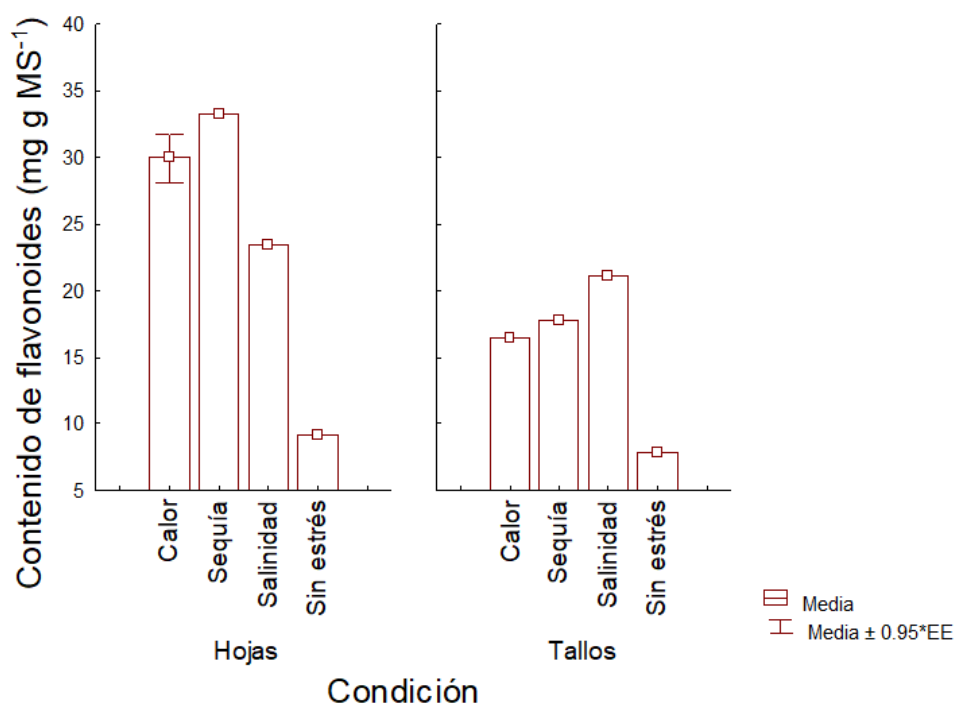


**Tabla 2.** Contenido de flavonoides totales en hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.

Fuentes de variación	SC	CM	F	P	R <sup>2</sup>
Condición	716.93	238.98	38.18	0.000044	0.59
Órgano	266.23	266.23	42.53	0.000184	0.22
Condición*Órgano	164.07	54.69	8.74	0.006634	0.18
Error	50.08	6.26			

[SC: Suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: valor de F de Fisher calculado; p: probabilidad de error; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación sin ajustar].

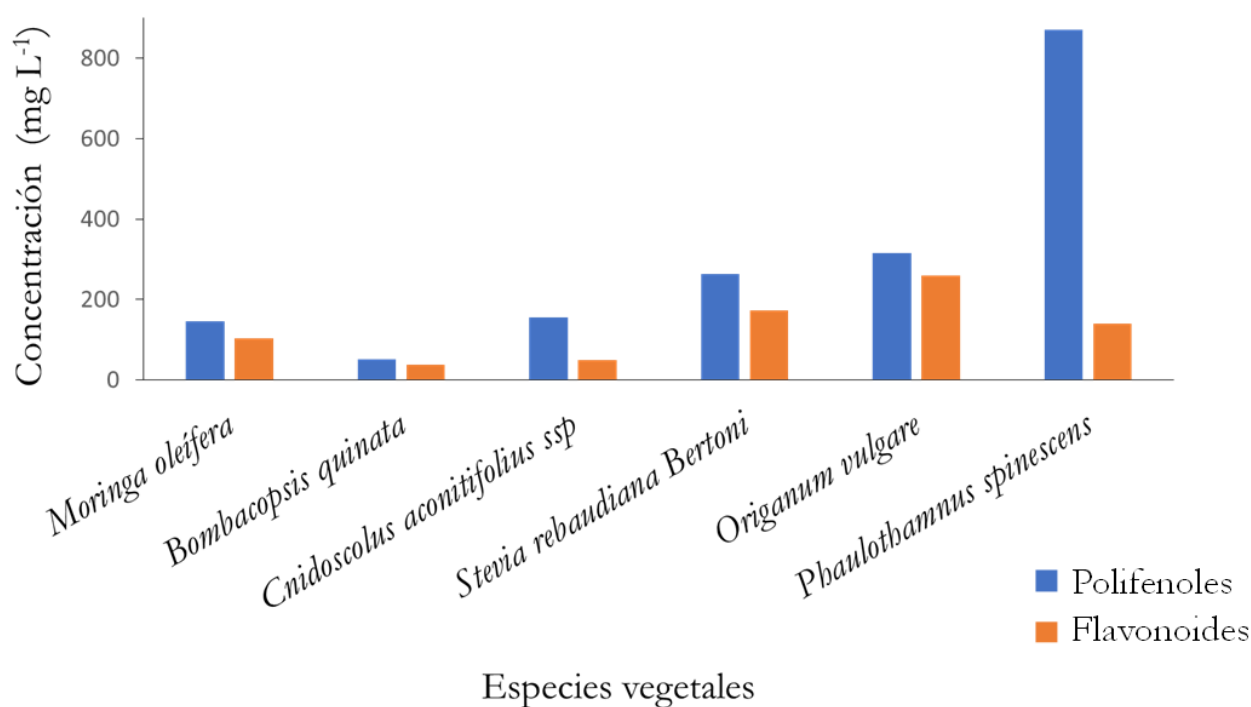
Todas las muestras de hojas en las cuatro condiciones experimentales presentaron mayor contenido de flavonoides totales (Figura 2). Las muestras de hojas tomadas de la condición de sequía fueron las que más alto contenido de flavonoides presentó. Sin embargo, en los tallos de la condición de salinidad fue donde se acumuló el mayor contenido de flavonoides. En la condición sin estrés el contenido de flavonoides no alcanzó los 10 mg g MS<sup>-1</sup>, lo que demuestra que estos compuestos son sintetizados como respuesta a la salinidad.



**Figura 2.** Contenido de flavonoides en extractos de *Parkinsonia aculeata* L. Sp.Pl. desarrollada en condiciones de calor (S1), sequía (S2) salinidad (S3), y óptimas para su desarrollo (S4). Barras rectangulares representan desviaciones de la media.

Los flavonoides son la subclase de polifenoles, compuestos naturales de bajo peso molecular, la mayoría con estructura de fenil-benzo- $\gamma$ -pirona (o fenil- $\gamma$ -cromona), productos del metabolismo

secundario vegetal (Castro; Cambeiro, 2003). Los flavonoides están ampliamente distribuidos entre los vegetales superiores; abundan, sobre todo, en las partes aéreas jóvenes y más expuestas al sol, como hojas, frutos y flores, ya que la luz solar favorece su síntesis. En las plantas, los flavonoides desempeñan muchas funciones, como regular el crecimiento celular, atraer insectos polinizadores y proteger contra el estrés biótico y abiótico (Rodríguez de Luna et al., 2020). Por ejemplo, los flavonoides de las plantas pueden actuar como moléculas señalizadoras, filtros UV y eliminadores de especies reactivas del oxígeno (ROS), y desempeñan varios papeles funcionales en la tolerancia a la sequía, el calor y las heladas (Di Ferdinando et al., 2012). Jan et al. (2021) presenta una revisión de la ocurrencia de varios MS en plantas frente a condiciones de estrés biótico y abiótico y la función biológica que desempeñan; destacando la presencia de flavonoides como: cianidina, maldivina, peonidina, delphinidina, tangerentina, apigenina en cultivos de lechuga, rábano, coliflor, apio, las cuales principalmente se encuentran asociadas a la mitigación del estrés abiótico. En especies vegetales cultivadas en el sur de Sonora (Figura 3) se ha reportado variación en el contenido de flavonoides, destacando orégano (*Origanum vulgare*), con una concentración por arriba de los 250 mg L<sup>-1</sup>. Mientras que para Pochote (*Bombacopsis quinata*), la concentración de flavonoides fue la más baja (38.11mg L<sup>-1</sup>). La variación en el contenido de flavonoides entre plantas, se ha reportado que puede atribuirse a varios factores como la especie, localización geográfica, clima, luz de, temperatura, condiciones del suelo, estrés hídrico, el momento de la cosecha y otros (Croteau et al., 2015).



**Figura 3.** Contenido de polifenoles y de flavonoides totales en especies vegetales cultivadas del sur de Sonora en condiciones de sequía.

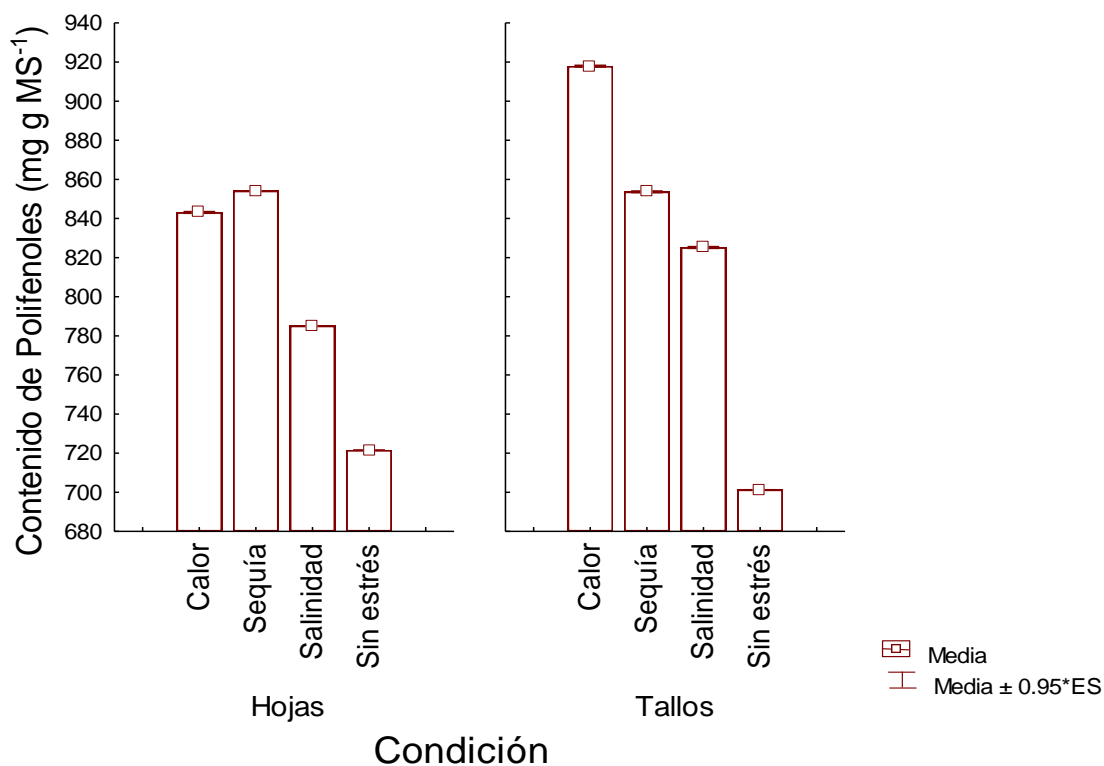
**Contenido de polifenoles totales en hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.**

El contenido de polifenoles presentó diferencias significativas entre las condiciones, entre los órganos y hubo interacción altamente significativa entre los órganos. En esta variable, la mayor contribución a la variabilidad total existente la presentó la condición donde se desarrollaron las plantas, aportando el 89%. Este resultado demuestra que en condiciones de estrés se incrementa la síntesis de polifenoles en esta especie (Tabla 3). Los órganos solamente aportaron en un 3%, la contribución de esta fuente de variación que fue superada por la interacción “Condición\*Órgano” que aportó el 7% a la variabilidad total existente en el contenido de polifenoles.

**Tabla 3.** Contenido de polifenoles totales en hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.

Fuentes de variación	SC	CM	F	R2
Condición	66436.36	22145.45	92987.08	0.89
Órgano	2215.82	2215.82	9232.58	0.03
Condición*Órgano	5396.03	1798.68	7449.45	0.07
Error	1.91	0.24		

El contenido de polifenoles siempre fue superior en los tallos que en las hojas en las condiciones de calor, sequía y salinidad (Figura 4). Por su parte, en la condición sin estrés las plantas acumularon más polifenoles en las hojas que en tallos. El mayor contenido de polifenoles totales en hojas se obtuvo en la condición de sequía, mientras que en los tallos el mayor contenido se obtuvo en la condición de calor. En condiciones normales, sin estrés en esta especie, las plantas no superan los 750 mg g MS<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Contenido de polifenoles en extractos de *Parkinsonia aculeata* L. Sp.Pl. desarrollada en condiciones de condiciones de calor (S1), sequía (S2) salinidad (S3), y óptimas para su desarrollo (S4). Barras rectangulares representan desviaciones de la media.

Los compuestos fenólicos, son un grupo de MS omnipresentes en las plantas, esenciales para la defensa frente a parásitos y plagas (Wuyts et al., 2006). Se caracterizan por su estructura, que incluye como mínimo un anillo fenólico. Los compuestos fenólicos suelen presentes en las plantas en formas solubles o unidas, pero también pueden clasificarse en subgrupos según sus estructuras químicas. Los fenoles se producen en condiciones óptimas y subóptimas en las plantas y desempeñan funciones clave en procesos de desarrollo como la división celular, la regulación hormonal, la actividad fotosintética, la mineralización de nutrientes y la reproducción (Tanase et al., 2019). En condiciones de estrés abiótico, las plantas presentan un incremento en la síntesis de polifenoles, como los ácidos fenólicos y los flavonoides, para ayudar a la planta a hacer frente a las adversidades ambientales. Con respecto a la mayor acumulación de compuestos fenólicos en los tallos de *P. aculeata* bajo condiciones de sequía, se ha reportado que la acumulación de ácidos fenólicos y flavonoides actúan como antioxidantes y evitan el sufrimiento de la planta ante déficit hídrico en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*), tomillo (*Thymus vulgaris*), canola (*Brassica napus*) (Galieni et al., 2015; Khalil et al., 2018; Rezayian et al., 2018). Sharma et al. (2019) presentan una revisión detallada sobre el rol de los polifenoles en plantas expuestas a condiciones de estrés abiótico, destacando su rol como mecanismo de mediación para contrarrestar sus efectos adversos.



En la Figura 3, se presenta la variación del contenido de polifenoles, en especies vegetales cultivadas en el sur de Sonora, destacando el cultivo de bachata (*P. spinescens*), con una concentración de aproximadamente 1000 mg L<sup>-1</sup>, seguido por orégano (*O. vulgare*) y Stevia (*S. rebaudiana bertonii*).

La variación en la acumulación de MS-Órgano (Flavonoides/Fenoles-Tallo/Hoja) observada en *P. aculeata*, está directamente relacionado con la función de dichos órganos en la planta, por ejemplo, en hojas es donde se lleva a cabo la mayor parte del proceso fotosintético, sin embargo, al haber una disrupción de las condiciones “ideales” para llevar a cabo éste procesos, será necesario la síntesis y acumulación de MS que favorezca la homeostasis celular, que asegurará la sobrevivencia de la planta bajo condiciones de estrés. Específicamente para *P. aculeata*, se ha reportado que además de las hojas, el tallo también juega un papel importante en el proceso fotosintético, de ahí su nombre común palo verde.

En general, la variedad estructural dentro de un mismo grupo de MS está dada por modificaciones químicas a una estructura básica, originadas por reacciones químicas, tales como la hidroxilación, metilación, epoxidación, malonilación, esterificación y la glucosilación (Wink; Schimmer, 1999). Esta variabilidad genera perfiles metabólicos diferentes entre especies, entre los miembros de una población y entre los diferentes órganos de la planta, la cual es parte de la estrategia de adaptación de las plantas. Se sabe que a microorganismos patógenos, insectos y vertebrados herbívoros, les resulta más difícil infectar o alimentarse de una población de plantas que individualmente contienen mezclas diferentes de MS, que de una población con una mezcla homogénea de MS (Castellanos; Espinoza-García, 1997). Los precursores de la biosíntesis de MS se derivan de rutas del metabolismo primario, tales como la glucólisis, el ciclo de Krebs o la vía del Shikimato. Una síntesis constitutiva y específica de MS puede existir para cada tipo de órgano, tejido o tipo celular. Existen también MS que se sintetizan en todos los órganos y tejidos de la planta, pero que se almacenan en órganos o tejidos diferentes a los de su síntesis, a través de su redistribución por el xilema y/o el floema, o por el espacio apoplástico (Edwards; Gatehouse, 1999)

## CONCLUSIONES

En condiciones de estrés por calor, sequía y salinidad la acumulación de metabolitos primarios se afecta en la especie *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl., siendo la acumulación de lípidos complejos la mayormente afectada bajo las tres condiciones, a su vez se observa un incremento la acumulación de metabolitos secundarios tanto en hojas como en tallos. Alcaloides, Polifenoles y Flavonoides, son los metabolitos más abundantes en ambos órganos de las plantas cultivadas bajo calor, sequía y salinidad. Mientras que se observó una menor acumulación de MS en tallos bajo las condiciones de calor y salinidad.

*Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. en condiciones de estrés por calor, sequía y salinidad acumula más polifenoles en hojas que en tallos mientras que los flavonoides son acumulados más en tallos que en hojas. En condiciones óptimas del desarrollo de las plantas los contenidos de flavonoides y polifenoles son igual o menor de 9 mg g MS<sup>-1</sup> y 7209 mg g MS<sup>-1</sup>, respectivamente. Ambos metabolitos son más acumulados en hojas que en tallos en condiciones de desarrollo sin estrés. Por lo tanto, la concentración

de compuestos fenólicos y flavonoides en el tejido vegetal es un buen indicador para predecir el grado de tolerancia al estrés abiótico de las plantas, además, el someter a plantas productoras de MS de interés, a condiciones controladas de estrés, podría ser una estrategia para incrementar la acumulación de éstos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avalos-García, Á., Pérez-Urria, C. E (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2(3): 119-145.
- Bolton, M. D. (2009). Primary metabolism and plant defense—fuel for the fire. *Molecular plant-microbe Interactions*, 22(5): 487-497.
- Castellanos, I., Espinosa-García, F. J. (1997). Plant secondary metabolite diversity as a resistance trait against insects: a test with *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and seed secondary metabolites. *Biochemical Systematics and Ecology* 25: 591-602.
- Castro, E. Á., Cambeiro, F. O. (2003). Actividad biológica de los flavonoides (I). Acción frente al cáncer. *Bioquímica. OFFARM*, 22(10).
- Chakraborty, D. D. et al. (2010). Phytochemical evaluation and TLC protocol of various extracts of *Bombax ceiba* Linn. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1(8): 66-73.
- Croteau, R. et al. (2015). Natural products (secondary metabolites). Buchanan, B. et al. (Eds.). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*, American Society of Plants. Rockville, MD, USA. 1250–1318.
- de Costa, F. et al. (2013). Accumulation of a bioactive triterpene saponin fraction of *Quillaja brasiliensis* leaves is associated with abiotic and biotic stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 66: 56-62.
- Devora-Isiordia, G. et al. (2018). Evaluation of the effect of the salinity of irrigation water on the yield of castor plant hybrids (*Ricinus communis* L.) in Mexico. *International Journal of Hydrology*, 2(5): 613-616.
- Di Ferdinando, M. et al. (2012). Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses. Ahmad P, Prasad MNV (eds.). *Abiotic Stress Responses in Plants*. Springer, New York, USA. 159-179.
- Divekar, P. A. et al. (2022). Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. *International journal of molecular sciences*, 23(5): 2690.
- Dumont, S., Rivoal, J. (2019). Consequences of oxidative stress on plant glycolytic and respiratory metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 10: 166.
- Edwards, R., Gatehouse, J. A. (1999). Secondary metabolism. Lea, P. J., Leegood, R. C. (eds.). *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley and Sons Ltd. Maryland, USA. 193-218.
- Fisher, R. A. (1937). *The Design of Experiments*. Edinburgh, London: Oliver and Boyd.
- Gai, Z. et al. (2020). Exogenous abscisic acid induces the lipid and flavonoid metabolism of tea plants under drought stress. *Scientific Report* 10(1): 12275.

- Galieni, A. et al. (2015). Effects of nutrient deficiency and abiotic environmental stresses on yield, phenolic compounds and antiradical activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Horticulturae*, 187: 93–101.
- González, H. H. S., Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Ponce, A. L., Andrade, M. H. H., Hasanuzzaman, M., Teodoro, P. E. (2021). Salinity effects on water potential and the normalized difference vegetation index in four species of a saline semi-arid ecosystem. *PeerJ*, 9, e12297.
- Jan, R. et al. (2021). Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. *Agronomy*, 11(5): 968.
- Khalil, N. et al. (2018). Foliar spraying of salicylic acid induced accumulation of phenolics, increased radical scavenging activity and modified the composition of the essential oil of water stressed *Thymus vulgaris* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 123: 65–74.
- Mickky, B. et al. (2016). Economic maximization of alfalfa antimicrobial efficacy using stressful factors. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(9): 299-303.
- Morales-Coronado, D. et al. (2019). Global warming is reducing the tillering capacity and grain yield of wheat in Yaqui Valley, Mexico. *Agronomía Colombiana*, 37(1): 90-96.
- Plant Reviews, 3: 17-134.
- Rezayian, M. et al. (2018). Differential responses of phenolic compounds of *Brassica napus* under drought stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 8(3): 2417-2425.
- Rodríguez De Luna, S. L. et al. (2020). Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: Impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *The Scientific World Journal*, 2020:1-38.
- Sepúlveda-Jiménez, G. et al. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*, 21(3): 355-363.
- Sharma, A. et al. (2019). Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. *Molecules*, 24(13): 2452.
- Soliman, M. H. et al. (2020). Saponin bioprimer positively stimulates antioxidants defense, osmolytes metabolism and ionic status to confer salt stress tolerance in soybean. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42: 1-13.
- Tanase, C. et al. (2019). Phenolic Natural Compounds and Their Influence on Physiological Processes in Plants. Watson RR (Ed) *Polyphenols in Plants*, 2nd ed. Academic Press: Cambridge, USA, 45–58.
- Tholl, D. (2015) *Biosynthesis and Biological Functions of Terpenoids in Plants*. Shrader J, Bohlmann J (Eds.). *Biotechnology of Isoprenoids*. Springer, Sitzerland, 63-106.
- Tukey, J. W. (1960). A survey of sampling from contaminated distributions. Olkin I (ed.). *Contribution to Probability and Statistics: Essays in Honor to Harold Hotelling*. Redwood City: Stanford University Press, USA. 448-485

- Vincken, J. P. et al. (2007). Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom, *Phytochemistry* 68: 275e297.
- War, A. R. et al. (2020). Plant defense and insect adaptation with reference to secondary metabolites. Mérillon, J. M., Ramawat, K.. (eds). *Co-Evolution of Secondary Metabolites. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham Switzerland. 795-822.
- Wink, M., Schimmer, O. (1999). Modes of action of defensive secondary metabolites. *Annual*
- Wuyts, N. et al. (2006). Extraction and partial characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa acuminata Grande naine*) roots. *Plant physiology and biochemistry*, 44(5-6): 308-314.
- Yozo, O, Kazuki, S. (2014). Roles of lipids as signaling molecules and mitigators during stress response in plants. *The Plant Journal*, 79(4): 584-596.
- Zang, Z. et al. (2022). An adaptive abiotic stresses strategy to improve water use efficiency, quality, and economic benefits of *Panax notoginseng*: Deficit irrigation combined with sodium chloride. *Agricultural Water Management*, 274: 107923.
- Zhishen, J. et al. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4): 555–559.



## Índice Remissivo

### A

Aquicultura, 38

### C

*Cajanus cajan* (L.) Millsp, 49, 51

### D

Desempenho zootécnico, 44

Distribuição longitudinal, 33

### E

Espaçamento, 49

### H

hojas, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24

### M

metabolismo, 14, 18, 20, 24

metabolitos primarios, 17, 18, 24

### S

salinidad, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

Segurança do trabalho, 7

Sistema de Recirculação Aquícola, 43

### T

tallos, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

### Z

*Zea mays* L., 49, 51

## Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-

books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 97 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 56 organizações de e-books, 40 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com), [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br).





**Pantanal Editora**  
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)