



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE VENUSTIANO CARRANZA**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA FORESTAL

**“ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA SOBRE LA MORFOMETRÍA DE FRUTOS EN
ESPECIES FORESTALES”**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

INGENIERO FORESTAL

PRESENTA:

JHONNY MICHAEL BELMONTES ROMERO

**CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, VENUSTIANO CARRANZA,
PUEBLA**

La presente tesis titulada "ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE LA MORFOMETRÍA DE FRUTOS EN ESPECIES FORESTALES" realizada por el alumno: Jhonny Michael Belmontes Romero bajo la Dirección del Comité revisor indicado ha sido revisada y aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL



DIRECTOR: DR. ALBERTO SANTILLÁN FERNÁNDEZ



CODIRECTOR: M. C. BERNARDO GALEOTE LEYVA



ASESOR: ING. VÍCTOR MANUEL VALDERRAMA RAMÍREZ



ASESOR: DRA. ESTHER PAREDES DÍAZ



DEDICATORIA

Gracias a Dios por permitirme estudiar esta carrera y darme la fuerza para terminarla.

Con el apoyo de mis padres y a mi hermana que siempre me dieron sus consejos para seguir adelante.

El apoyo de mis tíos que me enseñaron a no rendirme y que la vida siempre es dura.

A mis maestros de la carrera de Ingeniería Forestal: M.C. Elizabeth Reyes Cabrera, Ing. Hermelinda Galicia López, Dra. Esther Paredes Díaz, Dr. Ramiro Puc Kauil, porque han formado parte de mi educación, por sus enseñanzas y sus anécdotas.

A mí pareja que llevo en mi corazón Rosario González Tolentino por su cariño, y darme a una hija y el apoyo incondicional, para culminar este trabajo.

A todos mis compañeros que se tomaron la molestia de ayudarme, aquellos que de una manera u otra me animaron y apoyaron.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla por haberme abierto las puertas.

Un especial agradecimiento para mi director de tesis, al Dr. Alberto Santillán Fernández por haberme brindado su amistad y confianza, también por su apoyo y dedicación.

Un agradecimiento al M.C. Bernardo Galeote Leyva por su invaluable apoyo en esta etapa, por su dedicación en la revisión de esta investigación.

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE LA MORFOMETRÍA DE FRUTOS EN ESPECIES FORESTALES

Jhonny Michael Belmontes Romero, Ingeniería Forestal.

Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza 2024

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la investigación publicada en artículos científicos donde se realizó algún tipo de estudio sobre la morfometría de especies vegetales; mediante técnicas bibliométricas, para identificar metodologías de análisis de morfometría, especies vegetales y la aplicación de los resultados encontrados. Los artículos científicos se recopilaron de enero a mayo de 2023, y se consideraron los textos disponibles hasta diciembre de 2022. Las palabras claves utilizadas en la búsqueda de los artículos científicos fueron: Morfometría y Morphometry. Se consideraron los artículos científicos disponibles en las principales editoriales (Elsevier, Scopus y Springer), base de datos de artículos de revistas de acceso abierto (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Claryvate Analytics, Periodica y DOAJ), y el motor de búsqueda web de libre acceso Google Scholar. De 1999 a 2022 se identificaron un total de 253 artículos científicos, el periodo de mayor publicación de textos fue de 2017 a 2022 con el 48.41% del total (122), lo que contribuyó a una tendencia exponencial en el crecimiento de las publicaciones ($R^2 = 0.6458$; $P\text{-Value} < 0.0001$). Se encontró que, en los estudios sobre morfometría de especies vegetales, las partes de las plantas de mayor análisis fueron las variables asociadas a fruto y semilla, para el caso de especies forestales además de fruto y semilla es usual estudiar también detalles de hoja y variables dasométricas. Las técnicas estadísticas más frecuentes para los análisis fueron correlación de Pearson, y Análisis de Varianza, aunque técnicas multivariadas como Análisis de Componentes Principales y Análisis de Clúster, son cada vez más recurrentes por simplificar la dimensión de la cantidad de variables analizadas. La mayoría de las publicaciones tuvieron como objeto de estudio a especies forestales y agrícolas. Sin embargo, el 84.19% (213 textos) se limitaron a hacer análisis descriptivo y/o comparativo de la morfometría intra-especie, inter-especie o su relación con la germinación; lo que deja un área de oportunidad para

desarrollar investigación sobre cómo aplicar estos resultados en procesos que ayuden a agregar valor a las especies.

Palabras clave: Artículo científico, análisis morfométrico, forestal, fruto, revistas científicas forestales, semilla.

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF SCIENTIFIC RESEARCH ON FRUIT MORPHOMETRY IN FOREST SPECIES

Jhonny Michael Belmontes Romero, Ingeniería Forestal.
Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza 2024

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the research published in scientific articles where some type of study was carried out on the morphometry of plant species; through bibliometric techniques; to identify methodologies for analyzing morphometry, plant species and the application of the results found. The scientific articles were collected from January to May 2023, and the texts available until December 2022 were considered. The keywords used in the search for the scientific articles were: Morphometry and Morphometry. Scientific articles available in the main publishers (Elsevier, Scopus and Springer), database of articles from open access journals (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Claryvate Analytics, Periodica and DOAJ), and the search engine were considered. Google Scholar free access website. From 1999 to 2022, a total of 253 scientific articles were identified, the period of greatest publication of texts was from 2017 to 2022 with 48.41% of the total (122), which contributed to an exponential trend in the growth of publications ($R^2 = 0.6458$; P-Value < 0.0001). It was found that, in studies on morphometry of plant species, the parts of the plants most analyzed were the variables associated with fruit and seed. In the case of forest species, in addition to fruit and seed, it is usual to also study leaf details and variables. dasometrics. The most frequent statistical techniques for the analyzes were Pearson correlation and Analysis of Variance, although multivariate techniques such as Principal Component Analysis and Cluster Analysis are increasingly common to simplify the dimension of the number of variables analyzed. Most of the publications had forestry and agricultural species as their object of study. However, 84.19% (213 texts) were limited to making descriptive and/or comparative analysis of intra-species, inter-species morphometry or its relationship with germination; which leaves an area of opportunity to develop research on how to apply these results in processes that help add value to the species.

Key Words: Scientific article, morphometric analysis, forestry, fruit, forestry scientific journals, seed.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	2
	OBJETIVO GENERAL.....	2
3	HIPÓTESIS	3
4	REVISIÓN DE LITERATURA	4
	MORFOMETRÍA.....	4
	MORFOMETRÍA EN ESPECIES FORESTALES	4
	IMPORTANCIA Y APLICACIÓN DE LA MORFOMETRÍA	6
5	MATERIALES Y MÉTODOS	7
	ORIGEN DE LA INFORMACIÓN	7
	INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS	7
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
	EVOLUCIÓN ESPACIO TEMPORAL	9
	INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS	11
7.	CONCLUSIONES	22
8.	LITERATURA CITADA	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales géneros y especies objeto de estudio en el análisis de morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.	11
Cuadro 2. Principales variables y pruebas estadísticas utilizadas en el análisis de la morfometría de especies vegetales de los artículos científicos publicados de 1999 a 2022.	13
Cuadro 3. Indicadores bibliométricos de los principales artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022, ordenados de acuerdo al número de citas bibliográficas.	14
Cuadro 4. Indicadores bibliométricos de las principales revistas que publicaron artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022, ordenadas de acuerdo al número de artículos publicados.	15
Cuadro 5. Relación de las Instituciones en México y las especies vegetales analizadas en los artículos científicos publicados sobre morfometría de 1999 a 2022, ordenadas de acuerdo al número de citas bibliográficas.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución temporal de la producción científica y citas bibliográficas sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.	9
Figura 2. Relación espacial de la producción científica sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.	10
Figura 3. Red de autores y coautores que han publicado artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022. El tamaño del nodo corresponde con su productividad.	16
Figura 4. Red de palabras clave utilizadas en las publicaciones científicas sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022. El tamaño del nodo corresponde con su productividad.	18
Figura 5. Relación espacial de las Instituciones en México que publicaron artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.	21

1 INTRODUCCIÓN

La identificación de las especies vegetales se basa principalmente en una amplia gama de métodos morfométricos. La morfometría se refiere al análisis cuantitativo de la forma, la cual se ha aplicado durante muchos años a las plantas, e incluso en estudios relacionados con la zoología, geología y medicina (Klingenberg, 2015). Las plantas son extremadamente diversas en forma, tamaño y color (Brooks *et al.*, 2006).

Los métodos morfométricos representan técnicas analíticas poderosas para cuantificar la variación morfológica y examinar los componentes genético y ambiental de los rasgos examinados (Reyes-López *et al.*, 2014). A partir de un conjunto de mediciones (variables continuas) los análisis morfométricos permiten obtener nuevas variables que describen la conformación de una estructura biológica (Klingenberg, 2015).

La morfometría de especies vegetales es una técnica recurrente para diferenciar el efecto del ambiente (fenotipo) sobre el genotipo (Beghé *et al.*, 2022). Se ha aplicado a especies arbóreas con valor comercial como el encino (*Quercus rugosa* Neé) (Uribe-Salas *et al.*, 2008) o caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) (Calixto-Valencia *et al.*, 2022) hasta en recursos locales como el mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.), huizache (*Vachellia farnesiana* L.) (Villarreal-Garza *et al.*, 2013) y frutales como el caimito (*Chrysophyllum cainito* L.) (Álvarez-Vargas *et al.*, 2006). Además, en especies agrícolas de relevancia para la alimentación humana como el arroz (*Oryza sativa* L.) (Espinosa-Mendoza *et al.*, 2012), maíz (*Zea mays* L.) (Vega *et al.*, 2001), y uva (*Vitis vinifera* L.) (Terral *et al.*, 2010). Sin embargo, a pesar de todo el conocimiento generado en torno a la morfometría de especies vegetales, existe poca investigación que evalué los resultados encontrados.

En este sentido, para conocer la información científica que se publica en torno a un tema, y detectar áreas de investigación no desarrolladas, los estudios bibliométricos a partir del análisis de artículos científicos suelen ser una buena herramienta (Cañas-Guerrero *et al.*, 2013). La publicación de un trabajo científico, es el modo más efectivo de transmitir un conocimiento adquirido como consecuencia de la investigación, y mediante la bibliometría se pueden generar indicadores para medir los resultados de la actividad científica y tecnológica (Allen *et al.*, 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar la investigación publicada en artículos científicos donde se realizó algún tipo de estudio sobre la morfometría de especies vegetales mediante técnicas bibliométricas, para identificar metodologías de análisis de morfometría, especies vegetales y la aplicación de los resultados encontrados.

3 HIPÓTESIS

Los estudios sobre morfometría de especies vegetales se han centrado en el análisis descriptivo y/o comparativo de la morfometría dentro de la especie, entre especies o su relación con la germinación.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Morfometría

La morfometría de plantas es el estudio y análisis de las formas y estructuras de las plantas. Este campo abarca la medición y cuantificación de las características físicas y estructurales de las plantas, como el tamaño y la forma de las hojas, la longitud de los tallos, la estructura de las raíces y las dimensiones de las flores. Se utiliza tanto en la investigación botánica como en la agricultura y la horticultura para comprender mejor las variaciones morfológicas entre diferentes especies o variedades de plantas, así como para estudiar los efectos de factores ambientales y genéticos en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Klingenberg, 2015).

En la morfometría, los científicos utilizan diversas herramientas y técnicas para medir y analizar estas características, incluyendo reglas, calibradores, microscopios y tecnologías de imagen avanzadas como la fotografía de alta resolución y el escaneo 3D (Beghé *et al.*, 2022). El análisis de datos morfométricos puede revelar patrones y tendencias importantes en la biología de las plantas, ayudando a los investigadores a entender mejor la evolución de las especies vegetales, la adaptación a diferentes entornos y la relación entre la forma y la función de las plantas. También puede ser crucial para la mejora de cultivos, la selección de variedades y la conservación de especies vegetales (Hasnaoui *et al.*, 2011).

4.2 Morfometría en especies forestales

La morfología de plantas forestales es la ciencia que estudia la forma, tamaño y estructura de los árboles y arbustos. Esta disciplina se basa en la medición de variables morfológicas, como la altura, diámetro, forma de la copa, número de ramas, etc., para describir las características físicas de las plantas forestales (Villanueva-Castillo *et al.*, 2021).

La importancia de la morfología de plantas forestales radica en que proporciona información valiosa sobre el crecimiento, desarrollo, salud y productividad de los árboles (Martínez-Moreno *et al.*, 2006). Esta información puede utilizarse para:

- Evaluar el estado de los bosques y plantaciones forestales.

- Desarrollar técnicas silvícolas para mejorar el crecimiento y productividad de los árboles.
- Identificar y seleccionar especies forestales con características deseables.

Las aplicaciones de la morfología de plantas forestales son diversas y abarcan desde la investigación básica hasta la silvicultura aplicada (Reyes-López *et al.*, 2014). En la investigación básica, la morfología se utiliza para comprender los procesos de crecimiento y desarrollo de los árboles (Álvarez-Vargas *et al.*, 2006). En la silvicultura aplicada, la morfología se utiliza para:

- Planificar la reforestación y el manejo de bosques.
- Evaluar el rendimiento de las plantaciones forestales.
- Seleccionar especies forestales para diferentes usos.

La morfología de plantas forestales es una herramienta valiosa para el manejo sostenible de los bosques y plantaciones forestales (Espinosa-Mendoza *et al.*, 2012). Para estructurar una introducción sobre la morfología de plantas forestales, se puede utilizar el siguiente esquema:

- Introducción:
 - Definición de morfología de plantas forestales.
 - Importancia de la morfología de plantas forestales.
- Desarrollo:
 - Variables morfológicas utilizadas en la morfología de plantas forestales.
 - Técnicas de medición morfológica.
 - Aplicaciones de la morfología de plantas forestales.
- Conclusión:
 - Resumen de los principales puntos de la introducción y el desarrollo.

Este esquema proporciona una visión general de la morfología de plantas forestales y sus principales aplicaciones. Se puede adaptar a las necesidades específicas del trabajo que se esté realizando.

4.3 Importancia y aplicación de la morfometría

- **Dinámica de poblaciones:** Mediante el estudio de la estructura y el crecimiento del árbol, los ecólogos pueden entender mejor la dinámica de sus poblaciones y su relación con el ecosistema circundante (Terral *et al.*, 2010).
- **Interacciones ecológicas:** La morfometría ofrece insights sobre las interacciones planta-animal, como la polinización y la dispersión de semillas, que son cruciales para la regeneración y la perpetuación de la especie (Vega *et al.*, 2001).
- **Monitoreo ambiental:** La variación en las características morfométricas puede servir como un indicador de los cambios ambientales, incluyendo la calidad del suelo, la disponibilidad de agua y la exposición a contaminantes (Hasnaoui *et al.*, 2011).
- **Mejora genética y conservación:** La morfometría ayuda en la selección de variedades con características deseables, como mayor rendimiento de frutos o resistencia a enfermedades y plagas. Esto es fundamental para los programas de mejora genética y conservación de la especie (Wilson y Knoll, 2010).
- **Adaptación y cambio climático:** Al estudiar las variaciones morfológicas en diferentes condiciones ambientales, se pueden identificar rasgos adaptativos clave que permiten, por ejemplo, al árbol ramón sobrevivir y prosperar en diversos climas. Esto es vital para entender y predecir los impactos del cambio climático en la especie (Loha *et al.*, 2006).
- **Ecología forestal y biodiversidad:** La morfometría del árbol ramón proporciona información sobre su papel en el ecosistema, incluyendo su interacción con la fauna (por ejemplo, a través de la dispersión de semillas) y su contribución a la biodiversidad y estructura del bosque (Assogbadjo *et al.*, 2006).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Origen de la información

En este trabajo se consideraron artículos científicos en los que se analizó la morfometría de especies vegetales. Las palabras claves utilizadas en la búsqueda de los artículos científicos fueron: *Morfometría* y *Morphometry*. Se consideraron los artículos científicos disponibles en las principales editoriales (Elsevier, Scopus y Springer), base de datos de artículos de revistas de acceso abierto (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Claryvate Analytics, Periodica y DOAJ), y el motor de búsqueda web de libre acceso Google Scholar.

Los artículos científicos se recopilaron de enero a mayo de 2023, y se consideraron los textos disponibles hasta diciembre de 2022. Mediante un análisis de contenido, los trabajos descriptivos donde no se aplicó alguna técnica estadística para determinar parámetros morfométricos, fueron descartados. Adicionalmente, se utilizó la técnica “bola de nieve” para ampliar la búsqueda de los textos, a partir de la lista de referencias de los artículos encontrados inicialmente (Leipold, 2014).

5.2 Indicadores bibliométricos

Las variables analizadas de cada uno de los artículos científicos recopilados fueron: autores, año de publicación, título, nombre de la revista, citas bibliográficas y palabras clave. Después, mediante un análisis de contenido, se ubicó de cada artículo, la institución y país de origen del primer autor, el nombre científico y común de las especies vegetales estudiadas, las partes de las especies vegetales analizadas y las técnicas estadísticas empleadas en dichos análisis.

La captura de las variables se realizó en una hoja de cálculo. Se respetó el idioma original de cada uno de los textos. Durante la captura de la información, se estandarizaron los registros que presentaron variantes, pero con igual significado (Aguado-López *et al.*, 2009). Además, se eliminaron o cambiaron caracteres especiales como: ñ (por n), acentos, superíndices, subíndices, ®, ©, entre otros, para facilitar el análisis.

5.3 Análisis de la información

Se siguió la metodología descrita por Santillán-Fernández *et al.* (2021), Espinosa-Grande *et al.* (2023), y Santillán-Fernández *et al.* (2023). Se construyó una gráfica de temporalidad de la producción científica con la ayuda de las variables año de publicación, y número de citas. Para la variable frecuencia de artículos científicos por año, se estimó un modelo de regresión por mínimos cuadrados ordinarios para determinar la tendencia en la frecuencia de las publicaciones (Gujarati, 2007).

Por considerar que en el primer autor recae la mayor parte de la responsabilidad en la redacción y publicación de un artículo científico (Aguado-López *et al.*, 2009), se ubicó espacialmente a los países de origen del primer autor, con la finalidad de conocer donde se ha desarrollado la investigación sobre morfometría de especies vegetales. Para la representación espacial se recurrió al paquete geográfico ARGIS® (ESRI, 2021).

Se analizó la frecuencia de los principales géneros y especies reportados en los artículos científicos, que fueron asociados con el país de origen del primer autor, con la intención de identificar si las especies reportadas se distribuyen de manera natural en dichos países. También se analizaron las variables reportadas por cada una de las partes de las especies vegetales, y las pruebas estadísticas utilizadas para el análisis de la morfometría.

Se generaron indicadores bibliométricos de las revistas que publicaron con mayor frecuencia artículos científicos donde se evaluó la morfometría de especies vegetales. También se analizaron los artículos científicos de mayor relevancia medido por el número de citas bibliográficas. Con ayuda del software Gephi (Bastian *et al.*, 2009) se construyeron redes de coautoría (para identificar a los principales investigadores) y palabras clave (para conocer los conceptos más recurrentes en el análisis de morfometría de especies vegetales).

Finalmente, para el caso de México se ubicaron espacialmente las instituciones que desarrollaron investigación sobre morfometría de especies vegetales, y se generaron indicadores bibliométricos de las especies evaluadas por institución y autor.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Evolución espacio temporal

De 1999 a 2022 se identificaron un total de 253 artículos científicos donde el objeto de estudio fue el análisis de la morfometría de especies vegetales. Esta producción científica dio origen a 2999 citas bibliográficas (**Figura 1**). El periodo de mayor publicación de textos fue de 2017 a 2022 con el 48.41% del total (122), lo que contribuyó a una tendencia exponencial en el crecimiento de las publicaciones ($R^2 = 0.6458$). Los trabajos más citados fueron los publicados en el periodo 2005-2012 que en conjunto sumaron el 66.98% del total de citas bibliográficas (2009).

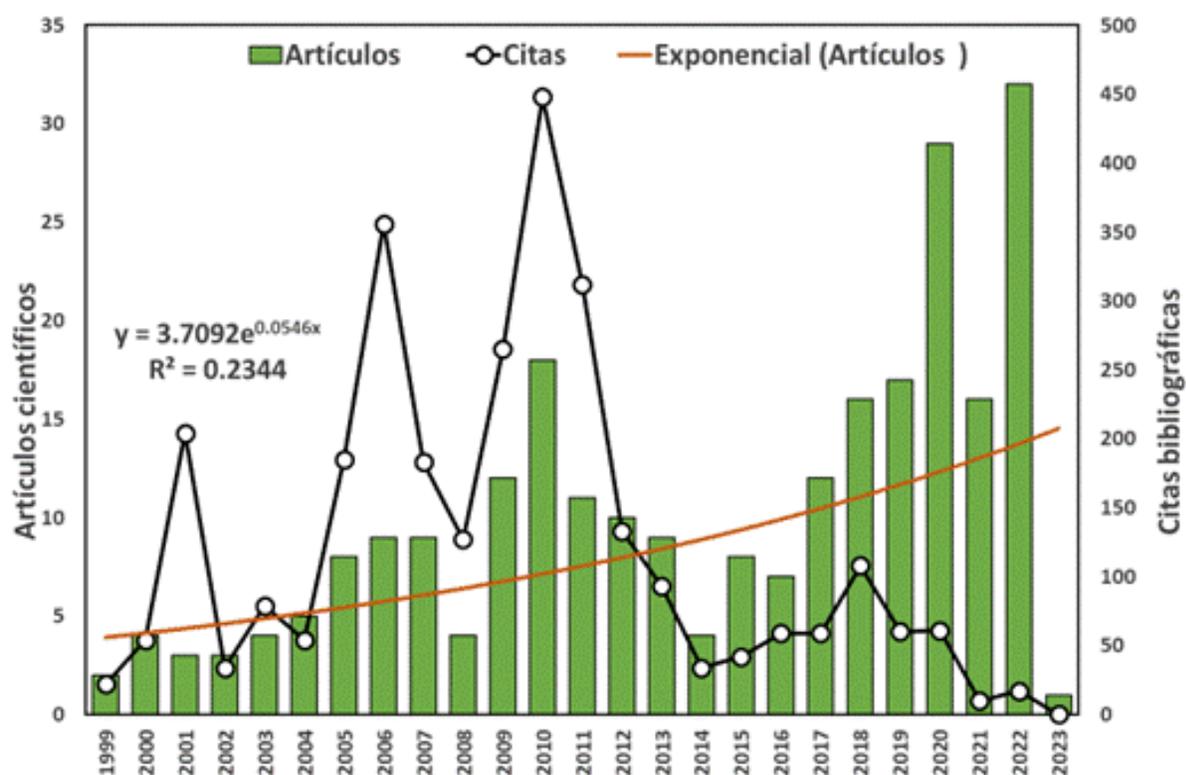


Figura 1. Evolución temporal de la producción científica y citas bibliográficas sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.

Aleixandre-Benavent *et al.* (2017) encontraron que en general la investigación forestal y agrícola ha mostrado una tendencia creciente a partir del Siglo XXI motivada en gran medida por las políticas ambientales. Sin embargo, Santillán-Fernández *et al.* (2023)

encontraron que en el sector forestal temas asociados con aspectos de botánica, han ido en detrimento por investigaciones que incorporan nuevas áreas del conocimiento como captura de carbono, percepción remota y cambio climático.

De acuerdo con el país de origen del primer autor de los artículos científicos, los 253 textos se originaron en 46 países (**Figura 2**). De ellos, el 45.85% (116 artículos) fueron publicados por autores de cinco países: México (29, 11.46%), Brasil (24, 9.49%) Estados Unidos de América (USA, 22, 8.70%), Rusia (21, 8.30%), e India (20, 7.98%). De acuerdo con Brooks *et al.* (2006) México, Brasil, USA, e India están considerados como los países con más diversidad de plantas endémicas.

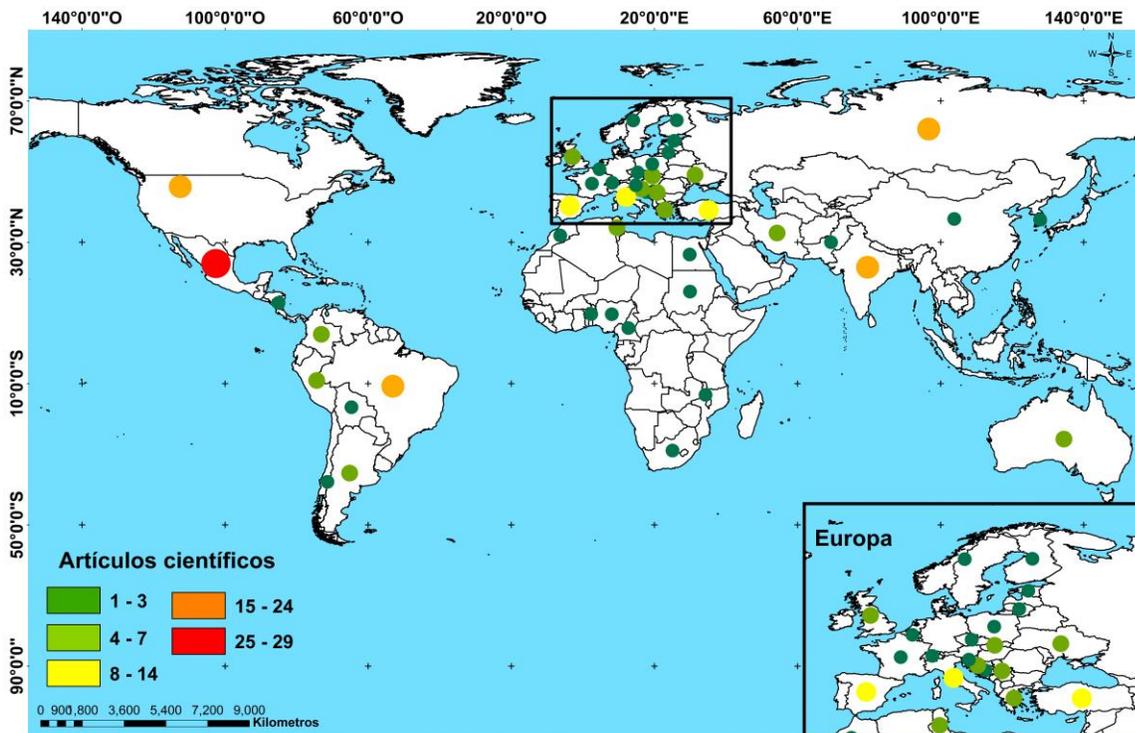


Figura 2. Relación espacial de la producción científica sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.

6.2 Indicadores bibliométricos

En los 253 artículos científicos se contabilizaron un total de 163 géneros y 216 especies. El 50.14% de los textos (127) correspondieron a especies leñosas (arbóreas), 30.04% (76) a herbáceas, 14.67% (37) a arbustos, y 5.15 (13) a otras (principalmente palma, helecho, orquídea y agave). De los principales países que publicaron artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales, se encontró que en México se estudiaron 26 especies de 22 géneros. Los géneros con más publicaciones fueron: *Capsicum* (4 textos), *Swietenia* (3), *Agave* (2) y *Pinus* (2).

Para el caso de Brasil se contabilizaron 24 especies de 22 géneros, *Anadenanthera* (2) y *Macrolobium* (2) fueron los géneros con más publicaciones; en USA se encontraron 21 especies de 19 géneros, siendo el género *Picea* (3) el de mayor publicación. En Rusia hubo 19 especies de 18 géneros: *Pinus* (2), *Dactylorhiza* (2), y *Hordeum* (2); y en la India 18 especies de 14 géneros: *Vigna* (5), *Azadirachta* (2) y *Prunus* (2).

Al asociar los géneros y especies de mayor frecuencia en las publicaciones con el país de origen del primer autor (**Cuadro 1**), se encontró que los géneros y especies objeto de estudio por país, tienen distribución natural en dichas naciones y en muchos casos son especies endémicas. Este aspecto es importante porque, de acuerdo con Terral *et al.* (2010), conocer la botánica de las especies originarias de una región permite tomar decisiones respecto a su manejo agrícola o forestal e incrementar su valor comercial.

Cuadro 1. Principales géneros y especies objeto de estudio en el análisis de morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.

Genero	Especie	País origen de la investigación
<i>Pinus</i> (árbol)	<i>Pinus densata</i> Mast.	China
	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	México
	<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold	Turquía
	<i>Pinus pinea</i> L.	Turquía
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	México
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Rusia
<i>Vigna</i> (herbácea)	<i>Vigna mungo</i> (L.) Hepper	India
	<i>Vigna radiata</i> (L.) R.Wilczek	India

	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Brasil
<i>Punica</i> (arbusto)	<i>Punica granatum</i> L.	España
<i>Capsicum</i> (herbácea)	<i>Capsicum frutescens</i> L.	México
	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Perú
	<i>Capsicum annuum</i> L.	México
<i>Picea</i> (árbol)	<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.	Rusia
	<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	USA
	<i>Picea rubens</i> Sarg.	USA
<i>Prosopis</i> (árbol)	<i>Prosopis alba</i> Griseb.	Argentina
	<i>Prosopis cineraria</i> L.	India
	<i>Prosopis laevigata</i> Humb.	México
<i>Quercus</i> (árbol)	<i>Quercus lobata</i> Neé	USA
	<i>Quercus robur</i> L.	Croacia
Otras (156)		
Total (163)		

Respecto a las características morfométricas de las especies analizadas en los 253 artículos científicos, se encontró que, en el caso de especies agrícolas, variables de fruto y semilla son recurrentes en los análisis, y para el caso de especies forestales, además de fruto y semilla, es usual estudiar también detalles de hoja y variables dasométricas (**Cuadro 2**). Las técnicas estadísticas más usuales para los análisis de morfometría fueron las asociadas a inferencia (Correlación y ANOVA). Sin embargo, técnicas multivariadas como PCA y Clúster, son cada vez más recurrentes por simplificar la dimensión de la cantidad de variables analizadas (Reyes-López *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Principales variables y pruebas estadísticas utilizadas en el análisis de la morfometría de especies vegetales de los artículos científicos publicados de 1999 a 2022.

Morfometría	Variables	Autores	Pruebas estadísticas
Fruto	Largo, ancho, peso, volumen, largo/ancho, y grosor del pericarpio	Reyes-López <i>et al.</i> (2014) Álvarez-Vargas <i>et al.</i> (2006) Martínez-Moreno <i>et al.</i> (2006)	Correlación de Pearson Análisis de Varianza Prueba de Medias PCA
Semilla	Largo, ancho, peso, volumen, largo/ancho	Nieto-Garibay <i>et al.</i> (2007) Calixto-Valencia <i>et al.</i> (2022)	Análisis de clúster
Hoja	Largo, ancho, y nervaduras	González-Astorga <i>et al.</i> (2005)	
Árbol	Altura, y diámetro	Gómez-Hernández <i>et al.</i> (2022)	

El idioma de publicación de los 253 textos correspondió al inglés (187 artículos científicos, 73.91%), español (39, 15.42%), portugués (15, 5.93%) y otros idiomas como francés, ruso, coreano, esloveno, bosnio, y croata (12, 4.74%). De acuerdo con Li y Zhao (2015) el idioma inglés es el adoptado como universal por la comunidad científica, por lo que las publicaciones en inglés tienen mayor probabilidad de difusión entre la comunidad internacional. Este hecho explica porque los artículos más relevantes medidos por el número de citas, fueron publicados en inglés aun cuando las áreas de estudio se ubicaron en países cuya lengua oficial no es el inglés (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Indicadores bibliométricos de los principales artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022, ordenados de acuerdo al número de citas bibliográficas.

Autor	Área de estudio	Especie	Citas
Terral <i>et al.</i> (2010)	Francia	<i>Vitis vinifera</i> L.	396
Vega <i>et al.</i> (2001)	Argentina	<i>Glycine max</i> L.	328
Assogbadjo <i>et al.</i> (2006)	Benín	<i>Adansonia digitata</i> L.	180
Gómez <i>et al.</i> (2006)	España	<i>Erysimum mediohispanicum</i> Polatschek	165
Sarkhosh <i>et al.</i> (2009)	Irán	<i>Punica granatum</i> L.	140
Loha <i>et al.</i> (2006)	Reino Unido	<i>Cordia africana</i> Lam.	129
Hasnaoui <i>et al.</i> (2011)	Túnez	<i>Punica granatum</i> L.	75
Mráz <i>et al.</i> (2011)	Suiza	<i>Centaurea stoebe</i> L.	69
Wilson y Knoll (2010)	Estados Unidos	<i>Lyginopteris</i>	59
Assogbadjo <i>et al.</i> (2005)	Benín	<i>Adansonia digitata</i> L.	44

Los 253 textos recopilados se publicaron en 183 revistas científicas. En 10 revistas se concentró el 15.04% de los textos (38) que sumaron el 28.56% de las citas bibliográficas (857). En la **Cuadro 4** se observa que solo una revista pública en un idioma diferente al inglés (portugués), es editada en un país latinoamericano (Brasil) y se especializa en temas forestales. Además, 6 de las 10 principales revistas publicaron temas asociados a botánica, y en su mayoría todas las revistas están indexadas en el Journal Citation Reports (WoS, 2020). El factor de impacto es un criterio importante al momento de decidir donde publicar, ya que revistas con factores de impacto altos, incrementan la probabilidad de llegar a un mayor número de usuarios (Santillán-Fernández *et al.*, 2021).

Cuadro 4. Indicadores bibliométricos de las principales revistas que publicaron artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022, ordenadas de acuerdo al número de artículos publicados.

Nombre	Revista				Artículos	Citas
	WoS (2020)	País	Idioma	Categoría	Número	Número
Annals of Botany	4.9	UK	Inglés	Botánica	5	368
Plant Biology	3.9	USA	Inglés	Planta	5	64
Ciencia Florestal	0.3	Brasil	Portugués	Forestal	4	26
Plants	4.5	USA	Inglés	Botánica	4	15
Potravinarstvo Slovak - JFS	Scopus	Eslovaquia	Inglés	Alimentos	4	19
Systematic Botany	1	USA	Inglés	Botánica	4	43
Australian Journal of Botany	1.1	Australia	Inglés	Botánica	3	70
Botanical Journal of the Linnean Society	2.4	UK	Inglés	Planta	3	70
Botany	1.1	Canadá	Inglés	Botánica	3	77
International Journal of Plant Sciences	2.4	USA	Inglés	Botánica	3	105
Otras (173)					215	2142
Total (183)					253	2999

USA: Estados Unidos de América; UK: Reino Unido; Potravinárstvo Slovak - JFS: Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences

6.3 Red de autores y palabras claves

En los 253 textos analizados se encontraron 232 primeros autores diferentes, entre primer autor y coautores sumaron 995 individuos diferentes. La red de autores y coautores (**Figura 3**) estuvo compuesta de 995 nodos (autores) y 826 aristas (vínculos). Una red se compone de nodos interconectados por aristas, donde los nodos representan a los individuos y las aristas representan los vínculos que los unen (Álvarez-Flores y Núñez-Gómez, 2013). Los vínculos en un análisis de redes de coautoría son importantes porque es a través de ellos que un autor puede alcanzar ciertas ideas, conocimiento e información que socialmente es distante para él (Granovetter, 1973).

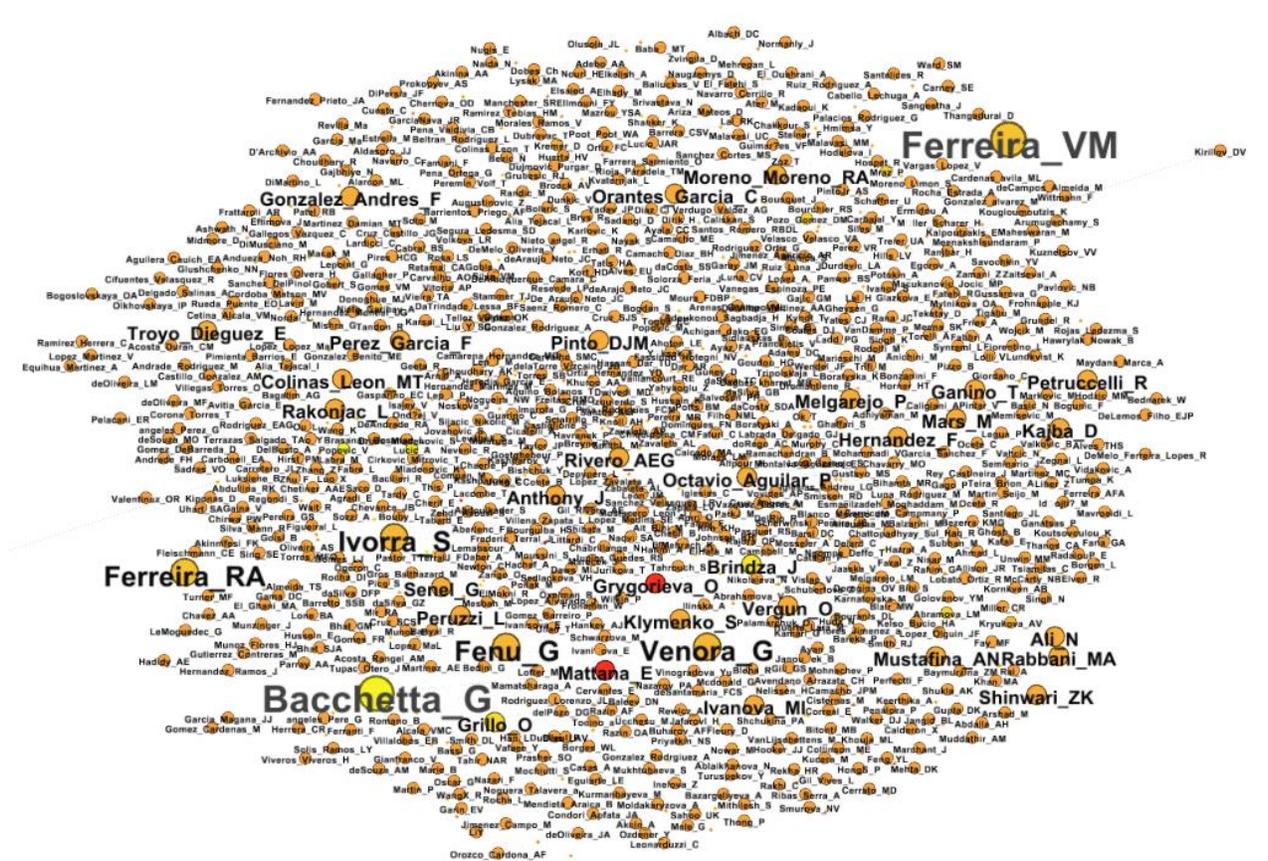


Figura 3. Red de autores y coautores que han publicado artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022. El tamaño del nodo corresponde con su productividad.

Los principales autores que desarrollaron investigación sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022 fueron: Bacchetta_G (6 textos) del Departamento de Ciencias Botánicas de la Universidad de Cagliari (Italia) que ha analizado en su mayoría especies de la familia de las *fabaceae*; Ferreira_VM (5 textos) del Centro de Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal de Alagoas (Brasil) quien ha generado investigación de la morfometría de especies forestales; Ferreira_RA (4 textos) del Centro de Investigación de Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal de Sergipe (Brasil) quien también ha centrado su investigación en especies arbóreas forestales. Además de Fenu_G (3 textos) y Venora_G (3 textos) quienes forman parte del grupo de investigación de Bacchetta_G.

Silva *et al.* (2014) encontraron que los autores de una misma institución tienden a asociarse entre sí, lo que restringe la crítica constructiva y reduce la retroalimentación sobre la pertinencia de la investigación. Además de que los grupos de investigación institucionales tienden a replicar las mismas metodologías en diferentes áreas de estudio, lo que limita la innovación en la investigación y permite la circularidad (redundancia en el objeto de estudio) de las publicaciones (Santillán-Fernández *et al.*, 2023). Por lo que las sinergias con autores de otras instituciones puede ser una buena estrategia para mejorar la cantidad y calidad de las investigaciones.

La red de palabras clave (**Figura 4**) destacó que los conceptos de mayor relevancia fueron variantes de morfometría, semilla y germinación. Esto se explica porque el 84.19% (213 textos) se limitaron a hacer análisis descriptivo y/o comparativo de la morfometría intra-especie o inter-especie, fueron pocos los trabajos que asociaron la morfometría a aspectos como viabilidad en vivero, productividad en campo, calidad de materia prima y/o contenido de nutrientes. Santillán-Fernández *et al.* (2023) encontraron que los estudios sobre morfometría se han centrado en describir la botánica y potencial de germinación de las especies, dejando vacíos en el conocimiento de cómo aplicar estos resultados en su revalorización comercial.

germoplasma para su reproducción es más meticulosa con la finalidad de reducir costos y riesgos en su propagación.

Cuadro 5. Relación de las Instituciones en México y las especies vegetales analizadas en los artículos científicos publicados sobre morfometría de 1999 a 2022, ordenadas de acuerdo al número de citas bibliográficas.

Institución	Artículos Número	Citas Número	Especies	Autor
UNAM	2	68	<i>Quercus rugosa</i> Neé <i>Crescentia cujete</i> L.	Uribe-Salas <i>et al.</i> (2008) Aguirre-Dugua <i>et al.</i> (2012)
INECOL	1	39	<i>Cycad Dioon angustifolium</i> Miq.	González-Astorga <i>et al.</i> (2005)
UACH	2	30	<i>Euphorbia fulgens</i> Karw. <i>Byrsonima crassifolia</i> L.	Pérez-Nicolás <i>et al.</i> (2021) Martínez-Moreno <i>et al.</i> (2006)
COLPOS	3	25	<i>Agave salmiana</i> Otto <i>Swietenia humilis</i> Zucc <i>Lupinus sp</i> L.	Vázquez-Díaz <i>et al.</i> (2012) Calixto-Valencia <i>et al.</i> (2022) Pablo-Pérez <i>et al.</i> (2013)
UANL	1	21	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr. <i>Vachellia farnesiana</i> L.	Villarreal-Garza <i>et al.</i> (2013) Andrés-Agustín <i>et al.</i> (2017)
CRUCO	2	19	<i>Casimiroa edulis</i> Llave & Lex. <i>Annona cherimola</i> Mill.	Andrés-Agustín <i>et al.</i> (2004) Álvarez-Vargas <i>et al.</i> (2006)
UAEM	1	19	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Iglesias <i>et al.</i> (2012)
UV	2	18	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl. <i>Zamia furfurácea</i> L.	Baldo-Romero <i>et al.</i> (2013) Gómez-Hernández <i>et al.</i> (2022)
UNICACH	2	16	<i>Calophyllum brasiliense</i> L. <i>Croton guatemalensis</i> Lotsy	Pozo-Gómez <i>et al.</i> (2019) Montes-Hernández <i>et al.</i> (2017)
INIFAP	1	10	<i>Persea americana</i> var. <i>Drymifolia</i>	Reyes-López <i>et al.</i> (2014)
BUAP	1	9	<i>Vanilla planifolia</i> Jacks.	Nieto-Garibay <i>et al.</i> (2007)
CIBNOR	2	7	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Murillo-Amador <i>et al.</i> (2015)

			<i>Capsicum annuum</i> L.	Espinosa-Mendoza <i>et al.</i> (2012)
CEPROBI	1	6	<i>Oryza sativa</i> L.	Sanjuan-Martínez <i>et al.</i> (2019)
IPN	2	2	<i>Capsicum annuum</i> L.	Sanjuan-Martínez <i>et al.</i> (2020)
			<i>Capsicum annuum</i> L.	De la Cruz-Landero y Chávez (2005)
UNACAR	1	1	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Solis-Fernández <i>et al.</i> (2020)
CICY	1	1	<i>Amaranthus cruentus</i> L.	García-Azpeitia <i>et al.</i> (2022)
TECMM	1	0	<i>Prosopis laevigata</i> Humb.	Chávez-García <i>et al.</i> (2022)
UMSNH	1	0	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl	Villanueva-Castillo <i>et al.</i> (2021)
ITVO	1	0	<i>Agave</i> sp.	Rodríguez-Ruíz <i>et al.</i> (2018)
ITCV	1	0	<i>Ferocactus pilosus</i> Galeotti	
Total	29	291		

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México sede Morelia, INECOL: Instituto de Ecología, A. C., UACH: Universidad Autónoma Chapingo, COLPOS: Colegio de Postgraduados sede Montecillo, UANL: Universidad Autónoma de Nuevo León, CRUCO: Centro Regional Universitario Centro Occidente, UAEM: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, UV: Universidad Veracruzana, UNICACH: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, BUAP: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, CIBNOR: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., CEPROBI: Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, IPN: Instituto Politécnico Nacional, UNACAR: Universidad Autónoma del Carmen, CICY: Centro de Investigación Científica de Yucatán, TECMM: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, UMSNH: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ITVO: Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ITCV: Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria.

La representación espacial de las instituciones del primer autor que generaron la investigación sobre morfometría de especies vegetales en México, permitió determinar que existe una centralización de la investigación, lo que deja un área de oportunidad para instituciones del norte y sur del país (**Figura 5**). Sin embargo, también se encontró que en su mayoría la distribución natural de las especies analizadas coincidió con la ubicación espacial de las instituciones, lo que de acuerdo con Santillán-Fernández *et al.* (2021) facilita los procesos de transferencia de tecnología hacia los productores. Espinosa-Grande *et al.* (2023) encontraron que en especies con reciente valor comercial es frecuente el desarrollo de nuevo conocimiento por instituciones ubicadas espacialmente dentro de la región donde se cultiva o distribuye de manera natural.

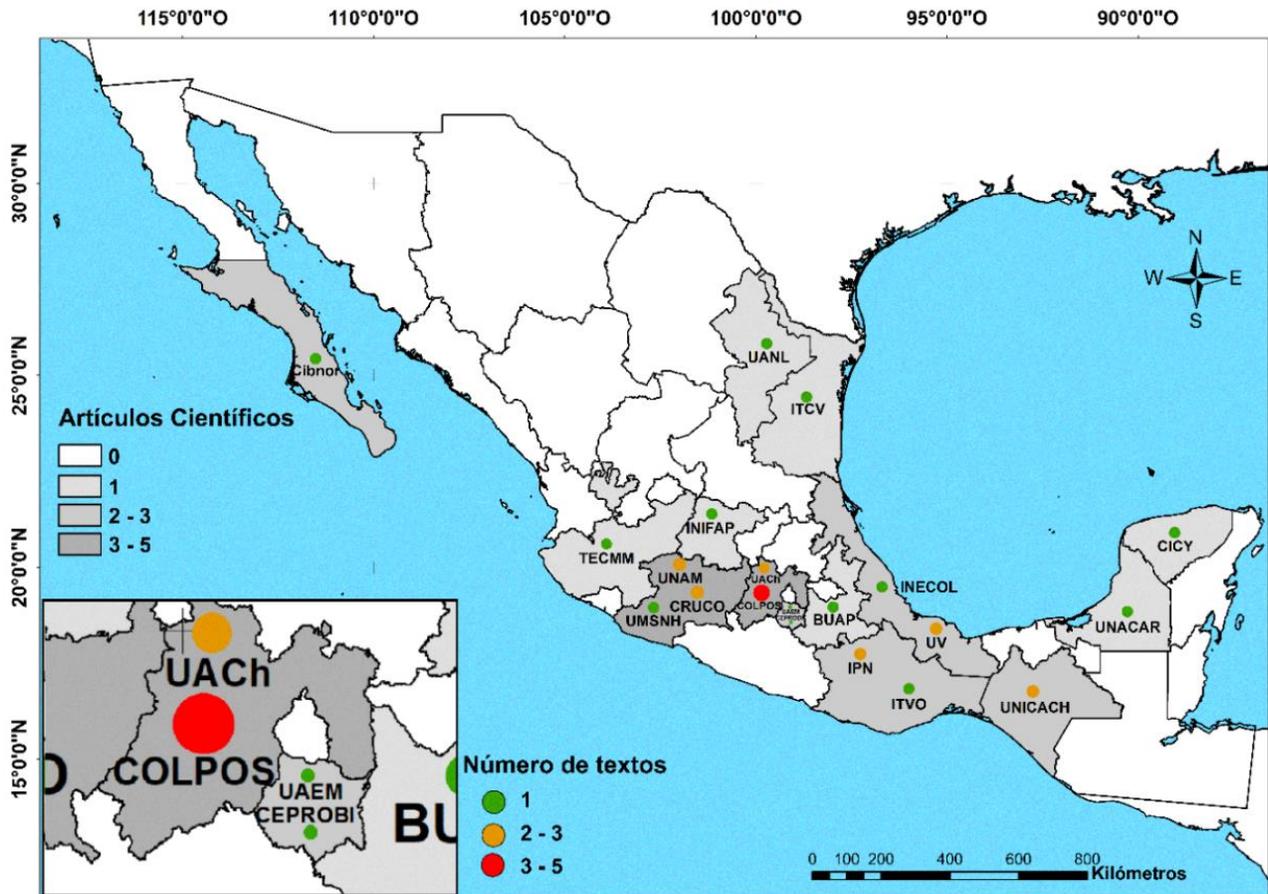


Figura 5. Relación espacial de las Instituciones en México que publicaron artículos científicos sobre morfometría de especies vegetales de 1999 a 2022.

6. CONCLUSIONES

La evolución espacio-temporal de la producción científica sobre análisis de morfometría de especies vegetales, mostró un crecimiento exponencial de 1999 a 2022. Esta productividad se concentró en cinco países: México (29 artículos científicos), Brasil (24), USA (22), Rusia (21) e India (20), considerados como los países con más diversidad de plantas endémicas. En los estudios sobre morfometría de especies vegetales, las partes de las plantas de mayor análisis fueron las variables asociadas a fruto y semilla, para el caso de especies forestales además de fruto y semilla es usual estudiar también detalles de hoja y variables dasométricas. Las técnicas estadísticas más frecuentes para los análisis fueron correlación de Pearson, y Análisis de Varianza, aunque técnicas multivariadas como Análisis de Componentes Principales y Análisis de Clúster, son cada vez más recurrentes por simplificar la dimensión de la cantidad de variables analizadas. La mayoría de las publicaciones tuvieron como objeto de estudio a especies forestales y agrícolas. Sin embargo, el 84.19% (213 textos) se limitaron a hacer análisis descriptivo y/o comparativo de la morfometría intra-especie, inter-especie o su relación con la germinación, lo que deja un área de oportunidad para desarrollar investigación sobre cómo aplicar estos resultados en procesos que ayuden a agregar valor a las especies.

7. LITERATURA CITADA

- Alvarez-Flores, E. P., & Núñez Gómez, P. (2013). Uso de redes sociales como elemento de interacción y construcción de contenidos en el aula: cultura participativa a través de Facebook. *Historia y comunicación social*, 18(0), 53-62.
- Aguirre-Dugua, X., Eguiarte, L. E., González-Rodríguez, A. & Casas, A. (2012). Round and large: morphological and genetic consequences of artificial selection on the gourd tree *Crescentia cujete* by the Maya of the Yucatán Peninsula, México. *Annals of Botany*, 109(7), 1297-1306. doi.org/10.1093/aob/mcs068.
- Aleixandre-Benavent, R., Aleixandre-Tudó, J. L., Castelló-Cogollos, L. & Aleixandre, J. L. (2017). Trends in scientific research on climate change in agriculture and forestry subject areas (2005–2014). *Journal of cleaner production*, 147, 406-418.
- Allen, L., Jones, C., Dolby, K., Lynn, D. & Walport, M. (2009). Looking for landmarks: the role of expert review and bibliometric analysis in evaluating scientific publication outputs. *PloS one*, 4(6):e5910. Online: <https://bit.ly/3YtANB4>
- Álvarez-Vargas, J. E.; Alía-Tejacal, I.; López-Martínez, V.; Acosta-Durán, C. M.; Andrade-Rodríguez, M.; Colinas-León, M. T.; Delgado-Escobar, I. & Villegas-Torres, O. (2006). Caracterización de frutos de caimito (*Chrysophyllum cainito* L.), en el estado de Morelos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 217-221.
- Andrés-Agustín, J., Nieto-Ángel, R., Barrientos-Priego, A. F., Martínez-Damián, M. T., González-Andrés, F., Segura-Ledesma, S. D., Cruz-Castillo, J. G. & Gallegos-Vázquez, C. (2004). Variación morfológica de la hoja del chirimoyo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 103-110.
- Andrés-Agustín, J., Soto, M., Famiani, F., & Cruz-Castillo, J. G. (2017). In situ characterization of fruits and seeds of a number of white sapote (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.) accessions in Mexico. *HortScience*, 52(12), 1849-1852.
- Assogbadjo, A. E., Kyndt, T., Sinsin, B., Gheysen, G. & Van Damme, P. (2006). Patterns of genetic and morphometric diversity in baobab (*Adansonia digitata*) populations across different climatic zones of Benin (West Africa). *Annals of botany*, 97(5), 819-830.

- Assogbadjo, A. E., Sinsin, B. & Van Damme, P. (2005). Morphological characters and production of baobab tree capsules (*Adansonia digitata* L.) in Benin. *Fruits*, 60(5), 327.
- Baldo-Romero, M. Á., Iglesias-Andreu, L. G., Vázquez-Torres, M., Sánchez-Velásquez, L. R., Luna-Rodríguez, M. & Octavio-Aguilar, P. (2013). Marcadores morfométricos para la identificación del sexo en *Zamia furfuracea* L. F. (Zamiaceae). *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(3), 425-434.
- Beghé, D., Giordano, C., Pizzo, B., Lolli, V., Caligiani, A., Bonzanini, F., Anichini, M., Fiorentino, L., Rodolfi, M., Ganino, T. & Petruccelli, R. (2022). Characterization of Pomegranate (*Punica granatum* L.) through the morphoanatomical and lipid profile of seeds for the valorisation of italian accessions. *Sustainability*, 14(22), 14780.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsn*, 8, 361-362. <https://doi.org/10.1609/icwsn.v3i1.13937>
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim, J. D. & Rodrigues, A. S. L.. (2006). Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science*, 313 (5783), 58.
- Calixto-Valencia, C. G., Cetina-Alcalá, V. M., Ramírez-Herrera, C., López-López, M. Á., Ángeles-Pérez, G., Equihua-Martínez, A. & Basave-Villalobos, E. (2022). Morphometric, reproductive and germination characteristics of *Swietenia humilis* Zucc. germplasm from Guerrero State. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 148-172.
- Cañas-Guerrero, I., Mazarrón, F., Pou-Merina, A., Calleja-Perucho, C. & Díaz-Rubio, G. (2013). Bibliometric analysis of research activity in the “Agronomy” category from the Web of Science, 1997–2011. *European Journal of Agronomy*, 50:19-28. Online: <https://bit.ly/44X2BAc>
- Chávez-García, A. S., Hernández-Ramos, J., Muñoz-Flores, H. J., García-Magaña, J. J., Gómez-Cardenas, M. & Gutiérrez-Contreras, M. (2022). Plasticidad fenotípica de progenies de árboles de *Pinus pseudostrobus* Lindl. superiores en producción de resina en vivero. *Madera y bosques*, 28(1).

- De la Cruz-Landero, N. & Chávez, Á. A. (2005). Variación en semillas de *Swietenia macrophylla* King. procedentes de los estados de Campeche y Tabasco, México. *Foresta Veracruzana*, 7(1), 11-14.
- Espinosa-Grande, E., Santillán-Fernández, A., Chávez-Vergara, B., Vargas-Díaz, A., Tadeo-Noble, A., and Bautista-Ortega, J. (2023). Space-time analysis of scientific research on *Brosimum alicastrum* Swartz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(1):10247-10261. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n1.101008>
- Espinosa-Mendoza, R. E., Solorza-Feria, J., Arenas-Ocampo, M. L., Camacho-Díaz, B. H., Villar-Martínez, A., Vanegas-Espinoza, P. E. & Jiménez-Aparicio, A. R. (2012). Morphostructural characterization of rice grain (*Oryza sativa* L.) variety Morelos A-98 during filling stages. *The Scientific World Journal*, 2012.
- García-Azpeitia, L., Labrada-Delgado, G. J., Montalvo-González, E. & Loza-Cornejo, S. (2022). Caracteres morfométricos y anatómicos de frutos y semillas de una población de *Prosopis laevigata* (Fabaceae) en Lagos de Moreno, Jalisco, México. *Acta botánica mexicana*, (129).
- Gujarati, D. N. (2007). *Econometría*. Cuarta Edición. México: McGrawHill. pp. 560-571
- Gómez, J. M., Perfectti, F. & Camacho, J. P. M. (2006). Natural selection on *Erysimum mediohispanicum* flower shape: insights into the evolution of zygomorphy. *The American Naturalist*, 168(4), 531-545.
- Gómez-Hernández, M. M., Orantes-García, C., Verdugo-Valdez, A. G., Pozo-Gómez, D. M., Moreno-Moreno, R. A. & Sánchez-Cortes, M. S. (2022). Contribución al conocimiento del árbol leche María (*Calophyllum brasiliense* Cambess, Clusiaceae): morfometría, viabilidad y germinación de semillas. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1).
- González-Astorga, J., Vovides, A. P., Cruz-Angon, A., Octavio-Aguilar, P. & Iglesias, C. (2005). Allozyme variation in the three extant populations of the narrowly endemic cycad *Dioon angustifolium* Miq. (Zamiaceae) from North-eastern Mexico. *Annals of Botany*, 95(6), 999-1007.
- Hasnaoui, N., Mars, M., Ghaffari, S., Trifi, M., Melgarejo P. & Hernandez, F. (2011). Seed and juice characterization of pomegranate fruits grown in Tunisia: Comparison between sour and sweet cultivars revealed interesting properties for prospective industrial applications. *Industrial crops and products*, 33(2), 374-381.

- Iglesias, L. G., Solís-Ramos, L. Y. & Viveros-Viveros, H. (2012). Variación morfométrica en dos poblaciones naturales de *Pinus hartwegii* Lindl. del estado de Veracruz. *Phyton (Buenos Aires)*, 81(2), 239-247.
- Klingenberg, C. P. (2015). Analyzing fluctuating asymmetry with geometric morphometrics: concepts, methods, and applications. *Symmetry*, 7(2), 843-934.
- Li, W. & Zhao, Y. (2015). Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50:158-166. Online: <https://bit.ly/3DO8DqG>
- Leipold, S. (2014). Creating forests with words—A review of forest-related discourse studies. *Forest Policy and Economics*, 40, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.12.005>
- Loha, A., Tigabu, M., Teketay, D., Lundkvist, K. & Fries, A. (2006). Provenance variation in seed morphometric traits, germination, and seedling growth of *Cordia africana* Lam. *New forests*, 32, 71-86.
- Martínez-Moreno, E., Corona-Torres, T., Avitia-García, E., Castillo-González, A. M., Terrazas-Salgado, T. & Colinas-León, M. T. (2006). Caracterización morfométrica de frutos y semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(1), 11-17.
- Montes-Hernández, S., De la Torre-Vizcaino, J. D., Heredia-García, E., Hernández-Martínez, M. & Camarena-Hernández, M. G. (2017). Caracterización morfológica de germoplasma de aguacate mexicano (*Persea americana* var. *drymifolia*, Lauraceae). *Interciencia*, 42(3), 175-180.
- Mráz, P., Bouchier, R. S., Treier, U. A., Schaffner, U. & Müller-Schärer, H. (2011). Polyploidy in phenotypic space and invasion context: a morphometric study of *Centaurea stoebe* sl. *International Journal of Plant Sciences*, 172(3), 386-402.
- Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E. O., Troyo-Diéguez, E., Córdoba-Matson, M. V., Hernández-Montiel, L. G. & Nieto-Garibay, A. (2015). Baseline study of morphometric traits of wild *Capsicum annuum* growing near two biosphere reserves in the Peninsula of Baja California for future conservation management. *BMC Plant Biology*, 15(1), 1-18.

- Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E. & Pimienta-Barrios, E. (2007). Respuesta de variables morfométricas al déficit hídrico de dos especies de chile (*Capsicum frutescens* L. y *Capsicum annuum* L., SOLANACEAE). *Scientia-CUCBA*, 9(1), 1-8.
- Pablo-Pérez, M., Lagunes-Espinoza, L. D. C., López-Upton, J., Ramos-Juárez, J. & Aranda-Ibáñez, E. M. (2013). Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. *Bioagro*, 25(2), 101-108.
- Pérez-Nicolás, M., Colinas-León, T., Alia-Tejacal, I., Peña-Ortega, G., González-Andrés, F. & Beltrán-Rodríguez, L. (2021). Morphological Variation in Scarlet Plume (*Euphorbia fulgens* Karw ex Klotzsch, Euphorbiaceae), an Underutilized Ornamental Resource of Mexico with Global Importance. *Plants*, 10(10), 2020.
- Pozo-Gómez, D. M., Orantes-García, C., Rioja-Paradela, T. M., Moreno-Moreno, R. A. & Farrera-Sarmiento, O. (2019). Diferencias en morfometría y germinación de semillas de *Croton guatemalensis* (Euphorbiaceae), procedentes de poblaciones silvestres de la Selva Zoque, Chiapas, México. *Acta botánica mexicana*, (126).
- Reyes-López, D., Flores-Jiménez, Á., Huerta-Lara, M., Kelso-Bucio, H. A., Avendaño-Arrazate, C. H., Lobato-Ortiz, R., Aragón-García, A., López-Olguín, J. F. (2014). Variación morfométrica de fruto y semilla en cuatro especies del género *Vanilla*. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(3), 205-218.
- Rodríguez-Ruíz, E. R., Poot-Poot, W. A., Rangel-Lucio, J. A., Vaquera-Huerta, H., González-Gaona, O. J. & Treviño-Carreón, J. (2018). Germinación *in vitro* de biznaga cabuchera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(3), 691-699.
- Sanjuan-Martínez, J., Aquino-Bolaños, T., Ortiz-Hernández, Y. D. & Cruz-Izquierdo, S. (2019). Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponía. *Idesia (Arica)*, 37(2), 87-94.
- Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y. D., Aquino-Bolaños, T. & Cruz-Izquierdo, S. (2020). Seed and seedling quality of three chilis (*Capsicum annuum* L.) native to Oaxaca, Mexico. *Ciência Rural*, 50, e20190921.
- Santillán-Fernández, A., Salinas-Moreno, Y., Valdez-Lazalde, J. & Pereira-Lorenzo, S. (2021). Spatial-temporal evolution of scientific production about genetically modified maize. *Agriculture*, 11(3):246. Online: <https://bit.ly/3OspNyX>

- Santillán-Fernández, A., Vásquez-Bautista, N., Pelcastre-Ruiz, L., Ortigoza-García, C., Padilla-Herrera, E., Tadeo-Noble, A., Carrillo-Ávila, E., Juárez-López, J., Vera-López, J. & Bautista-Ortega, J. (2023). Bibliometric Analysis of Forestry Research in Mexico Published by Mexican Journals. *Forests*, 14:648. Online: <https://bit.ly/47mhKwi>
- Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi, R. & Ranjbar, H. (2009). Evaluation of genetic diversity among Iranian soft-seed pomegranate accessions by fruit characteristics and RAPD markers. *Scientia Horticulturae*, 121(3), 313-319.
- Silva, T., Moro, M., Silva, A., Meira, W., and Laender, A. (2014). Community-based endogamy as an influence indicator. Online: <http://bit.ly/3OxvzPY> [11 April 2023].
- Solis-Fernández, K. Z., Aguilera-Cauich, E. A., Cifuentes-Velasquez, R., Flores-Olvera, H., Andueza-Noh, R. H. & Sanchez-Del Pino, I. (2020). High morphological diversity of *Amaranthus cruentus* (Amaranthaceae) and its putative wild ancestor revealed by pistillate floral characterization in the proposed domestication center of origin. *Phytotaxa*, 439(3), 217-230.
- Terral, J. F., Tabard, E., Bouby, L., Ivorra, S., Pastor, T., Figueiral, I., Picq, S., Chevance, J. B., Jung, C., Fabre, L., Tardy, C., Compan, M., Bacilieri, R., Lacombe, T. & This, P. (2010). Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars. *Annals of botany*, 105(3), 443-455.
- Uribe-Salas, D., Saenz-Romero, C., González-Rodríguez, A., Tellez-Valdez, O. & Oyama, K. (2008). Foliar morphological variation in the white oak *Quercus rugosa* Née (Fagaceae) along a latitudinal gradient in Mexico: potential implications for management and conservation. *Forest ecology and Management*, 256(12), 2121-2126.
- Vázquez-Díaz, E., García-Nava, J. R., Peña-Valdivia, C. B., Ramírez-Tobías, H. M. & Morales-Ramos, V. (2011). Tamaño de la semilla, emergencia y desarrollo de la plántula de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(3), 167-173.
- Vega, C. R., Andrade, F. H., Sadras, V. O., Uhart, S. A., & Valentinuz, O. R. (2001). Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize. *Crop Science*, 41(3), 748-754.

- Villanueva-Castillo, D. M., Velasco-Velasco, V. A., Santos-Romero, R. B. D. L., Ruiz-Luna, J. & Rodríguez-Ortiz, G. (2021). Variación morfométrica en semillas de agaves silvestres de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 155-162.
- Villarreal-Garza, J. A., Rocha-Estrada, A., Cárdenas-Ávila, M. L., Moreno-Limón, S., González-Álvarez, M. & Vargas-López, V. (2013). Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Phyton (Buenos Aires)*, 82(2), 169-174.
- Wilson, J. P. & Knoll, A. H. (2010). A physiologically explicit morphospace for tracheid-based water transport in modern and extinct seed plants. *Paleobiology*, 36(2), 335-355.
- WoS (2020). Web of Science. Journal Citation Reports. Online: <https://bit.ly/3YrBE4X> [29 May 2023].