



ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA SOBRE TÉCNICAS DE INJERTO EN ESPECIES VEGETALES CON VALOR COMERCIAL

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC INFORMATION ON GRAFTING TECHNIQUES IN PLANT SPECIES WITH COMMERCIAL VALUE

**Carlos Antonio Ortigoza-García^{1a}, Alberto Santillán-Fernández^{2a*}, Alfredo Esteban Tadeo-Noble^{2b},
Benigno Rivera-Hernández³, Eugenio Carrillo-Ávila^{1b}, Jaime Bautista-Ortega^{1c}, Víctor Manuel
Cetina-Alcalá⁴ y Alfredo Salinas-Castro⁵**

^{1a} Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Maestría en Ciencias en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico, Champotón, Campeche, México
<https://orcid.org/0000-0001-6782-3616>

^{1b} Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Maestría en Ciencias en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico, Champotón, Campeche, México
<https://orcid.org/0000-0002-8018-7869>

^{1c} Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Maestría en Ciencias en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico, Champotón, Campeche, México
<https://orcid.org/0000-0002-3763-8986>

^{2a} Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Investigador por México Conahcyt, Champotón, Campeche, México
<https://orcid.org/0000-0001-9465-1979>

^{2b} Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Investigador por México Conahcyt, Champotón, Campeche, México
<https://orcid.org/0000-0001-7694-7477>

³ Universidad Popular de la Chontalpa, Ingeniería en Agronomía, Cárdenas, Tabasco, México
<https://orcid.org/0000-0003-1713-4710>

⁴ Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Postgrado Forestal, Texcoco, Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0003-4417-5059>

⁵ Universidad Internacional Iberoamericana, Doctorado en Proyectos en Desarrollo Sostenible y Energías Renovables, Campeche, Campeche, México
<https://orcid.org/0000-0001-5212-6113>

* Autor para correspondencia: santillan.alberto@colpos.mx

RESUMEN

A pesar de todo el conocimiento generado en torno a las técnicas de injerto en especies vegetales, existe poca investigación que evalúe los resultados encontrados. El objetivo de este trabajo fue analizar, mediante técnicas bibliométricas, la información publicada en artículos científicos donde se evaluó alguna técnica de injerto, para identificar metodologías de análisis, tipos de injertos, especies vegetales y la aplicación de los resultados encontrados. La palabra clave utilizada para la búsqueda de los artículos científicos fue 'grafting', y se consideraron publicaciones hasta diciembre de 2022.

De 1994 a 2022 se identificaron 293 artículos científicos, la frecuencia de su publicación mostró una tendencia exponencial ($R^2 = 0,54$). Se encontró que se evalúan variables asociadas al portainjerto, injerto y sobrevivencia de la nueva planta formada, que son evaluadas cada vez con mayor frecuencia con técnicas multivariadas por el interés de detectar las variables más significativas a partir de un número elevado de variables analizadas. Se documentaron 11 técnicas de injerto: púa, hendidura, empalme, inglés, yema, *in vitro*, microinjerto, en T, chapado, chip y entube. Las especies de mayor análisis correspondieron a frutícolas (cítricos), hortícolas (tomate), forestal (nogal), y ornato (rosa). Sin embargo, el 63,47% de los artículos científicos se limitaron a hacer análisis descriptivos sobre prendimiento, compatibilidad y sobrevivencia de los materiales vegetativos. Lo anterior, deja un área de oportunidad para desarrollar investigación sobre los procesos de mejora genética en la búsqueda de caracteres agronómicos de interés (fruto y crecimiento), o bien en la diversidad genética orientada a la productividad y/o conservación.

Palabras clave: Bibliometría, brote, portainjerto, propagación vegetativa, vástago.

ABSTRACT

Despite all the knowledge generated about grafting techniques in plant species, there is little research that evaluates the results found. The objective of this work was to analyze, through bibliometric techniques, the information published in scientific articles in which a grafting technique was evaluated, to identify analysis methodologies, types of grafts, plant species, and the application of the results found. The keyword used for the search of scientific articles was 'grafting', and publications up to December 2022 were considered. From 1994 to 2022, 293 scientific articles were identified, the frequency of their publication showed an exponential trend ($R^2 = 0,54$). It was found that variables associated with rootstock, graft and survival of the newly formed plant are evaluated, with an increasing use of multivariate techniques in order to detect the most significant variables. Eleven grafting techniques were documented: bark grafting, cleft grafting, splice grafting, whip and tongue grafting, budding, *in vitro* grafting, micrografting, T-budding, side-veneer grafting, chip budding, and tube grafting. Fruit (citrus), horticultural (tomato), forest (walnut), and ornamental (rose) crops were the most widely analyzed. However, 63,47% of the scientific articles were limited to descriptive analyses on success rate, compatibility and survival rate of vegetative materials. This provides the opportunity to conduct research on genetic improvement processes in the search for agronomic traits of interest (fruit and growth), or on genetic diversity aimed to improve productivity and/or conservation.

Keywords: Bibliometrics, budding, rootstocks, vegetative propagation, scion.

INTRODUCCIÓN

La reproducción vegetativa es una práctica utilizada en especies agrícolas, hortícolas y forestales, que consiste en generar nuevos individuos utilizando estructuras vegetativas, como tallos, raíces y hojas, confiriéndoles características deseables y conservando variedades específicas (Yang et al., 2019). Dentro de las técnicas de reproducción vegetativa, los injertos han demostrado tener las mejores evaluaciones (Ahsan et al., 2019). Sin embargo, con el avance de la biotecnología, técnicas nuevas como la propagación *in vitro* son cada vez más frecuentes (Asadi y Shekafandeh, 2021).

Los injertos han desempeñado un papel fundamental en la producción frutícola, hortícola y forestal, al permitir la combinación de características deseables, superar problemas de suelos y enfermedades, prolongar la vida útil

de los cultivos, multiplicar especies difíciles de propagar por semillas, y obtener germoplasma con información genética y rasgos de importancia económica en períodos más cortos (Arellano y Mascorro, 2012). Aunque también reducen la diversidad genética de la especie por la uniformidad de la descendencia (Xu et al., 2022).

Las técnicas de injerto se han evaluado con éxito en especies frutícolas como aguacate (*Persea americana* Mill.) (Ahsan et al. 2019), mango (*Mangifera indica* L.) (Beshir et al., 2019), uva (*Vitis vinifera* L.) (Cookson et al., 2013) y cítricos (*Citrus* spp.) (Gil-Izquierdo et al., 2004). En especies hortícolas: tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Zeist et al., 2020), sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) (Mohamed et al., 2014), y berenjena (*Solanum melongena* L.) (Gisbert et al., 2011). En especies forestales: pino (*Pinus engelmannii* Carr.) (Pérez-Luna et al., 2019) y ojite (*Brosimum alicastrum* Swartz) (Santillán-Fernández et al.,

2021a); e incluso en especies de ornato como rosa (*Rosa grandiflora* L.) (Papadimitriou et al., 2008) y arabidopsis (*Arabidopsis thaliana* L.) (Yang et al., 2019).

En la evaluación agronómica de los germoplasmas obtenidos mediante técnicas de injerto se buscan ejemplares con características fenotípicas y genotípicas sobresalientes, por lo que el método de injerto para la obtención del germoplasma es clave para un buen manejo agrícola (Yang et al., 2019). De ahí la importancia de una selección adecuada del método de injerto conforme a la especie que se desee propagar. Sin embargo, a pesar de todo el conocimiento generado en torno a las técnicas de injerto en especies vegetales, existe poca investigación que evalúe los resultados encontrados.

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).

Bajo este contexto el objetivo de este trabajo fue analizar, mediante técnicas bibliométricas, la investigación publicada en artículos científicos donde se evaluó alguna técnica de injerto en especies vegetales, para identificar metodologías de análisis, tipos de injertos, especies vegetales, y la aplicación de los resultados encontrados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de la información

En este trabajo se consideraron artículos científicos donde se evaluó alguna técnica de injerto en especies vegetales con valor comercial, tanto de uso doméstico como industrial. La palabra clave utilizada en la búsqueda de los artículos científicos fue: *grafting*. Solo se utilizó la palabra clave en el idioma inglés por considerar que es más probable que los textos en inglés se citen, lo que permite capturar la mayoría de las publicaciones relevantes (Leipold, 2014).

Se recopilaron 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. Sin embargo, por el volumen de información, solo se consideraron

para los análisis, los artículos científicos redactados en inglés.

Los artículos científicos se recopilaron de enero a junio de 2023, y se consideraron los textos disponibles hasta diciembre de 2022. Mediante un análisis de contenido, los trabajos descriptivos donde no se aplicó algún análisis estadístico, o no se especificó la técnica de injerto evaluada, 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).

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, la técnica de injerto evaluada, las variables y los análisis estadísticos empleados.

La captura de los datos 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: š (por s) ç (c), ã (a), acentos, superíndices, subíndices, ®, ©, entre otros, para facilitar el análisis.

Análisis de la información

Se siguió la metodología descrita por Santillán-Fernández et al. (2021b), Espinosa-Grande et al. (2023) y Santillán-Fernández et al. (2023a). 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 dónde se ha desarrollado la investigación sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial. Para la representación espacial se recurrió al paquete geográfico ARGIS® (Esri, 2015).

A partir de un análisis de contenido de los títulos de los artículos científicos, sus resúmenes, y palabras clave, se determinó la temática que abordaron cada uno de los textos. Para ello se entrevistó a especialistas de la Universidad Autónoma de Chapingo (2) y Colegio de Postgraduados campus Montecillo (2). Se definieron cuatro temas: 1) Frutícola, en esta categoría se clasificaron los trabajos que evaluaron técnicas de injerto en especies vegetales cultivadas que producen frutos, 2) Hortícola (trabajos asociados a especies vegetales cultivadas en huertos como verduras, legumbres y guisantes), 3) Forestal (trabajos asociados con especies utilizadas en plantaciones forestales), y 4) Ornato (trabajos que incluyeron especies vegetales que se cultivan con fines decorativos).

Una vez clasificados los artículos científicos por el tema que desarrollaron, se construyó un gráfico de las temáticas de acuerdo al país de origen del primer autor. También por temática, se analizaron las principales especies vegetales con valor comercial que fueron objeto de estudio en la evaluación de técnicas de injerto. De igual manera se analizó la frecuencia de las técnicas de injerto, variables y métodos estadísticos utilizados en los artículos científicos.

Finalmente se generaron indicadores bibliométricos de las revistas que publicaron

con mayor frecuencia artículos científicos donde se evaluó alguna técnica de injerto en especies vegetales cultivadas con valor comercial. También se analizaron los artículos científicos de mayor relevancia medido por el número de citas bibliográficas. Y, 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 técnicas de injertos en especies vegetales con valor comercial).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución espacio temporal

De 1994 a 2022 se recopilaron un total de 293 artículos científicos donde se evaluó alguna técnica de injerto en especies vegetales con valor comercial, tanto de uso doméstico como industrial. Esta producción científica dio origen a 4175 citas bibliográficas (Fig. 1). El periodo de mayor publicación de textos fue de 2008 a 2022 con el 87,71% del total (257), lo que contribuyó a una tendencia exponencial en el crecimiento de las publicaciones ($R^2 = 0,54$); en este periodo también se concentró el 71,57% de las citas bibliográficas (2.988).

Santillán-Fernández et al. (2023b) encontraron

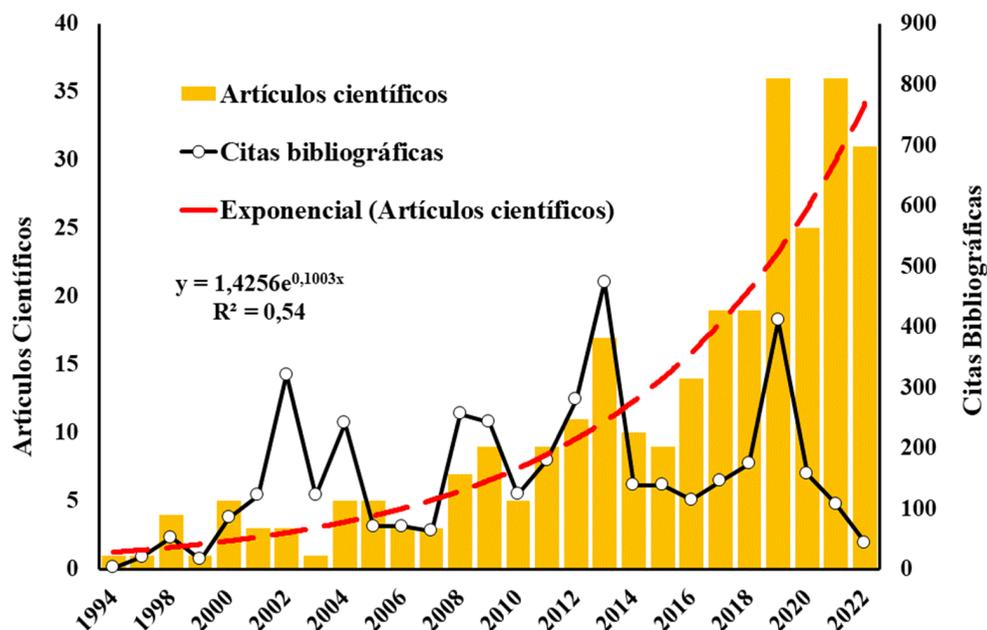


Fig. 1. Evolución temporal de la producción científica y citas bibliográficas sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022.

Fig. 1. Temporal evolution of scientific production and bibliographic citations on grafting techniques in commercially valuable plant species from 1994 to 2022.

que cuando existe una proporción directa entre el crecimiento temporal de los textos científicos con las citas bibliográficas, es porque el área de investigación analizada está de moda entre la comunidad científica. Lo que se explica de acuerdo con Gautier et al. (2019) por el hecho de que los nuevos modos de producción de especies vegetales con valor doméstico o industrial buscan hacer más eficientes los insumos y recortar los ciclos biológicos para obtener más rápido las materias primas.

Según el país de origen del primer autor de los textos científicos, los 293 artículos se originaron en 52 países (Fig. 2). De ellos, 185 textos (63,14%) fueron publicados por autores de siete países: China (49 textos, 16,72%), Brasil (40, 13,65%), Estados Unidos de América (USA) (24, 8,19%), Turquía (22, 7,51%), España (21, 7,17%), India (20, 6,83%), y México (9, 3,07%). China, Brasil, USA, España e India están considerados dentro de los principales países a nivel mundial con mayor productividad agrícola (FAOSTAT, 2023).

La investigación en estos países se centró principalmente en especies vegetales de origen frutícola y hortícola, lo que deja un área de oportunidad para las especies forestales y de

ornato (Fig. 3). Gersbach y Schneider (2015) encontraron que existe una relación directa entre el desarrollo agrícola de un país y la calidad de sus investigaciones; los países con mayor desarrollo agrícola tienden a invertir más en sus centros de investigación, lo que les permite un mayor desarrollo tecnológico.

Indicadores bibliométricos

Los estudios de investigación donde más conocimiento se desarrolló sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial fueron: Frutícola (156 textos, 53,84%), Hortícola (83, 28,33%), Forestal (41, 13,99%) y Ornato (13, 4,44%) (Tabla 1). Se documentaron 76 especies vegetales, de las cuales 36 correspondieron a especies frutícolas, 12 a hortícola, 22 a forestal, y 6 a ornato. Las especies más evaluadas fueron: cítricos (35 textos), tomate (26), uva (24) y sandía (21).

Yang et al. (2019) encontraron que la propagación vegetativa de especies frutícolas-hortícolas es más frecuente que la de especies perennes porque sus ciclos de producción son más cortos. En complemento, Arellano y Mascorro (2012) documentaron que las técnicas de injerto

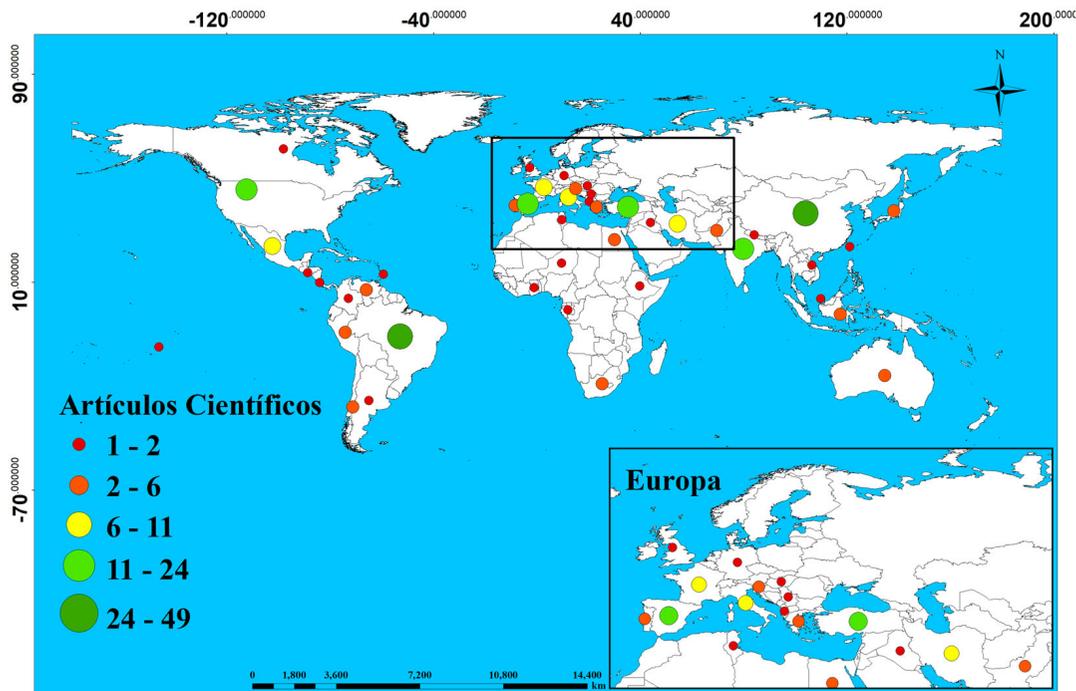


Fig. 2. Relación espacial de la producción científica sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022.

Fig. 2. Spatial relationship of scientific production on grafting techniques in commercially valuable plant species from 1994 to 2022.

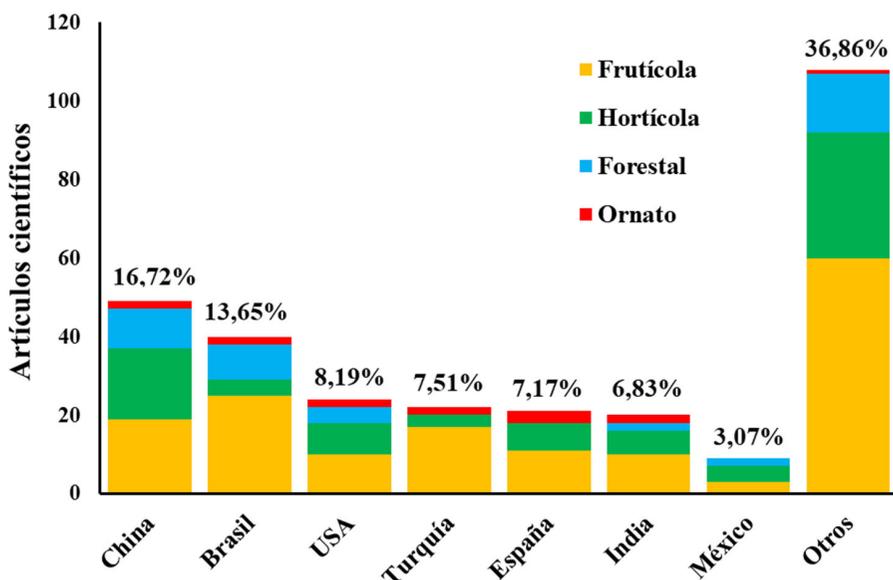


Fig. 3. Principales países y tópicos de investigación según el país de origen del primer autor de los artículos científicos sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022.

Fig. 3. Main countries and research topics based on the country of origin of the first author of scientific articles on grafting techniques in commercially valuable plant species from 1994 to 2022.

Tabla 1. Principales especies vegetales con valor comercial que fueron objeto de estudio en la evaluación de técnicas de injerto de 1994 a 2022.

Table 1. Main commercially valuable plant species that were the subject of study in the evaluation of grafting techniques from 1994 to 2022.

Tópico	Temáticas		Especies			
	Artículos		Nombre		Artículos	
	Número	%	Científico	Común	Número	%
Frutícola	156	53,24	<i>Citrus</i> spp.	Cítricos	35	11,95
			<i>Vitis vinifera</i> L.	Vid	24	8,19
			<i>Prunus</i> spp.	Durazno	11	3,75
			<i>Malus domestica</i> Borkh.	Manzano	7	2,39
			<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	4	1,37
Hortícola	83	28,33	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Tomate	26	8,87
			<i>Citrullus lanatus</i> Thunb.	Sandía	21	7,17
			<i>Cucumis melo</i> L.	Melón	9	3,07
			<i>Cucumis sativus</i> L.	Pepino	9	3,07
			<i>Solanum melongena</i> L.	Berenjena	6	2,05
			<i>Capsicum annum</i> L.	Chile	6	2,05
Forestal	41	13,99	<i>Juglans regia</i> L.	Nogal	6	2,05
			<i>Carya illinoensis</i> Wangenh.	Pacán	5	1,71
			<i>Pinus engelmannii</i> Carr.	Pino	2	0,68
			<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba	2	0,68
Ornato	13	4,44	<i>Rosa grandiflora</i> L.	Rosa	5	1,71
			<i>Arabidopsis thaliana</i> L.	Arabidopsis	4	1,37
Otros		0,00	Otros (59)		111	37,88
Total	293	100,00	Total (76)		293	100,00

son más frecuentes en especies vegetales con uso alimenticio por su alto valor comercial. Sin embargo, Papadimitriou et al. (2008) destacan la necesidad de generar investigación en especies de ornato, donde sus nichos de mercado no han sido explorados. Por lo que la investigación de técnicas de injerto en especies con usos diferentes al alimenticio se presenta como un área de oportunidad para generar nuevo conocimiento (Espinosa-Grande et al., 2023).

Respecto a las técnicas de injerto se contabilizaron un total de 11 (Tabla 2). En el 70,31% (206 textos) se evaluaron tres técnicas principalmente: púa (118 textos, 40,27%), hendidura (51, 17,41%) y empalme (37, 12,63%). Santillán-Fernández et al. (2021b) encontraron que estas técnicas son más recurrentes en la propagación de especies vegetales debido a la simplicidad de su uso y al bajo costo de los insumos para desarrollarlas. Sin embargo, Asadi y Shekafandeh (2021) encontraron que técnicas actuales como microinjertos y propagación *in vitro* han demostrado mejores resultados que las técnicas tradicionales en especies de difícil propagación vegetativa, pero su uso se ha limitado debido al grado de especialización del injertador y a los altos costos de sus insumos.

Para el caso de las variables analizadas en la evaluación de las técnicas de injerto, se encontró que básicamente se estudian variables asociadas a: 1) patrón, varetta o portainjerto (es la planta que recibe el injerto), 2) injerto (material vegetativo que se extrae de una planta y se coloca en un patrón o portainjerto), y 3) viabilidad (adaptación y/o sobrevivencia de la nueva planta formada) (Tabla 3). Las técnicas estadísticas más usuales para los análisis fueron las asociadas a inferencia (Correlación y ANOVA). Sin embargo, técnicas multivariadas como PCA y Clúster, y técnicas no paramétricas son cada vez más recurrentes por simplificar la dimensión de la cantidad de variables analizadas (Liu et al., 2020).

Los 293 textos analizados fueron publicados en 143 revistas científicas. Un total de 103 artículos científicos (35,17%) y 1.617 citas bibliográficas (38,75%), se concentraron en 10 revistas científicas (Tabla 4). Los tópicos de investigación recurrentes de estas 10 revistas se asociaron a especies vegetales hortícolas y frutícolas. De las 10 revistas una fue editada en un país cuya lengua oficial no es el inglés (Brasil), pero que publica en inglés. El idioma inglés es el adoptado como universal por la comunidad científica, por lo que las publicaciones en inglés tienen mayor probabilidad de difusión (Li y Zhao, 2015).

Además, ocho de las 10 revistas pertenecen a las principales editoriales científicas: MDPI (3), Springer (2), Taylor and Francis (1), Elsevier (1), y Frontiers (1); con factores de impacto superiores

a 2 y están indexadas en el Journal Citation Reports (WoS, 2021). 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., 2021b).

Entre los 10 estudios más citados sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial, ocho pertenecen a un primer autor cuya institución de adscripción está ubicada en un país donde el inglés no es su idioma oficial (Tabla 5); pero son países con economías consolidadas de la Unión Europea. Gersbach y Schneider (2015) encontraron que los países con economías consolidadas invierten más en sus centros de investigación, lo que les permite generar estudios de mayor relevancia al publicar en revistas con factores de impacto altos.

Respecto a las especies vegetales que fueron objeto de estudio en los artículos más citados, destacó *Arabidopsis thaliana* L. considerada como una herbácea modelo en los estudios de biología vegetal y mejoramiento genético, por su tamaño, fácil manejo, ciclo corto de propagación, y producción numerosa de semillas por planta (Andargie y Li, 2016). Sin embargo, también resalta el hecho de que la evaluación de técnicas de injerto en especies forestales ha sido poco relevante (medido por el número de citas bibliográficas).

Los estudios bibliométricos se presentan como una metodología de análisis que permiten identificar áreas prioritarias para el desarrollo de investigación (Santillán-Fernández et al., 2023a). Para el caso de técnicas de injerto en especies vegetales, pueden dar la pauta a mayores estudios de tipo genético (Yang et al., 2019), pero también permiten identificar nuevas especies de importancia económica como una oportunidad para contribuir a la diversidad de la investigación práctica (Ahsan et al., 2019). Además de documentar nuevas metodologías y enfoques innovadores como la propagación *in vitro* y microinjertación que se basan en el uso de tecnologías emergentes de biotecnología y bioinformática, y que mejoran la eficiencia y la efectividad de las técnicas de injerto (Asadi y Shekafandeh, 2021).

Red de autores y palabras clave

En los 293 textos analizados se encontraron 276 primeros autores diferentes, entre primer autor y coautores sumaron 1.249 individuos diferentes. La red de autores y coautores (Fig. 4) estuvo compuesta de 1.249 nodos (autores) y 1.143 aristas (vínculos). Una red se compone de nodos interconectados por vínculos, donde los nodos representan a los individuos y los vínculos representan la asociación entre los autores (Aguilar-Gallegos et al., 2016).



Tabla 2. Principales técnicas de injerto que fueron evaluadas en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022.
Table 2. Main grafting techniques that were evaluated in commercially valuable plant species from 1994 to 2022.

Injerto	Artículos		Descripción	Tema	Especies	Autores
	Número	%				
Púa	118	40,25	Consiste en decapitar un patrón e insertar en forma de púa una vareta. Tanto patrón como vareta deben de ser de diámetros iguales. Se emplea en especies frutales y forestales con un crecimiento apical.	Frutícola Forestal Hortícola	<i>Persea americana</i> Mill. (aguacate) <i>Pinus engelmannii</i> Carr. (pino) <i>Capsicum annuum</i> L. (chile)	Ahsan et al. (2019) Pérez-Luna et al. (2019) Leal-Fernández et al. (2013)
Hendidura	51	17,41	Tiene un principio similar al de púa. Es utilizado de manera viable en arboles maduros.	Frutícola Hortícola	<i>Mangifera indica</i> L. (mango) <i>Solanum lycopersicum</i> L. (tomate)	Beshir et al. (2019) Zeist et al. (2020)
Empalme	37	12,63	Utilizado en especies vigorosas, por su complejidad de prendimiento no se realiza en especies delicadas.	Hortícola	<i>Citrullus lanatus</i> Thunb.(sandía)	Xu et al. (2022)
Inglés	19	6,48	Es poco practicado por su complejidad. Es una variante del empalme, pero realizando una lengüeta donde encaje bien con el patrón en forma de una zeta, si los cortes no se realizados correctamente, difícilmente prenderá.	Frutícola	<i>Carica papaya</i> L. (papaya)	Álvarez-Hernández et al. (2019)
Yema	13	4,44	Es uno de los injertos más practicados. Se emplea cuando se requiere propagar la especie en grandes cantidades. Tiene buen prendimiento al no ser tan demandante para sobrevivir.	Frutícola Forestal	<i>Vaccinium bracteatum</i> Thunb. (arándano) <i>Leucaena leucocephala</i> Lam. (guaje)	Xu et al. (2014) Brennan y Mudge (1998)
<i>In vitro</i>	12	4,10	Es un injerto muy difícil y delicado por que se realiza <i>in vitro</i> y el éxito de este va a depender de las condiciones controladas	Frutícola	<i>Prunus</i> spp. (durazno) <i>Psidium cattleianum</i> Afzel. (manzana)	Asadi y Shekafandeh (2021) Fortuna y Cardoso (2020)
Microinjerto	12	4,10	Se realiza en las primeras semanas de vida de las plantas, es usado para heredar condiciones de resistencia y no tanto de producción.	Frutícola Forestal	<i>Persea americana</i> Mill. (aguacate) <i>Juglans regia</i> L. (nogal)	Raharjo y Litz (2005) Qureshi et al. (2014)
Chapado	7	2,39	Es un injerto fácil de realizar con pocas probabilidades de sobrevivir en muchas especies ya que es una vareta pegada al patrón, pero por un extremo (cara con cara) y depende mucho de la buena práctica de los cortes tanto en patrón como en el injerto.	Hortícola Forestal	<i>Citrullus lanatus</i> Thunb.(sandía) <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz (ojite)	Mohamed et al. (2014) Santillan-Fernández et al. (2021a)
Chip	6	2,05	Son una variante del injerto de yema, se diferencian por la forma en cómo se colocan y como se corta la corteza del patrón. La yema que se coloca es igual para los dos injertos. Es usual en especies de difícil propagación o de dimensiones reducidas.	Hortícola	<i>Berberis integerrima</i> Bunge (barberis)	Safari y Rezaei (2021)
En T	12	4,10		Ornato	<i>Rosa grandiflora</i> L. (rosa)	Papadimitriou et al. (2008)
Entube	6	2,05	Consiste en unir el patrón con el injerto, ya sea en empalme o púa y sujetar mediante presión dentro de un tubo.	Hortícola	<i>Solanum lycopersicum</i> L. (tomate)	Masterston et al. (2016)
Total	293	100,00				

Tabla 3. Principales variables y métodos de análisis utilizados en los artículos científicos que evaluaron injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022.**Table 3. Main variables and analysis methods used in scientific articles that evaluated grafting in commercially valuable plant species from 1994 to 2022.**

Componente	Variables	Pruebas estadísticas
Patrón o portainjerto	Prendimiento a los 3, 6 y 10 días (%); crecimiento vegetativo (incremento); patrones morfológicos de crecimiento (diámetro, largo y ancho).	Análisis de Correlación (Pearson y Spearman) Análisis de varianza (ANOVA) Prueba de medias (Tukey y Duncan)
Injerto	Crecimiento vegetativo (incremento); calidad anatómica del injerto (puntuación cuantitativa); perímetro del tronco en la cicatriz de injerto; patrones morfológicos de crecimiento (diámetro, largo y ancho).	Análisis de regresión Estadística descriptiva Pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney) Análisis de clúster
Viabilidad	Floración; formación de fruto; número de frutos; adaptabilidad a largo plazo (plantación); número de hojas (formadas y abortadas); sobrevivencia (%).	ACP

ACP = Análisis de Componentes Principales

Los vínculos en un análisis de redes de coautoría son importantes porque es a través de ellos que un autor puede alcanzar información que socialmente es distante para él (Granovetter, 1973).

Los principales autores que desarrollaron investigación sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022 fueron: Huang_Y (7 textos) y Bie_Z (4 textos) ambos de la Universidad Agrícola de Huazhong (China) quienes trabajaron especies hortícolas; Cookson_SJ (6 textos) y Ollat_N (6 textos) de la Universidad de Bordeaux (Francia) quienes trabajaron en la especie *Vitis vinifera* L (vid); Wang_Z (5 textos) y Wang_J (5 textos) de la Universidad Agrícola de Sichuan (China) que trabajaron en cítricos; y Lopez_Galarza_S (4 textos) de la Universidad Politécnica de Valencia (España) en especies hortícolas.

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., 2023a). 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 (Fig. 5) estuvo formada por 823 palabras diferentes y 1.144 vínculos, lo que permitió diferenciar nueve grupos de palabras clave. El primer grupo concentró a palabras asociadas con el concepto Grafting (injerto) e incluyó a 141 palabras (17,15%); en el segundo grupo se concentraron palabras relacionadas con Rootstocks (portainjertos, 101 palabras, 12,17%); Vegetative Propagation (propagación vegetativa, 75 palabras, 9,12%); Scion (vástago, 49 palabras, 5,96%), citrus (*Citrus* spp., 48 palabras, 5,84%), Budding (brotes, 45 palabras, 5,47%), Compatibility (compatibilidad, 39 palabras, 4,74%), Growth (crecimiento, 31 palabras, 3,77%); y el último grupo formado principalmente por los géneros de las especies analizadas, que concentraron 294 palabras (35,78%).

Las palabras clave más relevantes fueron variantes de grafting (injerto), rootstocks (portainjertos), vegetative propagation (propagación vegetativa) y scion (vástago). Esto explica porque el 63,47% de los textos (186) se limitaron a hacer análisis descriptivos sobre prendimiento y compatibilidad de los materiales vegetativos, y en los mejores escenarios evaluar su adaptación a un cultivo formal; lo que deja un área de oportunidad para desarrollar investigación sobre los procesos de mejora genética en la búsqueda de caracteres agronómicos (fruto y crecimiento) de interés, o bien en la diversidad genética orientada a la productividad y/o conservación.

Tabla 4. Indicadores bibliométricos de las principales revistas que publicaron artículos científicos sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022, ordenadas según el número de artículos publicados.
Table 4. Bibliometric indicators of the leading journals that published scientific articles on grafting techniques in commercially valuable plant species from 1994 to 2022, sorted by the number of articles published.

Revista	País	Editorial	Tópico	Artículos		Citas	
				Número	%	Número	%
Scientia Horticulturae	Holanda	Elsevier	Hortícola	38	12,97	854	20,46
HortScience	USA	AS-Horticultural Science	Hortícola	13	4,44	230	5,51
Frontiers in Plant Science	Suiza	Frontiers media SA	Frutícola	8	2,73	53	1,27
IJ-Fruit Science	USA	Taylor and Francis	Frutícola	8	2,73	42	1,01
Agronomy	Suiza	MDPI	Hortícola	6	2,05	48	1,15
BMC Plant Biology	UK	Springer	Frutícola	6	2,05	148	3,54
Bragantia	Brasil	IT-Campinas	Frutícola	6	2,05	53	1,27
Horticulturae	Suiza	MDPI	Hortícola	6	2,05	14	0,34
Plant Cell – TOC	Suiza	Springer	Frutícola	6	2,05	133	3,19
Plants	Suiza	MDPI	Hortícola	6	2,05	42	1,01
Otras (133)				190	64,83	2558	61,25
Total				293	100,00	4175	100,00

IJ-Fruit Science: International Journal of Fruit Science, Plant Cell – TOC: Plant Cell Tissue and Organ Culture, UK: United Kingdom, AS-Horticultural Science: American Society for Horticultural Science, IT-Campinas: Instituto Agronómico de Campinas

CONCLUSIONES

La evolución espacio-temporal de la producción científica sobre evaluación de técnicas de injerto en especies vegetales, mostró un crecimiento exponencial de 1994 a 2022. Esta productividad se concentró en seis países: China (49 textos), Brasil (40), Estados Unidos de América (24), Turquía (22), España (21), e India (20), considerados dentro

de los principales países a nivel mundial con mayor productividad agrícola. Para el caso de las variables analizadas en la evaluación de las técnicas de injerto, se encontró que básicamente se estudian variables asociadas al portainjerto, injerto y sobrevivencia de la nueva planta formada. Las técnicas estadísticas más usuales para los análisis fueron las asociadas a inferencia (Correlación y ANOVA). Sin embargo, técnicas multivariadas

Tabla 5. Indicadores bibliométricos de los principales artículos científicos sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022, ordenados según el número de citas bibliográficas.

Table 5. Bibliometric indicators of the main scientific articles on grafting techniques in commercially valuable plant species from 1994 to 2022, sorted by the number of bibliographic citations.

Nombre	Primer autor			Revista			Especie		
	Institución	País	Nombre	WoS (2021)	Citas	Nombre	Tópico		
Tumbull et al. (2002)	U-Londres	UK	Plant Journal	7,2	432	<i>Arabidopsis thaliana</i> L. (arabidopsis)	Ornato		
Bletsos et al. (2003)	ARC-Macedonia	Grecia	HortScience	1,9	257	<i>Solanum melongena</i> L. (berenjena)	Hortícola		
Gisbert et al. (2011)	UP-Valencia	España	Scientia Horticulturae	4,3	209	<i>Solanum melongena</i> L. (berenjena)	Hortícola		
Dong et al. (2008)	RC-Cotton	China	JE-Botany	6,9	174	<i>Gossypium</i> sp. (algodón)	Hortícola		
Gil-Izquierdo et al. (2004)	U-Murcia	España	JAF-Chemistry	6,1	152	<i>Citrus limon</i> L. (limón)	Frutícola		
Cookson et al. (2013)	U- Bordeaux	Francia	JE-Botany	6,9	150	<i>Vitis vinifera</i> L. (uva)	Frutícola		
Yang et al. (2019)	Max-Planck	Alemania	Current Biology	9,2	141	<i>Arabidopsis thaliana</i> L. (arabidopsis)	Ornato		
Errea et al. (2001)	EEAD-Zaragoza	España	Physiologia Plantarum	6,4	130	<i>Prunus armeniaca</i> L. (albaricoque)	Frutícola		
Colla et al. (2013)	U-Tuscia	Italia	Scientia Horticulturae	4,3	124	<i>Cucumis</i> sp. (pepino)	Hortícola		
Jensen et al. (2010)	UE- Pennsylvania	USA	TG-Genomes	2,4	101	<i>Malus domestica</i> Borkh (manzano)	Frutícola		

U-Londres: Universidad de Londres, ARC-Macedonia: Agricultural Research Centre of Macedonia, UP-Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, RC-Cotton: Cotton Research Center, U-Murcia: Universidad de Murcia, U- Bordeaux: Universidad de Bordeaux, EEAD-Zaragoza: Estación Experimental Aula Dei Zaragoza, U-Tuscia: Universidad de la Tuscia, UE- Pennsylvania: Universidad Estatal de Pennsylvania, UK: United Kingdom, JE-Botany: Journal of Experimental Botany, JAF-Chemistry: Journal of Agricultural and Food Chemistry, TG-Genomes: Tree Genetics and Genomes

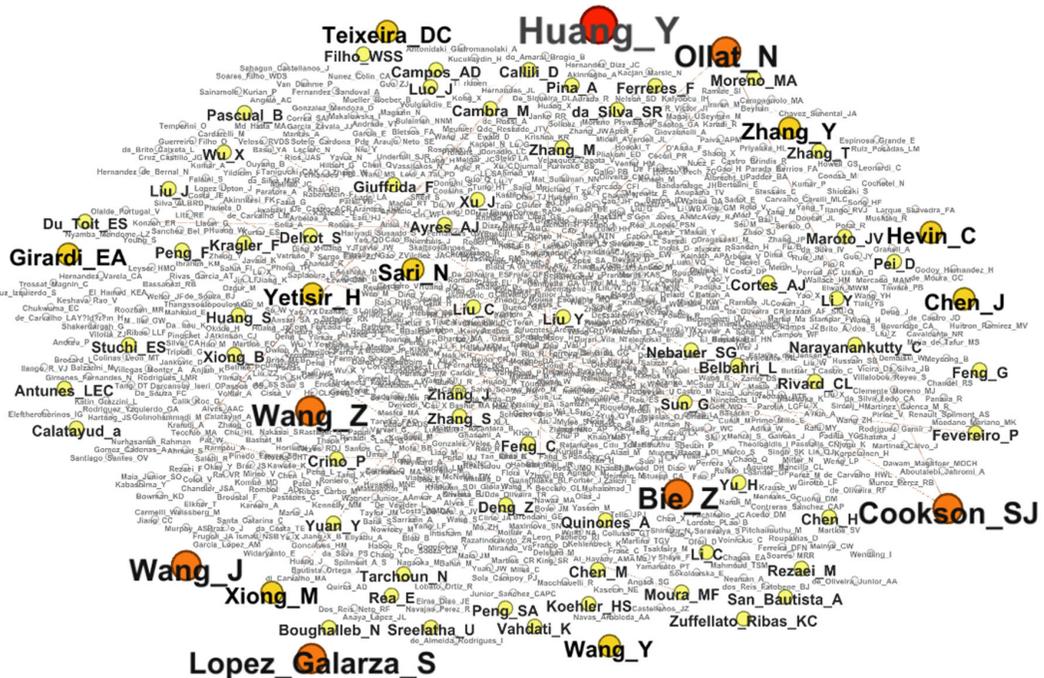


Fig. 4. Red de autores y coautores que han publicado artículos científicos sobre técnicas de injerto en especies vegetales con valor comercial de 1994 a 2022. El tamaño del nodo corresponde con su productividad.

Fig. 4. Network of authors and co-authors who have published scientific articles on grafting techniques in commercially valuable plant species from 1994 to 2022. The size of the node corresponds to its productivity.

como PCA y Clúster, y técnicas no paramétricas son cada vez más recurrentes por el interés de detectar las variables más significativas a partir de un número elevado de variables analizadas. Respecto a las técnicas de injerto se documentaron 11: púa (registrada en 118 textos), hendidura (51), empalme (37), inglés (19), yema (13), *in vitro* (12), microinjerto (12), en T (12), chapado (7), chip (6) y entube (6). Las especies de mayor análisis correspondieron a frutícolas (156 textos, destacando cítricos, uva, durazno, manzana y aguacate), horticólicas (83, tomate, sandía, melón, pepino, berenjena y chile), forestal (41, nogal, pacán, pino y caoba), y ornato (13, rosa y arabis). Sin embargo, el 63,47% de los textos (186) se limitaron a hacer análisis descriptivos sobre rendimiento y compatibilidad de los materiales vegetativos, y en los mejores escenarios evaluaron su adaptación a un cultivo formal; lo que deja un área de oportunidad para desarrollar investigación sobre los procesos de mejora genética en la búsqueda de caracteres agronómicos (fruto y crecimiento) de interés, o bien en la diversidad genética orientada a la productividad y/o conservación. También resaltó el hecho de que la evaluación de técnicas de injerto en especies forestales ha sido poco relevante

(medido por el número de citas bibliográficas). Finalmente, las técnicas bibliométricas mostraron ser una buena metodología para la identificación de especies de importancia económica, pero con poca investigación sobre sus formas de propagación; y tecnologías emergentes que mejoran la eficiencia y la efectividad de las técnicas de injerto. Sin embargo, se debe considerar el carácter teórico de los hallazgos como una manera de ampliar el estado del arte sobre el tópico de injertos en especies vegetales, por lo que se sugiere que estudios posteriores se centren en la aplicación práctica de los hallazgos científicos en la agricultura y la silvicultura.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología (Conahcyt) de México, por la beca 1156931 otorgada al primer autor para sus estudios de Maestría en Ciencias en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola del Trópico (BIOSAT); y por el proyecto Cátedra 364: Reconversión productiva sustentable para el desarrollo de los productores rurales de Campeche, otorgado al autor de correspondencia.

- Álvarez-Hernández, J.C., J.Z. Castellanos-Ramos, and C.L. Aguirre-Mancilla. 2019. Adaptation of a grafting method for *Carica papaya* based on seedling behavior. *HortScience* 54(6): 982-987. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13800-18>
- Andargie, M., and J. Li. 2016. Arabidopsis thaliana: a model host plant to study plant-pathogen interaction using rice false smut isolates of *Ustilaginoidea virens*. *Frontiers in plant science* 7:192. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00192>
- Arellano, J.D., y A.G. Mascorro. 2012. Evaluación económica del uso de injerto en tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica* 12(4):57-62.
- Asadi, Z.A.M., y A. Shekafandeh. 2021. In vitro grafting of 'Sahand' cultivar on two wild almond rootstocks and evaluation of its some physiological and biochemical traits vis-a-vis different rootstocks. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 145:507-516. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02021-6>
- Bastian, M., S. Heymann, and M. Jacomy. 2009. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsn* 8:361-362. <https://doi.org/10.1609/icwsn.v3i1.13937>
- Beshir, W., M. Alemayehu, and Y. Dessalegn. 2019. Effect of grafting time and technique on the success rate of grafted Mango (*Mangifera indica* L.) in Kalu District of Amhara Region, North Eastern Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture* 5(1):1577023. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1577023>
- Bletsos, F., C. Thanassouloupoulos, and D. Roupakias. 2003. Effect of grafting on growth, yield, and Verticillium wilt of eggplant. *HortScience* 38(2):183-186. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.2.183>
- Brennan, E.B., and K.W. Mudge. 1998. Clonal propagation of *Leucaena* by single bud splice grafting with a new grafting tool, and by modified veneer crown grafting. *New forests* 15:283-297. <https://doi.org/10.1023/A:1006589011986>
- Cañas-Guerrero, I., F. Mazarrón, A. Pou-Merina, C. Calleja-Perucho, and G. Díaz-Rubio. 2013. Bibliometric analysis of research activity in the "Agronomy" category from the Web of Science 1997-2011. *European Journal of Agronomy* 50:19-28. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.05.002>
- Colla, G., Y. Roupahel, R. Jawad, P. Kumar, E. Rea, and M. Cardarelli. 2013. The effectiveness of grafting to improve NaCl and CaCl₂ tolerance in cucumber. *Scientia Horticulturae* 164:380-391. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.023>
- Cookson, S.J., M.J. Clemente-Moreno, C. Hevin, L.Z. Nyamba-Mendome, S. Delrot, C. Trossat-Magnin, et al. 2013. Graft union formation in grapevine induces transcriptional changes related to cell wall modification, wounding, hormone signalling, and secondary metabolism. *Journal of Experimental Botany* 64(10):2997-3008. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert144>
- Dong, H., Y. Niu, W. Li, and D. Zhang. 2008. Effects of cotton rootstock on endogenous cytokinins and abscisic acid in xylem sap and leaves in relation to leaf senescence. *Journal of Experimental Botany* 59(6):1295-1304. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern035>
- Errea, P., L. Garay, and J.A. Marín. 2001. Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca*) using in vitro techniques. *Physiologia Plantarum* 112(1):135-141. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1120118.x>
- Espinosa-Grande, E., A. Santillán-Fernández, B. Chávez-Vergara, A. Vargas-Díaz, A. Tadeo-Noble, and J. Bautista-Ortega. 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>
- Esri. 2015. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS (Versión 10.3) Software de procesamiento digital de imágenes satelitales. Redlands, CA, USA. Recuperado de <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop> (Consulta 15 agosto 2023).
- FAOSTAT. 2023. Valor de la producción agrícola. Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV> (Consulta 20 noviembre 2023)
- Fortuna, G.P., and J.C. Cardoso. 2020. In vitro grafting of *Psidium guajava* in *Psidium cattleianum* for the Management of the *Meloidogyne enterolobii*. *International Journal of Fruit Science* 20(1):106-116. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1613468>
- Gautier, A.T., C. Chambaud, L. Brocard, N. Ollat, G.A. Gambetta, S. Delrot, et al. 2019. Merging genotypes: graft union formation and scion-rootstock interactions. *Journal of Experimental Botany* 70(3):747-755. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery422>

- Gersbach, H., and M.T. Schneider. 2015. On the global supply of basic research. *Journal of Monetary Economics* 75:123-137. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2015.02.004>
- Gil-Izquierdo, A., M.T. Riquelme, I. Porras, and F. Ferreres. 2004. Effect of the rootstock and interstock grafted in lemon tree (*Citrus limon* (L.) Burm.) on the flavonoid content of lemon juice. *Journal of agricultural and food chemistry* 52(2):324-331. <https://doi.org/10.1021/jf0304775>
- Gisbert, C., J. Prohens, M.D. Raigón, J.R. Stommel, and F. Nuez. 2011. Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. *Scientia Horticulturae* 128(1):14-22. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.007>
- Granovetter, M. 1973. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* 78(6):1360-1380. <https://doi.org/10.1086/225469>
- Gujarati, D.N. 2007. *Econometría. Cuarta Edición*. McGrawHill, CDMX, México.
- Jensen, P.J., I. Makalowska, N. Altman, G. Fazio, C. Praul, S.N. Maximova, et al. 2010. Rootstock-regulated gene expression patterns in apple tree scions. *Tree Genetics and Genomes* 6:57-72. <https://doi.org/10.1007/s11295-009-0228-7>
- Leal-Fernández, C., H. Godoy-Hernández, C.A. Núñez-Colín, J.L. Anaya-López, S. Villalobos-Reyes, and J.Z. Castellanos. 2013. Morphological response and fruit yield of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) grafted onto different commercial rootstocks. *Biological agriculture & horticulture* 29(1):1-11. <https://doi.org/10.1080/01448765.2012.746063>
- 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>
- Li, W., and Y. Zhao. 2015. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review* 50:158-166. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012>
- Liu, B., D. Zhao, P. Zhang, F. Liu, M. Jia, and J. Liang. 2020. Seedling evaluation of six walnut rootstock species originated in China based on principal component analysis and cluster analysis. *Scientia Horticulturae* 265:109212. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109212>
- Masterson, S.A., M.M. Kennelly, R.R. Janke, and C.L. Rivard. 2016. Microclimate and scion leaf removal to improve the success of grafted tomato seedlings. *HortTechnology* 26(3):261-269. <https://doi.org/10.21273/HORTECH.26.3.261>
- Mohamed, F.H., K.E. Abd El-Hamed, M.W. Elwan, and M.N. Hussien. 2014. Evaluation of different grafting methods and rootstocks in watermelon grown in Egypt. *Scientia Horticulturae* 168:145-150. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.029>
- Papadimitriou, M., A. Antonidaki-Giatromanolaki, M. Dragasaki, and I. Vlahos. 2008. Bench T-budding technique as a means to propagate greenhouse roses under mist. *Propagation of Ornamental Plants* 8(2):99-101.
- Pérez-Luna, A., J.Á. Prieto-Ruiz, J. López-Upton, A. Carrillo-Parra, C. Wehenkel, J.A. Chávez-Simental, et al. 2019. Some Factors Involved in the Success of Side Veneer Grafting of *Pinus engelmannii* Carr. *Forests* 10(2):112. <https://doi.org/10.3390/f10020112>
- Qureshi, S.N., M.S. Wani, K. Javaid, R.H. Raja, and Y.A. Basu. 2014. Epicotyl grafting: A new vegetative propagation method in walnut under field conditions of Kashmir valley. *Indian Journal of Horticulture* 71(3):306-310.
- Raharjo, S.H., and R.E. Litz. 2005. Micrografting and *ex vitro* grafting for somatic embryo rescue and plant recovery in avocado (*Persea americana*). *Plant Cell Tiss Organ Cult* 82:1-9. <https://doi.org/10.1007/s11240-004-5486-3>
- Safari, M., and M. Rezaei. 2021. Grafting success of *Berberis Integerrima* Cv Bidaneh on wild type barberries. *International Journal of Fruit Science* 21(1):1030-1039. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1975012>
- Santillán-Fernández, A., O.V. Santiago-Santes, E. Espinosa-Grande, Z.G. Huicab-Pech, F.A. Larqué-Saavedra, and J. Bautista-Ortega. 2021a. Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México. *LA GRANJA Revista de Ciencias de la Vida* 34(2):105-116. <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.07>
- Santillán-Fernández, A., Y. Salinas-Moreno, J. Valdez-Lazalde, and S. Pereira-Lorenzo. 2021b. Spatial-temporal evolution of scientific production about genetically modified maize. *Agriculture* 11(3):246. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030246>

- Santillán-Fernández, A., N. Vásquez-Bautista, L. Pelcastre-Ruiz, C.A. Ortigoza-García, E. Padilla-Herrera, A.E. Tadeo-Noble, et al. 2023a. Bibliometric Analysis of Forestry Research in Mexico Published by Mexican Journals. *Forests* 14:648. <https://doi.org/10.3390/f14030648>
- Santillán-Fernández, A., A.A. Vargas-Díaz, C. Flota-Bañuelos, S. Fraire-Cordero, V. Rosales-Martínez, and J. Bautista-Ortega. 2023b. Bibliometric analysis of scientific research about agroecological strategies. *Agro Productividad* 16(8):77-84. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i8.2438>
- Silva, T., M. Moro, A. Silva, W. Meira, and A. Laender. 2014. Community-based endogamy as an influence indicator. *IEEE/ACM Joint Conference on Digital Libraries*, London, UK, pp. 67-76. <https://doi.org/10.1109/JCDL.2014.6970152>
- Turnbull, C.G., J.P. Booker, and H.O. Leyser. 2002. Micrografting techniques for testing long-distance signaling in *Arabidopsis*. *The Plant Journal* 32(2):255-262. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2002.01419.x>
- WoS. 2021. Web of Science. Journal Citation Reports. Disponible en <https://guiasbib.upo.es/webofscience/jcr>
- Xu, C., Y. Ma, and H. Chen. 2014. Technique of grafting with Wufanshu (*Vaccinium bracteatum* Thunb.) and the effects on blueberry plant growth and development, fruit yield and quality. *Scientia horticulturae* 176:290-296. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.021>
- Xu, P., T. Zhang, L. Chen, W. Huang, and K. Jiang. 2022. Study on the method of matched splice grafting for melon seedlings based on visual image. *Agriculture* 12(7):929. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070929>
- Yang, L., V. Perrera, E. Saplaoura, F. Apelt, M. Bahin, A. Kramdi, et al. 2019. m5C methylation guides systemic transport of messenger RNA over graft junctions in plants. *Current Biology* 29(15):2465-2476. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.042>
- Zeist, A.R., J.T. de Resende, D.S. Zanin, A.L. da Silva, A.C. Perrud, G.A. Bueno, et al. 2020. Effect of acclimation environments, grafting methods and rootstock RVTC-66 on the seedling development and production of tomato. *Scientia Horticulturae* 271:109496. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109496>