

**Alan Mario Zuffo**  
**org.**

**AVANÇOS**  
**NAS CIÊNCIAS**  
**FLORESTAIS**

---

**VOLUME II**



2022

**Alan Mario Zuffo**  
Organizador

**Avanços nas Ciências Florestais**  
**Volume II**



Pantanal Editora

2022

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. Albys 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 Argenteo-Martínez

Profa. Msc. Lidiane 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. Msc. 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)

Mun. Rio de Janeiro

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A946      Avanços nas Ciências Florestais II [livro eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 81p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-81460-33-4

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460334>

1. Florestas – Administração. 2. Ecologia florestal. I. Zuffo, Alan Mario.  
CDD 634.9

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**



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**

O avanço tecnológico é comum em todas as áreas de conhecimento, na área de Ciência Florestal não é diferente. As tecnologias florestais são fundamentais para o uso sustentável dos recursos naturais e na comercialização dos produtos florestais. A obra, vem a consolidar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano e na sustentabilidade dos recursos naturais.

O primeiro volume do e-book “Avanços nas Ciências Florestais II” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção e conservação dos recursos florestais. Nos capítulos são abordados os seguintes temas: produção de mudas de palmeira *Veitchia merrilli* em função do estágio de maturação do fruto; monitoramento remoto como ferramenta para detecção de incêndios florestais; variabilidade temporal e estimativa da temperatura do solo no interior de uma floresta ombrófila densa. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na Ciência Florestal. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

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 Avanços nas Ciências Florestais II os agradecimentos do organizador 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 a áreas de Ciência Florestal. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

O organizador


## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Apresentação .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Capítulo 1.....</b>   | <b>6</b>  |
| Produção de mudas de palmeira <i>Veitchia merrilli</i> em função do estágio de maturação do fruto .....  | 6         |
| <b>Capítulo 2 .....</b>  | <b>11</b> |
| Monitoramento remoto como ferramenta para detecção de incêndios florestais .....   | 11        |
| <b>Capítulo 3 .....</b>  | <b>29</b> |
| Variabilidade temporal e estimativa da temperatura do solo no interior de uma floresta ombrófila densa.....  | 29        |
| <b>Capítulo 4 .....</b>  | <b>42</b> |
| Caracterización morfofisiológica de un bosque natural mixto en “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México.....  | 42        |
| <b>Capítulo 5 .....</b>  | <b>62</b> |
| Caracterização Morfológica de Frutos, Sementes e Emergência de Plântulas de Guavira [ <i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg. – Myrtaceae]..... | 62        |
| <b>Índice Remissivo.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>Sobre o organizador.....</b>  | <b>81</b> |

## Caracterización morfofisiológica de un bosque natural mixto en “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México


Recebido em: 01/05/2022


Aceito em: 04/05/2022


 10.46420/9786581460334cap4

Leandris Argente-Martínez<sup>1\*</sup> 


Ofelda Peñuelas-Rubio<sup>1</sup> 


José Aurelio Leyva Ponce<sup>1</sup> 

Julio Cesar García Urías<sup>1</sup> 

Martina Hilda Gracia-Valenzuela<sup>1</sup> 

Jorge González Aguilera<sup>2</sup> 

Ovidio Alejandro Villaseñor-López<sup>3</sup> 

Alan Mario Zuffo<sup>4</sup> 

### INTRODUCCIÓN

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el complejo montañoso más largo y continuo de México, extendiéndose casi desde la frontera con Estados Unidos hasta el norte de Jalisco (Ferrari et al., 2018), con una extensión de 28 900 000 ha. En esta región, la existencia de bosques tiene un gran valor económico y ambiental por captar la mayor parte del agua que abastece a los mantos freáticos del noroeste que permiten irrigar amplias zonas de cultivo (Ortega-Rosas et al., 2008) y las cuencas hidrográficas como el Río Yaqui. Además, estos bosques coadyuvan a abastecer de agua y sedimentos a los manglares de marismas nacionales del noroeste (Descroix et al., 2004).

Los bosques existentes en la SMO contribuyen a la captura y balance carbonado para impedir el aumento de la temperatura debido a la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico. González-Elizondo et al. (2013) reportó una alta diversidad de especies en la SMO, entre ellas pinos, encinos y madroños, los cuales captan considerable cantidad de carbono, con la consecuente incorporación de oxígeno y de agua al ecosistema (Jiménez et al., 2018).

Mantener áreas boscosas, entonces, tiene importancia que va más allá de lo económico a lo ecológico. En México, se han establecido normas nacionales para la conservación de áreas protegidas

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Calle 600, Block 611, Bácum, San Ignacio Río Muerto, Sonora, México. C. P. 85275

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, MS, Brasil CP 79560-000.

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, Dr. Norman E. Borlaug Km. 14 S/N. Col. Cajeme, Sonora, México, CP: 85204.

<sup>4</sup> Departamento de Agronomía, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Campus Balsas, Praça Gonçalves Dias, s/n, Centro, CEP 65800-000, Balsas, MA, Brasil.

\* Autor(a) correspondente: oleinismora@gmail.com, Teléfono: +52 (644) 192 3560.

precisamente por su contribución a la purificación del ambiente, sin embargo, estas normas no son del todo atendidas (CONAFOR, 2010).

En el municipio de Yécora, Sonora, que forma parte de la SMO, Van Devender et al. (2013) realizaron algunos de los primeros estudios de diversidad de especies, y Dávila et al. (2018) registraron 1 776 especies en 330 000 ha. Villanueva-Díaz et al. (2018) reportaron que la flora existente en Yécora, era la mayor del Estado de Sonora, sin embargo, cada año la pérdida de la diversidad forestal en esta región es más significativa (Scheinvar et al., 2018). Actualmente, el avance de la deforestación en Yécora demuestra que se ha soslayado la importancia de sus áreas boscosas, las cuales actualmente son catalogadas en una situación de “grave deforestación” (Hernández et al., 2018). Esta situación se debe fundamentalmente a las prácticas irracionales de tala (Ramírez et al., 2011) y al desconocimiento de la contribución de los bosques al balance hídrico, carbonado y a la funcionalidad del ecosistema (Gómez et al., 2018).

Es conocida la importancia de la actividad fotosintética en las plantas por los aportes a la purificación del aire y por su contribución al ciclo hidrológico (Salmon et al., 2020). Existen evidencias de que la fotosíntesis está muy relacionada con la eficiencia de uso de minerales como el nitrógeno y el fósforo, siendo más eficientes las especies forestales que las de cultivo tradicional en el uso de estos macronutrientes (Hikosaka, 2004). En particular la actividad fotosintética en especies forestales contribuye significativamente al engrosamiento de los tallos (crecimiento radial) (De Roo et al., 2020), por lo que su alta eficiencia de carbolixilación se pudiera correlacionar con el volumen maderero, cuestión que puede corroborarse con el uso de isótopos estables de carbono y oxígeno, principalmente, para evaluar la fotosíntesis integrada en el tiempo (Argentel-Martínez et al., 2019).

Dada la importancia económica, ecológica y ambiental de los bosques, se realizan importantes esfuerzos destinados a su preservación, tal es el caso de un bosque ubicado en la localidad de “La Mesa del Campanero”, del municipio de Yécora, Sonora, México donde se realizó una caracterización de un bosque natural sin manejo a partir de variables morfológicas, dasométricas y fisiológicas, relacionadas con la contribución de las especies allí existentes a la captura de CO<sub>2</sub> y a la eficiencia de uso del agua.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Ubicación del área experimental***

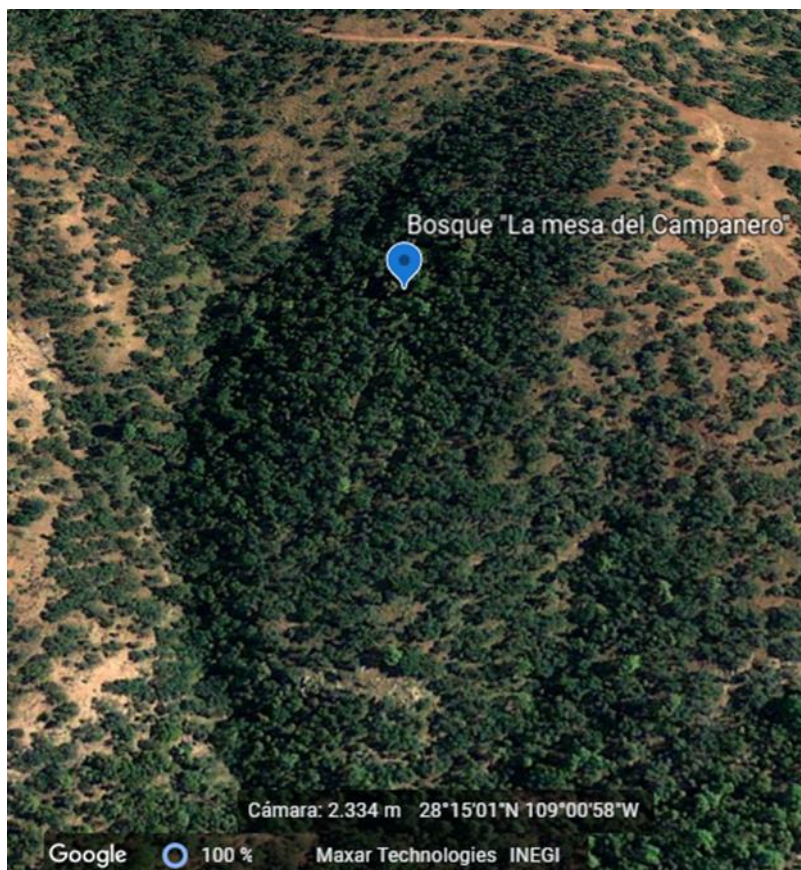
El estudio se desarrolló, en una parte de un área natural protegida al sur del estado de Sonora, específicamente en La Mesa el Campanero, perteneciente al municipio de Yécora (Figura 1).

Esta región está situada a 2 389 metros de altitud sobre el nivel medio del mar, en las coordenadas: 28° 15' 01" N y 109° 00' 58" W. La temperatura media es de 22 °C, donde generalmente ocurren lluvias



durante los meses de julio a septiembre, presentando una precipitación promedio anual de 1 023 mm, por lo que es la región de mayor volumen de precipitaciones del estado de Sonora (Olave et al., 2018).

La Mesa del Campanero tiene una superficie de 43 ha y se categoriza como zona sujeta a conservación ecológica, formando parte del corredor biogeográfico de la SMO y de la Cuenca de los ríos Yaqui y Mayo. En esta región se tiene como objetivo salvaguardar la integridad biológica y ecológica por medio de la regulación de actividades económicas como la tala (Atkinson, 2019).



**Figura 1.** Sitio Experimental donde se encuentra el bosque “La mesa del Campanero”.

### *Diseño experimental*

El área de estudio tuvo una superficie de 18 ha. Para las evaluaciones se conformaron tres bloques y en cada bloque se establecieron tres parcelas cuadradas de 100 m<sup>2</sup> siguiendo un diseño experimental, ajustado al área, de bloques al alzar dada la existencia de una pendiente media de 4.5%. Los bloques se establecieron perpendicularmente al sentido de la pendiente quedando ubicados de la siguiente forma: Bloque I: en la parte más alta; Bloque II en la parte media; y Bloque III: parte baja.

***Variables evaluadas***

Densidad del rodal: se cuantificó siguiendo la metodología propuesta por Malmberg y Smith (1982) y se contó el número de especies y cantidad de individuos de cada especie en cada rodal, expresado en base a una hectárea. Cuando se realizaba esta medición se tomaron los datos de la cantidad de género y especies, haciendo uso de las claves taxonómicas para facilitar el inventario, y a partir de estos datos se determinaron las frecuencias según la metodología empleada por Verdugo et al. (2010).

Diámetro normal del fuste: para determinar el diámetro normal (DN) a una altura de 1.3 m, se siguió la metodología propuesta por González et al. (2018). Se consideró un diámetro mínimo de 0.15 m para considerarlo parte del arbolario. Se empleó una cinta diametral (TRUPER) de 5 m.

Altura del fuste: (AF) Se realizó hasta la sesión de cruce o altura del primer verticilo vivo, empleando un hipsómetro (SUUNTO) de fabricación alemana con una precisión del 99.3%. Se tomaron tres clases de altura (porte bajo (2.5- 5.0 m), medio (5.1- 8.0 m.) y alto (altura mayor de 8.1 m) (González et al., 2018).

***Mediciones de la copa***

se determinó la altura de la copa (HC) con el hipsómetro antes mencionado, tomando la altura como la diferencia entre la lectura obtenida en la parte terminal del árbol y la altura del primer verticilo vivo, siguiendo la metodología propuesta por (López; Nieto de Pascual, 2019). El diámetro de la copa (DC) se obtuvo mediante la semisuma de dos medidas del diámetro de manera perpendicular. Con los datos obtenidos a partir de estas mediciones se determinó el índice de copa viva (ICV) mediante el cociente de la altura de la copa y la altura total del árbol.

***Intercambio de gases de las especies encontradas***

El intercambio de gases se midió en hojas totalmente expuestas a la radiación solar directa, en los meses de abril-junio a intervalos quincenales, se utilizó un sistema portátil (LI-6 400XT, LI-COR, Inc.) que mide concentración de CO<sub>2</sub> y vapor de agua mediante un espectrómetro que opera en el espectro infrarrojo del equipo (IRGA, analizador de gases en el espectro infrarrojo). Las mediciones se realizaron entre las 10:00 am y las 11:00 am en días soleados. Para esta medición, en cada hoja muestreada se tomaron tres repeticiones a intervalos de 8 s. En cada planta se muestreaban tres hojas bien expuestas a la radiación solar directa. Se utilizaron cámaras de luz natural para muestras normales y una para coníferas. Las hojas se insertaron, por su parte central, en la cámara de intercambio gaseoso de 3.0 x 2.0 cm (similares dimensiones para ambos tipos de cámara). Todas las mediciones se realizaron con una intensidad luminosa superior a 1 500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , y con una concentración de CO<sub>2</sub> de 400  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  con un caudal constante de 500  $\mu\text{mol s}^{-1}$ . Las variables medidas fueron la fotosíntesis máxima (A max) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y

transpiración (E) ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A partir de estas dos variables se determinó la eficiencia de uso de agua (Guerrieri et al., 2019).

### ***Análisis estadísticos***

Una vez comprobado el cumplimiento de los supuestos teóricos de normalidad de varianza y homogeneidad de los datos (Kolmogorov, 1933), se determinaron los indicadores estadísticos: media, desviación estándar y se elaboraron gráficas de estadística descriptiva como la frecuencia por género y especies. También se realizó un análisis de varianza de clasificación doble, basado en un modelo lineal de efecto fijo con arreglo factorial (Fisher, 1937) para las variables dasométricas y fisiológicas. Cuando existieron diferencias significativas entre las medias de estas variables, se usó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (Tukey, 1960) para un nivel de significación del 1% ( $p < 0.01$ ). En estos análisis se determinaron los indicadores estadísticos: error estándar de la media (SE), coeficiente de variación (CV) y de determinación sin ajustar ( $R^2$ ).

Para analizar las variables de manera combinada y poder establecer similitudes morfológicas y fisiológicas entre las especies encontradas en el bosque, se realizó un análisis de conglomerados jerárquico de ligamento completo basado en una matriz de distancia euclidiana (Rohlf; Fisher, 1968). Para todos los análisis se empleó el paquete estadístico profesional ESTADÍSTICA, versión 8.0 (Windows).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

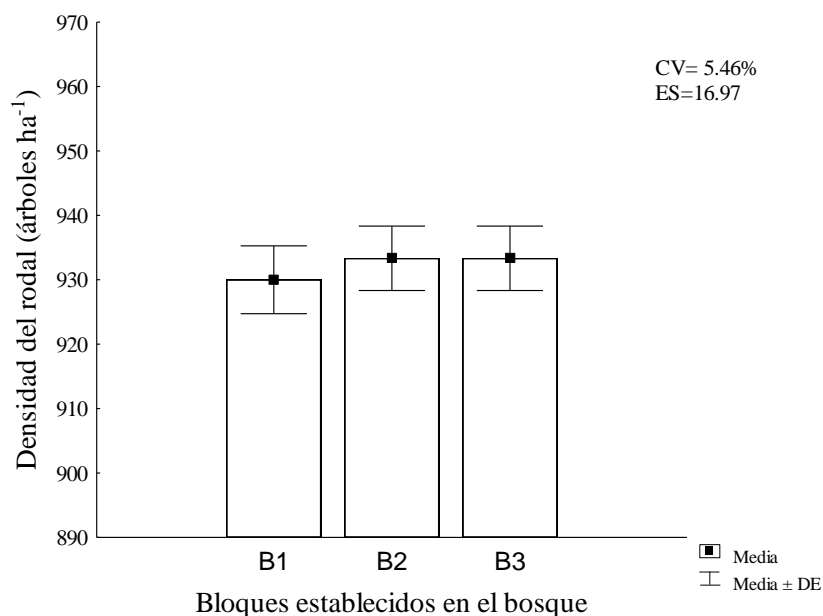
### ***Densidad del rodal en los bloques establecidos***

En el estudio realizado se encontró una densidad promedio de 932 árboles por hectárea, clasificando como densidad alta, sin existir diferencias significativas entre los bloques establecidos ( $p=0.0632$ ), (Figura 2), lo que demuestra que la pendiente del suelo no influyó significativamente en la diversidad y distribución natural de las especies y que estas fueron creciendo de manera uniforme sin que se produjeran emergencias o muertes por efecto de la pendiente. Además, este resultado alude a que no existió intervención del hombre para regular la densidad, por lo que clasifica como un bosque sin manejo.

En la caracterización de los rodales, la densidad ha sido un indicador eficiente para calcular el grado de ocupación del arbolado de un lugar específico en un tiempo dado. La densidad es una de las pocas variables que representan de manera sencilla y objetiva la estructura de las áreas forestales (García et al., 2019).

Actualmente tanto para bosques con manejo como los sin manejo, las guías de densidad son un instrumento eficaz y práctico en la planeación de los tratamientos silvícolas (García et al., 2019), aunque en el bosque objeto de estudio la intención es mantener el mínimo manejo intencionado del ecosistema. Aun así, quizás para efectos de una mejor distribución de la luz en el área foliar fotosintéticamente activa,

podieran ser aplicados aclareos y el crecimiento de los fustes sería más uniforme en las especies existentes. Con un estudio más detallado de la línea de aclareo se pudiera tomar decisiones sobre cuándo y cómo eliminar en cada etapa de desarrollo del arbolado los individuos de menor tasa de desarrollo lo que permitiría una mayor productividad del bosque (Návar-Cháidez; Jurado-Ybarra, 2009).



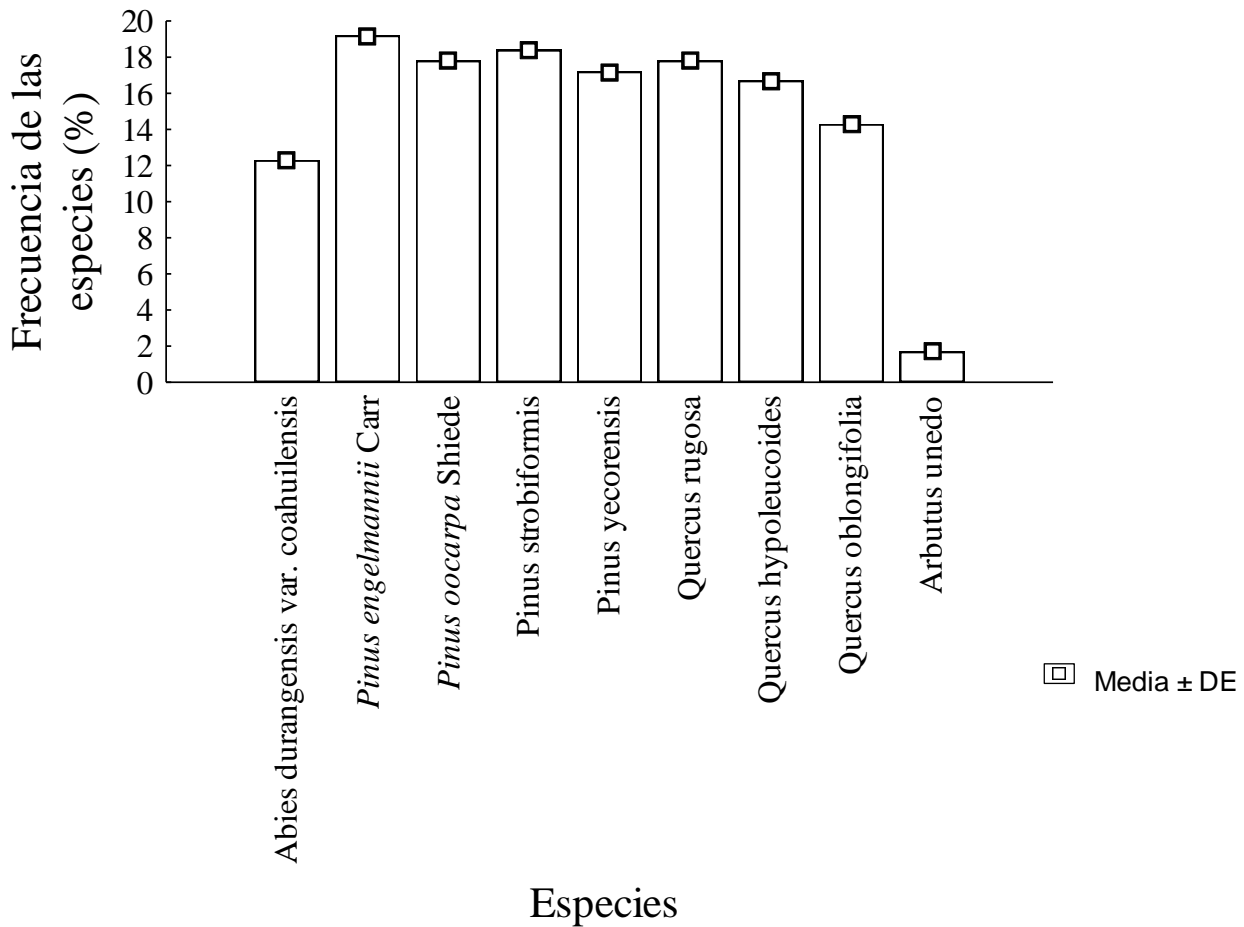
**Figura 2.** Densidad de los rodales conformados en los bloques experimentales establecidos en el bosque de “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México. CV: coeficiente de variación; ES, error estándar; DE: desviación estándar.

### *Frecuencia de las especies*

En el bosque se encontraron un total de nueve especies (Figura 3) pertenecientes a los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Arbutus*. Las mayores frecuencias la presentaron las especies *Pinus engelmannii* Carr y *Q. rugosa* con 23% y 22%, respectivamente, seguidas por *Pinus yecorensis* con una frecuencia del 12%. Las especies de menor frecuencias fueron *Abies durangensis* var. *coahuilensis* y *A. unedo* con 3.5% y 2%, respectivamente.

Es muy frecuente, debido fundamentalmente a las bajas temperaturas, encontrar alta frecuencia de pino y encino en la SMO, principalmente en la región de Yécora que colinda al noroeste con el Estado de Chihuahua (Paredes et al., 2020). Por su parte, *A. unedo* que presentó la menor frecuencia tiene condiciones de hábitat para desarrollarse a esta altitud donde se realizó el estudio (más de 2 000 m snm). El principal hábitat de *A. unedo* es en los encinares, alcornocales y en los matorrales mal manejados y deforestados con gran degradación en los suelos. Además, se puede encontrar esta especie forestal en terrenos calcáreos o

ácidos, debido a su buena adaptación a suelos secos y profundos, aunque requiere un clima de temperatura entre 2-18 °C.



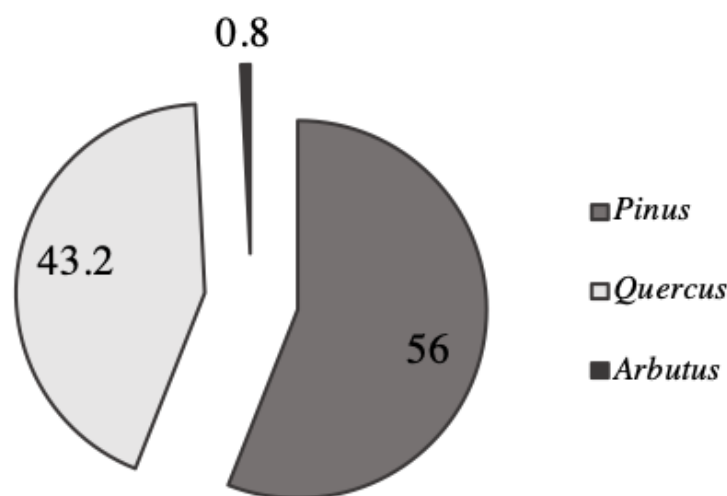
**Figura 3.** Frecuencia de especies existentes en el bosque de “La Mesa del Campanero” Cuadros sobre las columnas representan la media  $\pm$  desviación estándar (DE).

*A. unedo* tiene capacidad y adaptabilidad a condiciones de baja iluminación por lo que es adaptable a bosques donde otras especies han crecido y son dominantes como los pinos y los encinos en el presente estudio. Esta es una especie de gran utilidad para curtir las pieles a nivel artesanal y son utilizados en medicina popular como astringente natural por su contenido abundante y diverso de compuestos fenólicos y taninos en hojas y corteza (Carrillo; Almagro, 2018). Por la importancia de esta especie su estudio detallado, incluyendo mecanismos fisiológicos adaptativos y su capacidad de reproducción, permitiría identificar formas de propagación para incrementar la frecuencia en las áreas boscosas de la SMO.

### ***Frecuencia por género***

Los géneros encontrados presentaron frecuencias de 56.0%, 43.0% y 0.8%, respectivamente para *Pinus*, *Quercus* y *Arbutus*. La existencia de una mayor frecuencia de los géneros *Pinus* y *Quercus* (Figura 4)

demuestra el grado de asociación natural de estas dos especies en muchas regiones altas de la SMO donde las bajas temperaturas favorecen su desarrollo (Villanueva-Díaz et al., 2018).



**Figura 4.** Frecuencia de los géneros encontrados en el Bosque de “La Mesa del Campanero” expresada en porcentaje (%).

Existen algunos reportes que establecen que los bosques de pino-encino albergan la más alta diversidad florística en México (González-Rodríguez et al., 2019) y sostienen que la SMO es particularmente rica en esta asociación natural, ya que posee la mayor superficie con bosques templados en el país, con una tendencia a ser bosques naturales. Algunos autores denominan bosques naturales a aquellos donde la mano del hombre no ha intervenido para la obtención intencionada de madera y solo se realizan trabajos de conservación (García et al., 2019; Otavo; Echeverría, 2017).

Entre las áreas que han sido reconocidas como megacentros de diversidad, por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en México se encuentra el norte de la SMO (González-Elizondo et al., 2011). Ávila-González et al. (2019) publicaron que encontraron más de 2 800 especies de plantas para la cuenca del Río Mayo, en el declive occidental de la SMO, mientras que en otros reportes se han documentado 2 081 especies para el área Huichola, en el extremo sur de la SMO, la cual cuenta con la mayor diversidad de asociaciones de pinos- encinos - madroños a nivel mundial (García et al., 2019). Quizás el área en estudio en la presente investigación, la cual cuenta con una extensión de solo 18 ha, pueda ser considerada como una propuesta práctica de bosque protegido o centro de diversidad de especies.

#### ***Diámetro y altura de los fustes y de la copa***

En el estudio realizado se obtuvo un diámetro normal promedio de los fustes del bosque de  $0.57 \pm 0.16$  m, variable que estima una edad media de  $52 \pm 2$  años (Hernández-Ramos et al., 2020), demostrando

la ausencia de intervención humana para obtener producciones. En la evaluación de estas variables, se pudo inferir que por efecto de las especies la variabilidad encontrada fue explicada en un 99.7% para el diámetro y en un 99.2% la altura del fuste (coeficiente de determinación sin ajustar). Este resultado generalmente solo se encuentra en bosques naturales mixtos sin manejo donde la diversidad de especies genera variabilidad en los indicadores dasométricos. Aun así, se encontraron diferencias significativas entre la mayoría de las especies y en todas las variables evaluadas (Cuadro 1).

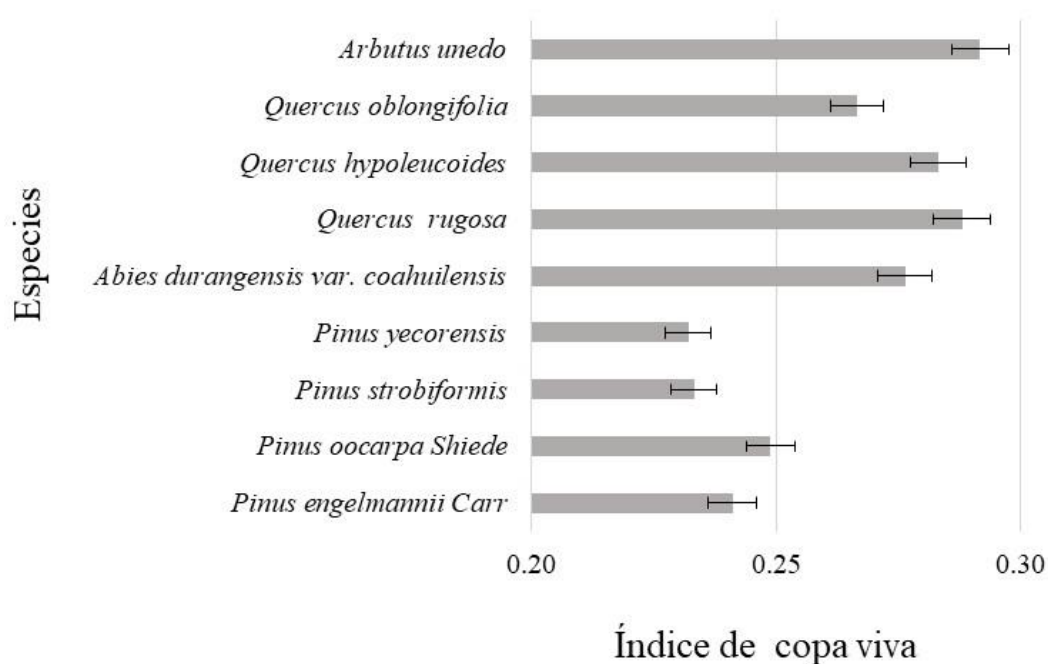
La AC (mínima de 0.7 m en *Arbutus unedo* y máxima 7.2 m en *Quercus rugosa*) y DC (mínima de 1.3 m en *Arbutus unedo* y máximo 10.2 m en *Quercus rugosa*) contribuyeron a que los porcentajes de variabilidad (coeficientes de variación) fueran altos (superior a 21%) en el bosque estudiado.

Los valores más altos de ICV lo presentaron las especies *Arbutus unedo*, *Quercus rugosa* y *Quercus hypoleucoides*, mientras que el menor valor correspondió a *Pinus yecorensis*. A nivel de género el promedio de ICV fue superior en *Arbutus* con un ICV=0.29 seguido por *Quercus* con ICV=0.28, mientras que en el género *Pinus* fue de ICV= 0.25.

**Cuadro 1.** Características dasométricas de las especies existentes [diámetro normal (DN), altura del fuste (AF), altura de la copa (AC) y diámetro de la copa (DC)] de las especies existentes en “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México. ES. Error estándar de la media, CV: coeficiente de variación, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación sin ajustar.

| Especie   | Variables dasométricas evaluadas (m) |                           |                         |                         |
|---|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   | DN                                   | AF                        | AC                      | DC                      |
| <i>Pinus engelmannii</i> Carr                     | 0.75 ± 0.02 <sup>a</sup>             | 19.2 ± 0.25 <sup>a</sup>  | 6.1 ± 0.4 <sup>b</sup>  | 8.1 ± 0.4 <sup>b</sup>  |
| <i>Pinus oocarpa</i> Shiede                       | 0.63 ± 0.08 <sup>c</sup>             | 17.8 ± 0.21 <sup>c</sup>  | 5.9 ± 0.3 <sup>c</sup>  | 7.2 ± 0.1 <sup>c</sup>  |
| <i>Pinus strobiformis</i>                         | 0.58 ± 0.04 <sup>d</sup>             | 18.4 ± 0.33 <sup>ab</sup> | 5.6 ± 0.5 <sup>c</sup>  | 7.2 ± 0.3 <sup>c</sup>  |
| <i>Pinus yecorensis</i>                           | 0.71 ± 0.01 <sup>b</sup>             | 17.2 ± 0.10 <sup>c</sup>  | 5.2 ± 0.1 <sup>cd</sup> | 6.2 ± 0.3 <sup>d</sup>  |
| <i>Abies durangensis</i> var. <i>coahuilensis</i> | 0.77 ± 0.02 <sup>a</sup>             | 12.3 ± 0.04 <sup>b</sup>  | 4.7 ± 0.2 <sup>d</sup>  | 6.9 ± 0.5 <sup>c</sup>  |
| <i>Quercus rugosa</i>                             | 0.53 ± 0.11 <sup>e</sup>             | 17.8 ± 0.03 <sup>c</sup>  | 7.2 ± 0.3 <sup>a</sup>  | 10.2 ± 0.2 <sup>a</sup> |
| <i>Quercus hypoleucoides</i>                      | 0.55 ± 0.16 <sup>de</sup>            | 16.7 ± 0.03 <sup>e</sup>  | 6.6 ± 0.1 <sup>b</sup>  | 9.9 ± 0.7 <sup>a</sup>  |
| <i>Quercus oblongifolia</i>                       | 0.64 ± 0.13 <sup>c</sup>             | 14.3 ± 0.01 <sup>f</sup>  | 5.2 ± 0.1 <sup>cd</sup> | 8.6 ± 0.4 <sup>b</sup>  |
| <i>Arbutus. unedo</i>                             | 0.16 ± 0.02 <sup>f</sup>             | 1.7 ± 0.01 <sup>h</sup>   | 0.7 ± 0.25 <sup>c</sup> | 1.3 ± 1 <sup>e</sup>    |
| ES  | 1.34                                 | 1.44                      | 0.48                    | 0.72                    |
| CV  | 17.6                                 | 14.5                      | 26.35                   | 28.44                   |
| R <sup>2</sup>                                    | 0.997                                | 0.992                     | 0.991                   | 0.986                   |

Superíndices con letras diferentes en una misma columna representan diferencias por la prueba de Tukey para un nivel de significación del 1%.



**Figura 5.** Índice de copa viva de las especies encontradas en el bosque de “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México. Barras horizontales sobre la línea de índices de copa viva, en cada especie, representan desviación estándar.

El estudio de las variables que se relacionan con la copa de los árboles radica en que es un indicador eficiente del estado fisiológico y nutricional de los árboles. Existen evidencias de correlaciones significativas entre las características de la copa de los árboles y el crecimiento, ya que la cantidad de luz que intercepta la copa determina en gran medida el crecimiento del árbol debido a la existencia de mayor superficie fotosintéticamente activa (De Roo et al., 2020). A mayor superficie fotosintéticamente activa en las copas de los árboles existirá mayor fijación de CO<sub>2</sub>, liberación de oxígeno y agua en el flujo transpiratorio, lo que beneficiará el desarrollo del árbol y la purificación del ambiente en el ecosistema (Saavedra-Romero et al., 2019).

#### ***Porte de las especies encontradas en el bosque***

En la investigación realizada se pudo constatar que el 53% de las especies clasificaron como especies de porte alto, el 23.4% clasificaron como porte medio e igual valor para las especies de porte bajo (Cuadro 2). Esta variabilidad de porte de las especies indica la necesidad de hacer aclareos para lograr la homogeneidad del crecimiento de las especies, aunque es una labor relativamente difícil en bosques naturales mixtos.



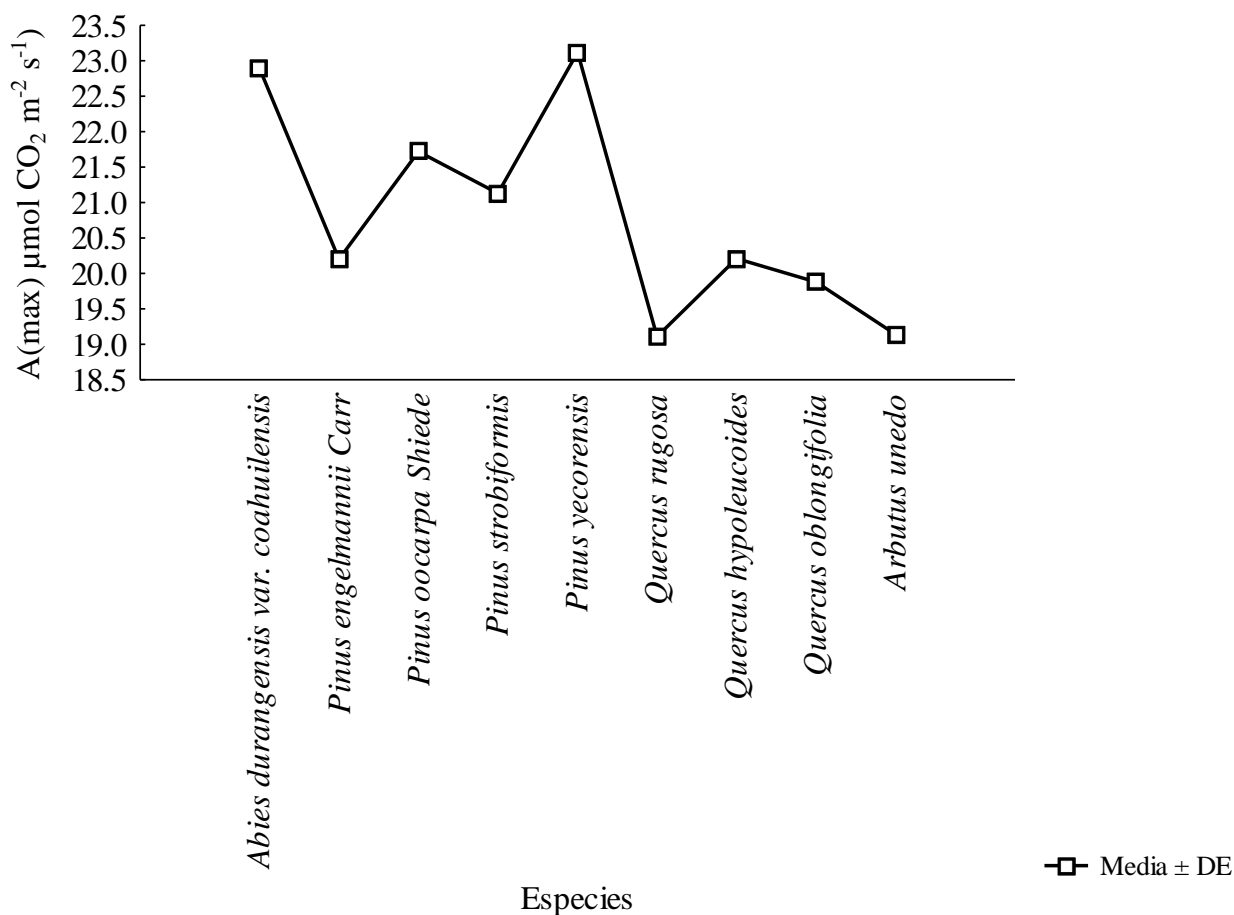
**Cuadro 2.** Porte medio general de las especies existentes en el bosque de La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México.

| Especies  | Porte de las especies (%) |       |      |
|---|---------------------------|-------|------|
|   | Bajo                      | Medio | Alto |
| <i>Pinus engelmannii</i> Carr                     | 8.4                       | 35.2  | 56.4 |
| <i>Pinus oocarpa</i> Shiede                       | 18.9                      | 26.4  | 54.7 |
| <i>Pinus strobiformis</i>                         | 13                        | 33.8  | 53.2 |
| <i>Pinus. yecorensis</i>                          | 10                        | 12    | 78   |
| <i>Abies durangensis</i> var. <i>coahuilensis</i> | 36.4                      | 16.5  | 47.1 |
| <i>Quercus rugosa</i>                             | 2                         | 12.8  | 85.2 |
| <i>Quercus. hypoleucoides</i>                     | 21                        | 21.3  | 57.7 |
| <i>Quercus. oblongifolia</i>                      | 31                        | 24    | 45   |
| <i>Arbutus. unedo</i>                             | 70.2                      | 28.9  | 0.9  |

Se reconoce que por distintas razones, las áreas forestales que representan más del 70.0% del territorio nacional de México, han tenido una baja prioridad dentro de las políticas públicas de conservación y reforestación en la última década. Esta situación ha derivado en la devastación de grandes superficies de bosques, sin pensar en programas de reforestación (Monjardín-Armenta et al., 2017). La causa fundamental ha sido la tala malintencionada e irracional de árboles de todos los portes. Este proceso conduce a la desaparición de la vegetación fotosintéticamente activa incrementándose las concentraciones de CO<sub>2</sub> en el ambiente y el consiguiente incremento de la temperatura que propicia el cambio climático (Olguin et al., 2018). Múltiples regiones de México, debido a la deforestación, en pocos años, dejarán de ser bosques y pasarán a vegetación de zonas áridas (Segoviano et al., 2019).

#### **Actividad fotosintética y a la eficiencia de uso del agua de las especies**

La actividad fotosintética máxima promedio de las especies del bosque fue de 20.82  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Figura 6a). Solo las especies *Q. rugosa* y *A. unedo* presentaron actividades menores a este valor. El resultado obtenido demuestra la contribución a la captura y balance carbonado en el ecosistema, impidiendo que se produzcan incrementos significativos de la concentración de CO<sub>2</sub>. Los mayores valores se encontraron el género *Pinus* y en particular las especies *Pinus yecorensis* y *Abies durangensis* var. *coahuilensis* superaron a las demás, con valores superiores a 22.5  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

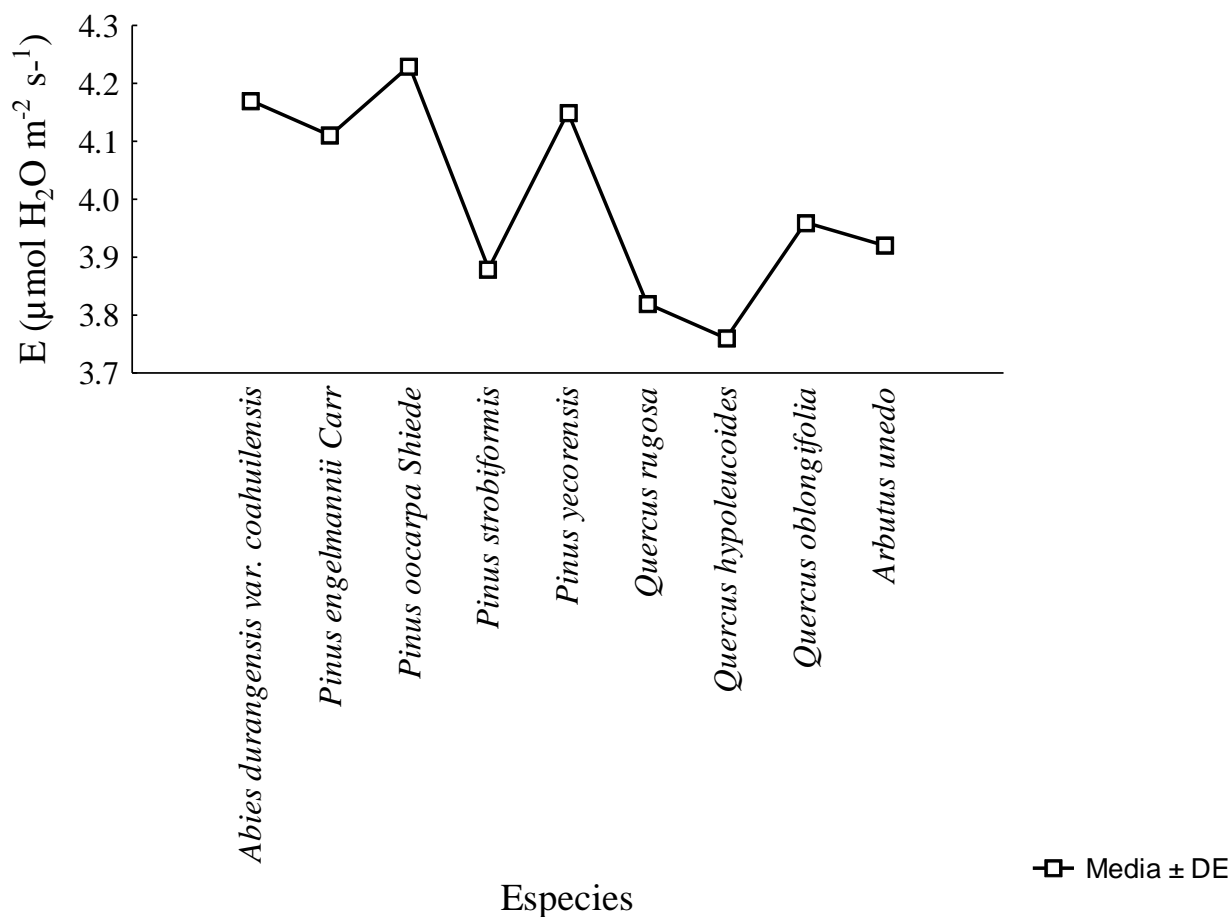


**Figura 6.** Fotosíntesis máxima (A Max) en las especies encontradas en el bosque de “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México. .DE: Desviación estándar.

En varios estudios realizados en especies de pino y de encino en la región de San Luis Potosí se han reportado valores de fotosíntesis en pino entre 20 - 27  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Lara et al., 2008) variando estos valores en dependencia de las condiciones edáficas y climáticas, principalmente de la disponibilidad hídrica (Anderegg et al., 2015). En especies de encino también se han encontrado valores de fotosíntesis que varían desde 18-32  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  presentando mayor variabilidad esta especie que el pino, quizás por la morfología de la hoja que puede provocar autosombreo (Ruehr et al., 2019; Castell et al., 1994). El valor promedio general de actividad fotosintética obtenido en los árboles que conforman el bosque permite calcular que en un año un árbol puede capturar 121.57 g C  $\text{m}^{-2}$ . Este resultado evidencia la importancia que puede tener mantener estos bosques naturales para la purificación del ambiente y para disminuir las concentraciones de  $\text{CO}_2$  que ocasionan incrementos de la temperatura. Incluso, indica la importancia de establecer especies forestales en las proximidades a la ciudad para que no siga aumentando la temperatura por el incremento de la concentración de  $\text{CO}_2$  (Roxon et al., 2020).

La transpiración promedio entre todas las especies fue de 4.0  $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Figura 7), ello denota la eficiencia de carboxilización sin afectar el estado hídrico de la planta para mantener una

conductancia estomática alta y en consecuencia más tiempo los estomas abiertos para que se produzca la entrada del CO<sub>2</sub> (Fauset et al., 2019). En el presente estudio el género *Pinus*, particularmente la especie *Pinus oocarpa* Shiede presentó los mayores valores de transpiración.

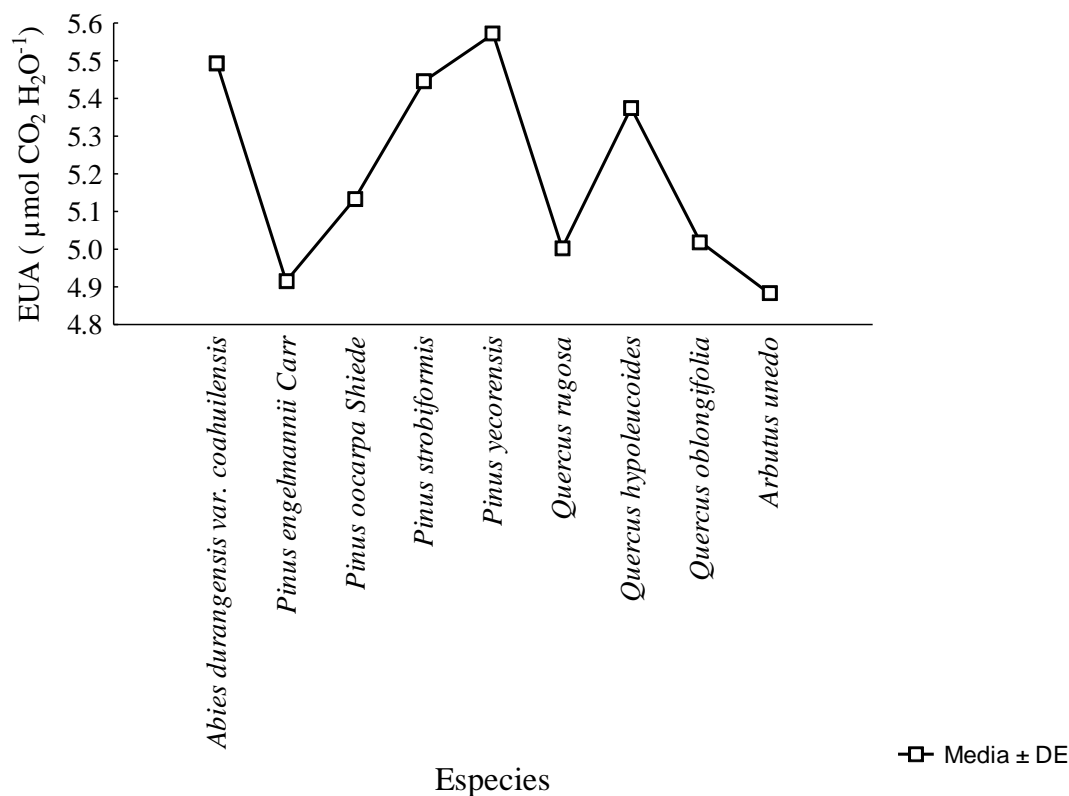


**Figura 7.** Transpiración (E) en (b) en las especies encontradas en el bosque de “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México. .DE: Desviación estándar.

Aunque la transpiración depende de la luz, la temperatura y el estado hídrico de la planta, este último elemento es el que más influye en los valores transpiratorios diurnos (Wang et al., 2020). Cuando la transpiración media general diurna se encuentra en valores próximos a 3 μmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> se entiende que el potencial hídrico de las raíces es suficientemente más bajo que el del suelo y por tanto no existen limitantes para mantener la absorción de agua, lo que permite inferir que existe disponibilidad hídrica suficiente en el suelo y en el cuerpo de la planta (Liu et al., 2019). Normalmente en pinos en condiciones óptimas se tienen valores de transpiración entre (2.2 - 4.79 μmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) siendo los valores más cercanos al límite inferior de este intervalo, cuando las plantas crecen en regiones altas, pero con clima seco (Anderegg et al., 2015).

La transpiración media general de un solo árbol en esta región, calculada por linealidad, tendría un valor de 12.6 mm de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> año. Este valor de actividad transpiratoria de cada árbol, permite inferir que los reservorios de humedad del suelo no se verían afectados por la transpiración ocurrida durante el año para desarrollar la fotosíntesis debido a que sus valores se encuentran en los parámetros normales de las especies estudiadas.

La eficiencia de uso de agua se mantuvo entre 4.9 y 5.6  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ H}_2\text{O}^{-1}$ ) con un promedio de 5.2  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ H}_2\text{O}^{-1}$ , obteniéndose el mayor valor de EUA en la especie *Pinus yecorensis* (Figura 8). Los altos valores obtenidos en este indicador fueron atribuidos a la alta actividad fotosintética. En general el género *Pinus* presentó los mayores valores de EUA.

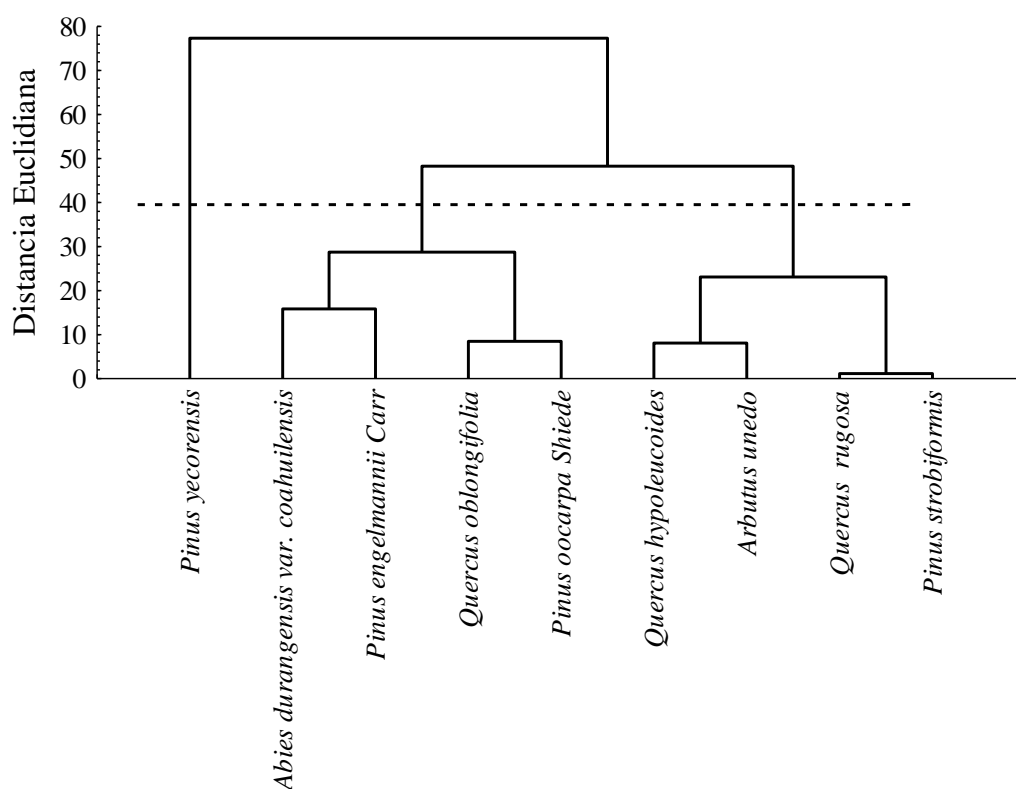


**Figura 8.** Eficiencia de uso de agua en las especies encontradas en el bosque de “La Mesa del Campanero”, Yécora, Sonora, México. .DE: Desviación estándar.

La eficiencia de uso de agua en las especies forestales es un indicador preciso de la conductancia estomática, valor que se determina por la entrada y/o salida de gases por los estomas (Wang et al., 2020). La EUA evidencia el estado hídrico del vegetal. A mayor eficiencia de uso de agua indica que se consume o libera menor volumen de agua para realizar la fotosíntesis, por tanto, la tasa de desarrollo es mayor (Flexas et al., 2013).

***Agrupamiento de los individuos según la similitud de las variables evaluadas***

A Partir de las variables evaluadas, mediante el análisis de conglomerados las especies existentes en el bosque se aglutinaron en tres grupos de similitudes. El grupo I, lo integró solamente la especie *Pinus yecorensis* y presentó los mayores valores promedios de las variables evaluadas. En el grupo II se aglutinaron las especies: *Abies durangensis var. coahuilensis*, *Pinus engelmannii Carr*, *Q. oblongifolia* y *Pinus oocarpa Shiede*; y el grupo III se formó por las especies *Quercus hypoleucoides*, *Arbutus unedo*, *Quercus rugosa* y *Pinus strobiformis*. (Figura 9).



**Figura 9.** Dendrograma obtenido para el agrupamiento de las especies forestales encontradas en el bosque de “La Mesa del Campanero”, Yécora, México.

En los grupos II y III se aglutinaron tanto especies de los géneros *Pinus* como *Quercus*, evidenciando la funcionalidad de la asociación natural pino - encino existente en Sierra madre occidental de México (Figura 8).

La importancia del cuidado de los bosques en la región del sur de Sonora ha sido reportada en los últimos años (Carrillo-Reyes, 2008; Mayfield; Steinmann, 2010; González-Elizondo et al., 2012), lo que revela el gran interés científico por el desarrollo forestal de la región (Arriaga et al., 2000).

Cada vez se hace más necesario y urgente prestar atención al cuidado de la flora de la región de Yécora, justo desde que fue estudiada por Pinedo et al. (2007). Actualmente se plantea que en esta región

existe una flora del 30% más diversa que la de las Huachuca Mountains del sureste de Arizona (Van Devender; Reina, 2005; García et al., 2019), por ello es importante conservarla como patrimonio nacional que alberga gran cantidad de especies de aves que han acudido al lugar para perpetuar su especie ya que fueron asediadas por el desarrollo agrícola y por prácticas irracionales de cultivo en regiones aledañas (Ortega-Rosas et al., 2008).

Tomar como referencia bosques naturales sin manejo, para el monitoreo de variables morfológicas, dasométricas y fisiológicas tiene gran importancia práctica ya que permite inferir cómo, de manera natural existen ajustes en los procesos relacionados con la productividad primaria de los ecosistemas sin prescindir de ninguna de las especies existentes. El capital forestal se ha visto amenazado por la pérdida y la degradación de las zonas boscosas (Arriaga; Gómez, 2004). Los costos económicos del agotamiento de los recursos forestales, la falta de políticas económicas medioambientales, la deforestación y los incendios amenazan la funcionalidad de los ecosistemas, los que a mediano plazo están modificando el ambiente. Se impone la necesidad de proteger estos bosques naturales como en “La Mesa del Campanero” y fomentar nuevas áreas forestales donde el mayor interés no sea el capital económico que puede aportar, sino la satisfacción de contribuir a mitigar los problemas del cambio climático en México.

## CONCLUSIONES

En el bosque de la “Mesa del Campanero” se encontraron nueve especies forestales, demostrando la considerable diversidad de especies existentes y la funcionalidad del bosque mixto. Los géneros con mayores frecuencias encontrados fueron *Pinus* y *Quercus* con 56% y 43% respectivamente. Más del 50% de las especies encontradas clasificaron como especies de porte alto con índices de copa viva promedio de 0.23. El bosque presentó alta actividad fotosintética ( $20.8 \pm 1.49 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  en promedio entre todas las especies encontradas) y una transpiración media general de  $4 \pm 0.16 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , lo que denota su contribución a la capacidad de captura y balance carbonado del ecosistema y al ciclo hidrológico de la región. La eficiencia de uso de agua, se mantuvo alta ( $5.2 \pm 0.16 \mu\text{mol CO}_2 \text{ H}_2\text{O}^{-1}$ ) por efecto de la alta fotosíntesis existente en el bosque.

## REFERENCIAS

- Anderegg WR et al. (2015). Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate. *New Phytologist*, 208(3): 674-683.
- Argentel-Martínez L et al. (2019). Algunos usos de técnicas de isótopos estables en ciencia forestal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(1): 3-11.

- Arriaga CL et al. (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Recuperado de: <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/1036.pdf>
- Arriaga L, Gómez L (2004). El cambio climático y la vegetación en México. En: Martínez J, Fernández BA. Cambio climático: Una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología. México, D.F., México. 255-265.
- Atkinson TH (2019). Escarabajos descortezadores y ambrosiales (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) de Sonora, México. *Dugesiana*, 26(1): 41-49.
- Ávila-González H et al. (2019). *Bletia santosii* (Orchidaceae), una especie nueva para Sinaloa, México. *Brittonia*, 71(4): 359-368.
- Carrillo LAF, Almagro PD (2018). Árboles monumentales de la Región de Murcia tras el comienzo del siglo XXI. *Revista Eubacteria*, 37(4): 23-29.
- Carrillo-Reyes P (2008). A new species of *Perityle* (Asteraceae, Perityleae) from Western Mexico. *Systematic Botany*, 33(2): 459-461.
- Castell C et al. (1994). Water relations, gas exchange, and growth of resprouts and mature plant shoots of *Arbutus unedo* L. and *Quercus ilex* L. *Oecologia*, 98(2): 201-211.
- Conafor (2010). *Prácticas de reforestación*. Manual Técnico. *Jalisco*, México: Comisión Nacional Forestal.
- Dávila P et al. (2018). Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3): 462-514.
- De Roo L et al. (2020). Woody tissue photosynthesis increases radial stem growth of young poplar trees under ambient atmospheric CO<sub>2</sub> but its contribution ceases under elevated CO<sub>2</sub>. *Tree Physiology*. tpa085.
- Descroix L et al. (2004). La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Institut de Recherche pour le Développement. Durango, México. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication>
- Fauset S et al. (2019). Contrasting responses of stomatal conductance and photosynthetic capacity to warming and elevated CO<sub>2</sub> in the tropical tree species *Alchornea glandulosa* under heatwave conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 158: 28-39.
- Ferrari L et al. (2018). Cenozoic magmatism and extension in western Mexico: Linking the Sierra Madre Occidental silicic large igneous province and the Comondu Group with the Gulf of California rift. *Earth-Science Reviews*, 183: 115-152.
- Fisher RA (1937). *The Design of Experiments*. Edinburgh; London: Oliver and Boyd.
- Flexas J et al. (2013). Diffusional conductances to CO<sub>2</sub> as a target for increasing photosynthesis and photosynthetic water-use efficiency. *Photosynthesis Research*, 117: 45-59.

- García GSA et al. (2019). Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53): 41-63.
- Gómez TGD et al. (2018). Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50): 9-34.
- González JA et al. (2018). Estimación de la biomasa arbórea de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster* en Galicia. *Recursos Rurais*, 1(1): 21-30.
- González-Elizondo MS et al. (2011). *Pinus maximartinezii* Rzed., primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. *Acta Botánica Mexicana*, 96: 33-48.
- González-Elizondo MS et al. (2012). Vegetación de la sierra madre occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 100: 351-403.
- González-Elizondo MS et al. (2013). Ecosystems and diversity of the Sierra Madre Occidental. *USDA Forest Service Proceedings RMRS*. 204-211.
- González-Rodríguez H et al. (2019). Depósito de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques de pino-encino y matorrales en el noreste de México. *Madera y Bosques*, 25(3): 1-16.
- Guerrieri R et al. (2019). Disentangling the role of photosynthesis and stomatal conductance on rising forest water-use efficiency. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(34): 16909-16914.
- Hernández CME et al. (2018). Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México. *Investigaciones Geográficas*, 95: 2-14.
- Hernández-Ramos J et al. (2020). Estimación de la edad de *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) a partir del diámetro normal en poblaciones del sureste mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 68(1): 200-217.
- Hikosaka K (2004). Interspecific difference in the photosynthesis–nitrogen relationship: patterns, physiological causes, and ecological importance. *Journal of plant research*, 117(6): 481-494.
- Jiménez JCM et al. (2018). Ecuaciones de biomasa aérea y volumen para *Pinus halepensis* Mill., en Coahuila, México. *Madera y Bosques*, 24: 1-11.
- Kolmogorov AT (1933). Kolmogorov AT. *Basic Concepts of Probability Theory*. Berlin: Julius Springer, p. 62.
- Lara PC et al. (2008). Dinámica sucesional del encinar de la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Madera y bosques*, 14(1): 21-36.
- Liu N et al. (2019). Improvement of a simplified process-based model for estimating transpiration under water-limited conditions. *Hydrological Processes*, 33(12): 1670-1685.
- López GG, Nieto de Pascual PM (2019). Características estructurales de un bosque de pino en Tlalnepantla, Morelos. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(51): 23-52.



- Malmberg C, Smith H (1982). Relationships between plant weight and density in mixed populations of *Medicago sativa* and *Trifolium platense*. *Oikos* 38: 365-368.
- Mayfield MH, Steinmann VW (2010). *Euphorbia spellenbergiana* (Euphorbiaceae), a new species from Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 90: 43-50.
- Monjardín-Armenta SA et al. (2017). La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y bosques*, 23(1): 7-22.
- Návar-Cháidez JDJ, Jurado-Ybarra E (2009). Productividad foliar y radicular en ecosistemas forestales del Noreste de México. *Ciencia Forestal en México*, 34(106): 89-106.
- Olave MT et al. (2018). Factores biogeográficos y cambios de uso del suelo (2009-2013) en el nicho de "*Trogon elegans ambiguus*" y "*Euptilotis neoxenus*" en Chihuahua, México. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(2): 763-779.
- Olguin M et al. (2018). Applying a systems approach to assess carbon emission reductions from climate change mitigation in Mexico's forest sector. *Environmental Research Letters*, 13(3): 035003.
- Ortega-Rosas CI et al. (2008). Retrospectiva del bosque de pino y encino de la Sierra Madre Occidental, Sonora, Noroeste de México, hace 1000 años. *Acta Botánica Mexicana*, 83: 69-92.
- Otavo S, Echeverría C (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 88(4): 924-935.
- Paredes JC et al. (2020). Análisis temporal de sequías meteorológicas en la cuenca del Río Yaqui (México) y su relación con ENSO. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 86.
- Pinedo AC et al. (2007). Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México. *Tecnociencia*, 1(1): 36-43.
- Ramírez N et al. (2011). *Heliopsis suffruticosa* (Compositae, Heliantheae), una nueva especie del occidente de Zacatecas. *Acta Botánica Mexicana*, 97: 39-47.
- Rohlf FJ, Fisher DR (1968). Tests for hierarchical structure in random data sets. *Systematic Biology*, 17(4): 407-412.
- Roxon J et al. (2020). Urban heat island impact on state residential energy cost and CO<sub>2</sub> emissions in the United States. *Urban Climate*, 31: 100546.
- Ruehr NK et al. (2019). Beyond the extreme: recovery of carbon and water relations in woody plants following heat and drought stress. *Tree physiology*, 39(8): 1285-1299.
- Saavedra-Romero LDL et al. (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, 47: 25-37.
- Salmon Y et al. (2020). Leaf carbon and water status control stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis in trees. *New Phytologist*, 226(3): 690-703.

- Scheinvar L et al. (2018). A new species of *Opuntia* (Cactaceae) from Coniferous and *Quercus* Forest of Northern Mexico. *Bradleya*, 36: 25-32.
- Segoviano GL et al. (2019). Diversidad estacional de aves en una región prioritaria para la conservación en el centro oeste de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(2): 17.
- Tukey WJ (1960). A survey of sampling from contaminated distributions. In: Olkin I, editor. *Contribution to Probability and Statistics: Essays in Honor to Harold Hotelling*. Redwood City: Stanford University Press.
- Van Devender T, Reina GAL (2005). Floristic comparison of an Arizona Sky Island and the Sierra Madre Occidental in eastern Sonora: the Huachuca Mountains and the Yécora Area. In: Gottfried GJ et al. (coords.). *Biodiversity and management of the Madrean Archipelago II: Connecting mountain islands and desert seas*. United States Department of Agriculture Forest Service, General Technical Report RMRS-P-36. 154-157.
- Van Devender TR et al. (2013). Comparison of the tropical floras of the Sierra la Madera and the Sierra Madre Occidental, Sonora, Mexico. In: Gottfried GJ et al. *Merging science and management in a rapidly changing world: Biodiversity and management of the Madrean Archipelago III and 7th Conference on Research and Resource Management in the Southwestern Deserts*. Proceedings. RMRS-P-67. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Tucson, Arizona. 240-242.
- Verdugo DG et al. (2010). Indicadores ecológicos de la estructura de la comunidad fitoplanctónica en Bahía Concepción, Golfo de California. *CICIMAR Oceánides*, 25(2): 95-102.
- Villanueva-Díaz J et al. (2018). Red dendrocronológica de pino triste (*Pinus lamboltzii* BL Rob. & Fernald) en la Sierra Madre Occidental para reconstrucción de lluvia estacional. *Madera y bosques*, 24(2): 1-14.
- Wang W et al. (2020). Tree growth, transpiration, and water-use efficiency between shoreline and upland red maple (*Acer rubrum*) trees in a coastal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 295: 108163.

## Índice Remissivo

### C

*Campomanesia adamantium*, 63, 64, 65, 67, 68, 69,  
71, 73, 74  
Cerrado, 62, 63, 64

### F

floresta, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39

### I

Incêndios florestais, 13

### P

Pinus, 47, 48, 50, 52, 54, 55, 56, 57

### Q

Quercus, 47, 48, 50, 52, 56, 57

### S

SMO, 42, 43, 44, 47, 48, 49  
solo, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39

### T

temperatura do solo, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35,  
36, 37, 38, 39

## Sobre o organizador



  **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.



**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)

