

## Revisión sistemática sobre tipos de sustratos utilizados en la propagación de orquídeas bajo invernadero

### Systematic Review of Types of Substrates Used in Greenhouse Propagation of Orchids

**Natali Bello-Castañeda<sup>ad</sup>, Carlos Coy-Barrera<sup>be</sup>, María Mercedes Pérez<sup>cf</sup>**

<sup>a</sup> Ingeniera agroecológica, estudiante Maestría en Biología Aplicada, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

<sup>b</sup> Químico PhD. SC, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

<sup>c</sup> Ingeniera agrónoma MSc., PhD.c, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

<sup>d</sup> u7500131@unimilitar.edu.co

<sup>e</sup> carlos.coy@unimilitar.edu.co | <https://orcid.org/0000-0001-7629-9262>

<sup>f</sup> maria.perez@unimilitar.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-0788-2865>

**Citation:** Bello-Castañeda, N., Coy-Barrera, C., y Pérez, M. M. (2023). Revisión sistemática sobre tipos de sustratos utilizados en la propagación de orquídeas bajo invernadero. *Mutis*, 13(1). 1-18. <https://doi.org/10.21789/22561498.1887>

**Recibido:** 13 de junio del 2022  
**Aceptado:** 22 de agosto del 2022

**Copyright:** © 2023 por los autores. Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

#### RESUMEN

Las orquídeas son una familia de plantas que se distinguen por la complejidad, la belleza de sus flores, las interacciones ecológicas con hongos y polinizadores, por su adaptabilidad en diferentes ambientes y por su amplia diversidad. Existen más de 25 000 especies se han reportado a escala mundial, y Colombia es uno de los países que cuenta con el mayor número de especies de orquídeas: se considera que hay 4 400 especies agrupadas en 274 géneros. El aumento en la demanda comercial legal e ilegal de orquídeas como productos ornamentales ha dado como resultado un mayor interés en el desarrollo de métodos de propagación masiva no solo para su comercialización, sino para su conservación. Por ello, resulta interesante identificar cuáles son los tipos de sustratos utilizados en invernadero para la producción de orquídeas provenientes de cultivo *in vitro*, a través del análisis de estudios en los cuales se caracterizan los materiales utilizados de acuerdo con el porcentaje de supervivencia de las plantas en el proceso de aclimatación y endurecimiento, etapa en la cual se realiza el trasplante de laboratorio a condiciones de invernadero, así como las implicaciones que presentan a nivel de metabolismo secundario durante diferentes etapas de desarrollo.

**Palabras clave:** sustratos; orquídeas; invernadero; cultivo *in vitro*, endurecimiento; ciencias biológicas.

#### ABSTRACT

Orchids are a family of plants that are characterized by their complexity, the beauty of their flowers, their ecological interactions with fungi and pollinators, their adaptability in different environments and their wide diversity. There are more than 25,000 species reported worldwide, and Colombia is one of the countries with the largest number of orchid species: it is considered that there are 4,400 species grouped into 274 genera. The increase in the legal and illegal commercial demand for orchids as ornamental products has resulted in a greater interest in the development of mass propagation methods not only for their commercialization, but also for their conservation. For this reason, it is of interest to identify the types of substrates used in

greenhouses where orchids are produced in *in vitro* cultures, through the analysis of studies in which the materials used are characterized according to the plants survival percentage in the process of acclimatization and hardening –at this stage the laboratory transplant is carried out under greenhouse conditions– as well as the implications they present at the level of secondary metabolism during different stages of development.

**Keywords:** Substrates; Orchids; Greenhouse; In vitro culture; Hardening; biological sciences.

## INTRODUCCIÓN

### Generalidades de la familia Orchidaceae

Las orquídeas son plantas monocotiledóneas, abarcan el 7% de las angiospermas y pertenecen a la familia Orchidaceae (Pansarin & Pansarin, 2010). Esta familia reúne entre 17 000 y 35 000 especies posicionándose como unas de las plantas de mayor abundancia en el reino vegetal (Dressler, 1995). Las flores de las orquídeas tienen extraordinarias formas y colores que conjugan su belleza, cuyas características las han hecho populares y cotizadas entre coleccionistas, botánicos y público en general (Ajú Upún, 2009, Barros *et al.*, 2016).

Algunos datos históricos mencionan que, desde hace miles de años, las orquídeas han sido conocidas y valoradas. Por ejemplo, en la antigua Grecia, a esta planta se le atribuían propiedades curativas y afrodisíacas. Resulta importante mencionar que la palabra orquídea viene del griego ὄρχις "orchis", que significa testículo, por la forma de los tubérculos de algunas especies terrestres y porque crecen en pares (Menchaca y Moreno, 2011). Las primeras orquídeas llegaron a Europa por casualidad, ya que los tallos gruesos de la especie *Cattleya labiata* se utilizaban como empaque de mercancía en los barcos. Lord Cattley, reconocido horticultor, las observó y le parecieron extrañas, por lo que decidió cultivarlas; y al cabo de unos meses, una de ellas floreció dejando asombrado al horticultor, quien decidió darle su nombre. Luego, sus hermosas pero raras flores despertaron en todo el mundo el interés por coleccionarlas (Gutierrez, 2014). En Colombia desde hace mucho tiempo ya se conocían y eran apreciadas varias especies de orquídeas, principalmente por su uso ornamental.

El hábitat de las orquídeas es un área en donde la disponibilidad de agua y nutrientes es baja, por lo cual han desarrollado adaptaciones para poder sobrevivir, solucionando así las deficiencias del lugar. Por ello tienen órganos que les permite sobreponerse a las condiciones adversas que se puedan presentar, como las raíces aéreas, que están recubiertas de un tejido blanco especial que ayuda en la absorción de agua durante los períodos de lluvia y en épocas de sequía; además, actúan como un protector en condiciones de calor excesivo y pérdida de agua. La mayoría de las orquídeas son epífitas y necesitan principalmente de cinco factores en cantidades reguladas para poder crecer y desarrollarse en forma adecuada: luz, riego, ventilación, temperatura y fertilización. También necesitan luz brillante, pero de forma indirecta para desarrollar sus flores; si la luz es muy débil, pueden tardar mucho en florecer o no hacerlo. Cuando la planta se encuentra en floración, se recomienda no exponerla a los rayos directos del sol, ni siquiera a través de un cristal (ventana o domo), aunque algunas orquídeas toleran la luz directa del sol; por ejemplo, en los países en donde hay estaciones, se pueden exponer al sol en otoño e invierno, cuando es más débil la intensidad de la luz solar. Un indicador para conocer si la planta está recibiendo la cantidad de luz necesaria es el color de sus hojas: si son de color verde brillante, la cantidad es la correcta; si se vuelven verde

oscuro, puede ser que no esté recibiendo suficiente luz; y, si son amarillas, es posible que esté recibiendo demasiada luz.

Una de las funciones vitales de la planta es la fotosíntesis, que requiere la cantidad de luz necesaria para llevarse a cabo. El proceso de fotosíntesis se da cuando la planta absorbe luz del sol para poder combinar agua y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y generar metabolitos primarios esenciales para su desarrollo y crecimiento, como es el caso de los carbohidratos, los cuales son los encargados de formar su estructura y que sirven como energía para crecer y florecer; es decir, si no se tiene el correcto nivel de luz, este proceso no se realizaría de forma adecuada, lo que disminuye la calidad de la planta, su crecimiento y desarrollo (Murillo *et al.*, 2016). Aunque las orquídeas no necesitan un riego directo, sí requieren que el ambiente esté húmedo, por lo que se recomienda colocar los recipientes con las plantas sobre una bandeja con agua y grava, de tal forma que estos no estén en contacto directo con el agua; se pueden colocar recipientes con agua cerca de las plantas, colocar las plantas juntas para que entre ellas se cree un microclima o utilizar riego con aspersión para asegurar que la planta esté recibiendo la cantidad de agua y humedad que requiere (Mercado y Delgado, 2020).

En su ambiente natural, las orquídeas se nutren de los restos orgánicos que se han acumulado durante muchos años o que poco a poco provee la naturaleza. Al cultivar las orquídeas fuera de su hábitat, se hace necesaria la intervención humana para su sobrevivencia, por lo que es necesario colocarlas en ambientes con condiciones meteorológicas adecuadas a nivel de radiación, temperatura y humedad del aire, así como en medios de cultivo o sustratos apropiados para el desarrollo de raíces, que garanticen su anclaje, absorción de agua y de nutrientes esenciales para su desarrollo. Considerando que las orquídeas son normalmente plantas epífitas, están adaptadas a recibir nutrientes diluidos en pequeñas cantidades, pero de forma constante. Por lo tanto, si se quieren plantas sanas y vigorosas es necesario regular la cantidad de nutrientes y no aplicar demasiada cantidad de fertilizantes (Cetzal *et al.*, 2020).

Al igual que la mayoría de las plantas, las orquídeas se reproducen de forma sexual y asexual: la primera se lleva a cabo con un intercambio genético y la descendencia obtiene genes de ambos parentales, lo que garantiza mayor diversidad en las características de la descendencia; y la segunda forma se obtiene a partir de fracciones de la planta madre (Štípková *et al.*, 2021). Con relación a esta última, al dividir una planta por los pseudobulbos a través de un corte, se hace posible la generación de dos o más plantas clonales: de manera cuidadosa se realiza la separación de las raíces. Siguiendo la técnica adecuada, se pueden obtener asexualmente varias plantas a partir de una sola con la técnica denominada “pulso hormonal”, que se promueve a través de las yemas el crecimiento de nuevas plantas o brotes. A través del cultivo de tejidos, cuya realización es muy especializada y requiere condiciones de trabajo muy particulares, se ha obtenido la propagación masiva de material vegetal a partir de tejido calloso (Coello., 2010), de la germinación de semillas o a partir de diferentes tipos de explante como protocormos, ápices de raíz y yemas axilares, que van creciendo y se llevan a invernaderos para que terminen de desarrollar (Stancik *et al.*, 2009). Las ventajas de la reproducción asexual radican en la obtención de plantas de calidad en mayor cantidad y en menor tiempo, así como su multiplicación en cualquier época del año, lo que permite mayor eficiencia en el ciclo del cultivo y poder favorecer que la floración se produzca más de una vez por año (Ávila *et al.*, 2009; Bertonecelli *et al.*, 2017).

Actualmente, el comercio de orquídeas ha ido en aumento, siendo un renglón importante del sector ornamental. Según Hossain (2008), las orquídeas ocupan el segundo lugar como flores de corte y cultivadas en maceta en el mercado de los Estados

Unidos y Canadá. Además, el 90% de los registros de exportación de orquídeas de Colombia presentan comercialización en otros 6 países como Alemania, Austria, Francia, Japón, Reino Unido y Suiza (López, 2018).

El amplio reconocimiento de las orquídeas no sólo las ha llevado a cada rincón para embellecer los espacios o jardines de un coleccionista, sino que también han despertado el interés del público en general y se puede acceder a ellas de forma legal o, lastimosamente, de manera ilegal, por lo cual la comercialización creciente ha puesto en riesgo a muchas especies (Cribb *et al.*, 2003). La práctica de extraer orquídeas de sus hábitats naturales es muy común y, sumado a este problema, estas plantas también se ven afectadas por la ampliación de la frontera agrícola, la pérdida de bosques y los efectos del cambio climático, por lo cual muchas ya se han catalogado en peligro de extinción (Calderón-Sáenz, 2006).

### **Orquídeas y sustratos**

Por lo anterior, la propagación y producción de orquídeas se ha ido incrementando no solo por la demanda, sino para contribuir con la disminución en la extracción en los hábitats naturales, así como para propender por su conservación. La obtención de orquídeas en escala productiva es un sector económico importante para la industria hortícola y ornamental (Pires *et al.*, 2012, Bayraktar *et al.*, 2015, Bhattacharyya *et al.*, 2017 y Hinsley *et al.*, 2018). Por tal motivo el estudio de las condiciones agroecológicas para su desarrollo adecuado también ha ido aumentando, sobre todo para la propagación en condiciones de invernadero en donde el sustrato que se usa como soporte y como fuente de agua, aireación y nutrientes desempeña un papel importante en la sanidad y vigor de las plantas (Zhang *et al.*, 2018, Paul *et al.*, 2017).

Otro de los aspectos de importancia para la propagación y crecimiento de orquídeas son los tipos de sustratos y las mezclas óptimas para su adaptación y establecimiento; por lo tanto, se requieren sustratos que se caractericen por la capacidad de retención de humedad, drenaje, aireación, suministro de nutrientes e intercambio iónico, además de evitar la producción de patógenos que afecten el desarrollo de las plantas. Dentro de los sustratos evaluados para la producción de orquídeas se pueden encontrar diversos materiales, los cuales se caracterizan por ser inertes, nutritivos y enriquecidos en materia orgánica (Hinsley *et al.*, 2018, Lee y Yeung, 2018).

Una de las etapas cruciales en la producción de orquídeas micropropagadas, ya sea con fines comerciales o de conservación, es la de endurecimiento y aclimatación en donde las plantas cambian de manera abrupta las condiciones ambientales, físicas y químicas, que pueden causar el 100% de mortalidad debido al traslado de las plantas de laboratorio a nuevas condiciones de sustrato, humedad, luminosidad y temperatura (Hew y Yong, 2004, Amador *et al.*, 2013 y Almeida *et al.*, 2017).

La presente revisión tiene como objetivo identificar cuáles son los tipos de sustratos que se utilizan en la producción de orquídeas provenientes de cultivo *in vitro*, a través del análisis de estudios previos, en los cuales se caracterizan los materiales utilizados de acuerdo con el porcentaje de supervivencia de las plantas en el proceso de aclimatación y endurecimiento, etapa en la cual se realiza el trasplante de laboratorio a condiciones de invernadero, así como las implicaciones que presentan a nivel de metabolismo secundario durante diferentes etapas de desarrollo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura en cinco bases de datos bibliográficas de amplio uso en el ámbito científico: Science Direct, Scopus, ProQuest y Springer Link. Se usó como ruta general de búsqueda el algoritmo (*orchids AND substrate AND greenhouse*). También se añadió a la búsqueda los documentos obtenidos en SciELO (Scientific Electronic Library Online o Biblioteca Científica Electrónica en Línea) usando el mismo algoritmo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Rutas de búsqueda de bibliografía.

Base de datos	Ruta de búsqueda
Science Direct	<i>TITLE-ABS-KEY (orchids AND substrate AND greenhouse)</i>
Scopus	<i>TITLE-ABS-KEY ( ( orchids AND substrate AND greenhouse ) ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 1997 ) )</i>
Springer Link	<i>'(orchids AND substrate AND greenhouse)'</i>
ProQuest	<i>orchids AND substrate AND greenhouse</i>
Scielo	<i>orchids AND substrate AND greenhouse</i>

Las referencias bibliográficas encontradas junto con el respectivo resumen fueron gestionadas por medio del gestor bibliográfico Mendeley Desktop.Ink® para identificar las referencias que se repetían entre las bases de datos.

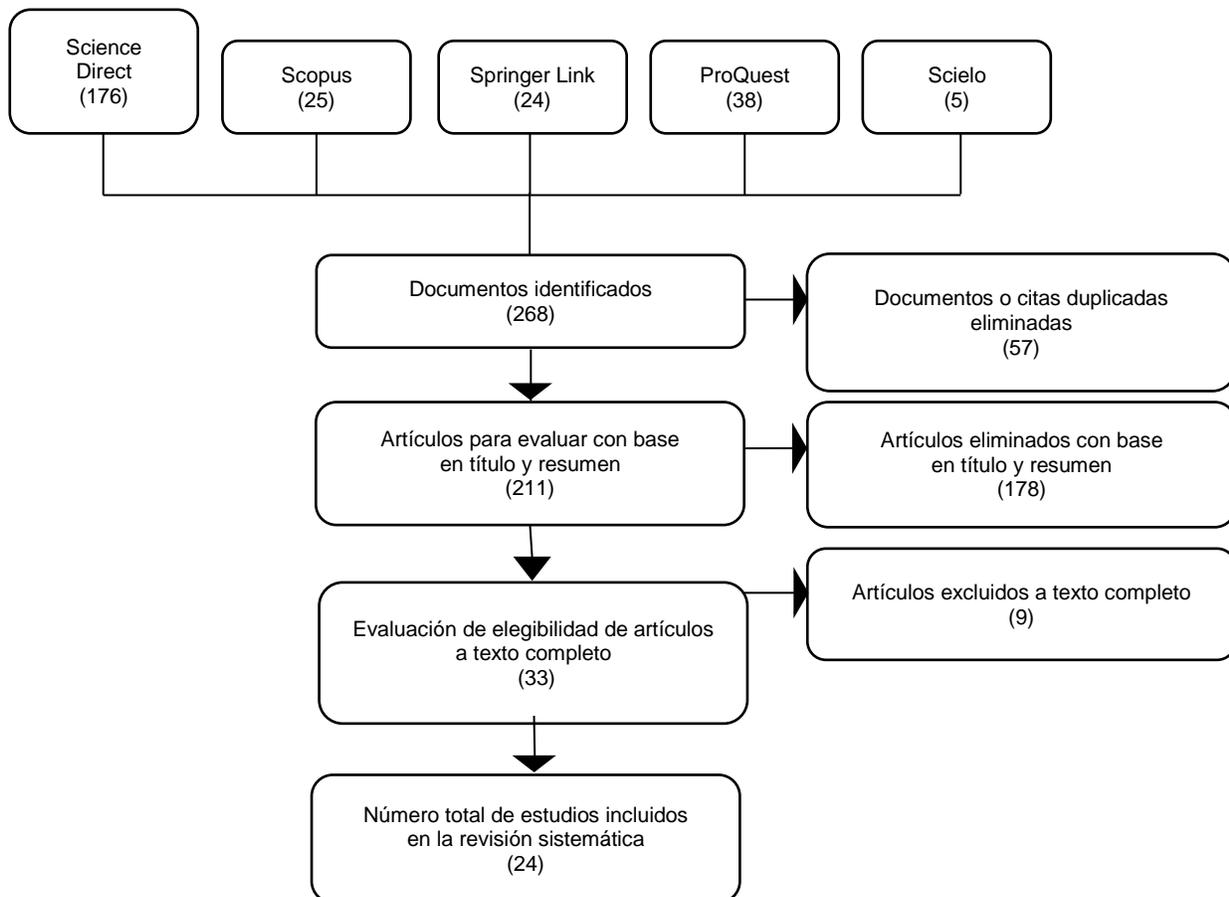
## RESULTADOS

### Criterios de inclusión y exclusión en la revisión bibliográfica

Para dar cumplimiento al objetivo planteado se estableció un rango temporal de 22 años, identificando literatura publicada entre enero del 2000 y enero de 2022. Se tuvo en cuenta que los artículos presentaran resultados originales de investigación en idioma inglés, portugués y español. Además, que tuvieran como tema central el uso de sustratos para la propagación de orquídeas en invernadero provenientes de la propagación *in vitro* o procesos de micropropagación. Se excluyeron artículos que presentaban resultados de investigación que evaluaran sustratos orientados a la propagación de orquídeas utilizando brotes vegetativos conocidos como keikis, que no son procedentes de cultivos *in vitro*. De igual manera, se omitieron resultados de documentos como libros, capítulos de libros y revisiones; es decir, se buscó que los estudios seleccionados provinieran únicamente de literatura especializada o de artículos científicos publicados en revistas científicas.

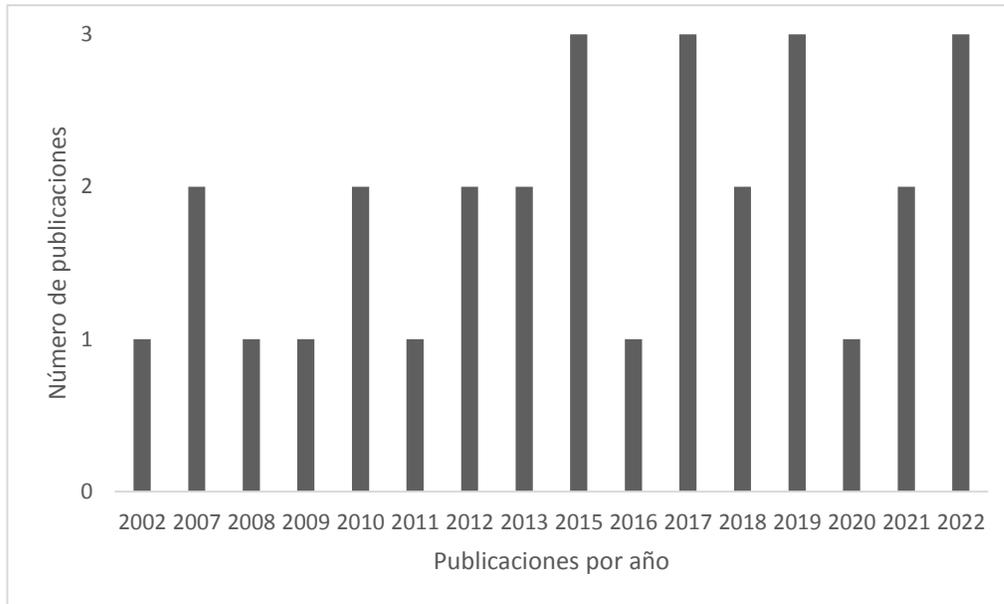
La literatura se examinó en cuatro etapas: primero se realizó la búsqueda general de acuerdo con el protocolo de búsqueda planteado, en donde se obtuvo como resultado un total de 268 (100%) documentos; luego, a través del gestor de referencias bibliográficas Mendeley Desktop se identificaron 57 (21,2%) escritos con referencias duplicadas. En la tercera etapa se eligieron documentos por título y resumen, con el fin de hacer una selección específica al uso y evaluación de sustratos para el desarrollo de orquídeas, obteniendo 33 (12,3%) manuscritos que cumplieran con uno de los criterios de inclusión. En la cuarta etapa se revisaron los textos completos de los documentos elegidos por título y resumen, en donde se tuvo en cuenta que en la metodología se utilizaron materiales vegetales provenientes de laboratorio *in vitro* y no de brotes vegetativos colectados en campo sembrados de manera directa en invernadero. Finalmente, se incluyeron en el análisis 30 (8,9%) estudios que cumplieran con todos los criterios de inclusión (Figura 1).

**Figura 1.** Flujograma para la estrategia de búsqueda de bibliografía.



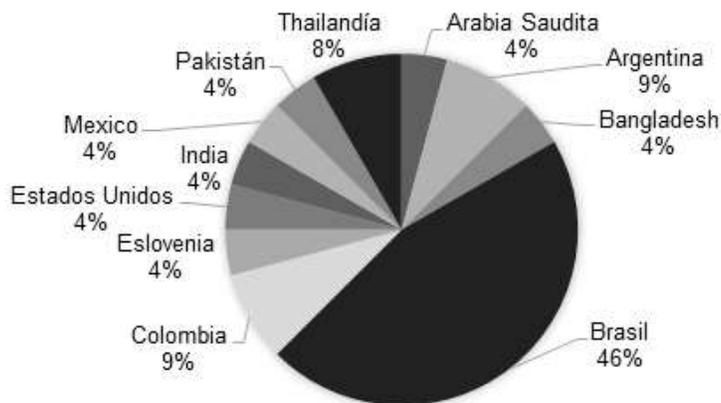
A partir de 2012, a nivel mundial se presentó una tendencia creciente de este tipo de investigaciones acerca de los efectos de sustratos en el desarrollo de orquídeas y se generó un incremento de publicaciones en los últimos cuatro años. Se demuestra que esta temática ha ido en aumento y ha tomado mayor importancia en el período comprendido entre el año 2015 hasta el 2022 (Figura 2).

**Figura 2.** Número de publicaciones sobre uso de sustratos adecuados para la producción de orquídeas (2002-2022).



Este aumento en las publicaciones durante los últimos años se atribuye a dos aspectos: el crecimiento de la actividad económica generada por la producción de orquídeas para el mercado de ornamentales, aunque estas especies también son de interés en otros sectores como industria cosmética, farmacéutica y alimentaria (de Stegani *et al.*, 2018); y los aspectos que ha generado investigación sobre las técnicas y selección de materiales para el desarrollo óptimo de orquídeas; es decir, su conservación, ya que, por efectos como el cambio climático y la presión antrópica, muchas especies se encuentran amenazadas. En Colombia algunas orquídeas de los géneros *Anguloa*, *Cattleya* y *Dracula* hacen parte del grupo de 64 especies en peligro de extinción, de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de las Especies, IUCN (Calderón-Sáenz, 2006).

**Figura 3.** Porcentaje de publicaciones por país de origen de los estudios en uso de sustratos adecuados para la producción de orquídeas.



Teniendo en cuenta los estudios realizados y de acuerdo con la presente revisión a nivel mundial, el 46% de las investigaciones se han realizado en Brasil (Figura 3), en donde se obtuvieron 11 artículos desde el año 2002 hasta 2009. El mayor interés en el tema en este país puede atribuirse al estudio de sustratos alternativos para sustituir la fibra del helecho arborescente (*Dicksonia sellowiana*) llamado *Xaxim*, que es usado frecuentemente para la producción de orquídeas en Brasil, lo que generó una sobreexplotación y puso en riesgo a dicha especie (Yamamoto *et al.*, 2009).

**Tabla 2.** Documentos con autorías comunes.

	<b>Títulos</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>
1	Substratos para aclimatização de plântulas de <i>Dendrobium nobile</i> Lindl. (Orchidaceae) propagadas in vitro	Moraes, Lm	2002
		Cavalcante, Lcd	
		<b>de Faria, Ricardo Tadeu</b>	
3	Substratos alternativos ao xaxim no cultivo do híbrido primário <i>Miltonia regnellii</i> Rchb. f. X <i>Oncidium concolor</i> Hook. (Orchidaceae)	Yamamoto, Lilian Yukari	2009
		Sorace, Mauren	
		<b>de Faria, Ricardo Tadeu</b>	
		Takahashi, Lúcia Sadayo	
		Schnitzer, Jenniffer Aparecida	
4	Micropropagação de <i>Brasilidium forbesii</i> (Orchidaceae) pela técnica 'thin cell layer' longitudinal e transversal	Gomes, Lucas Roberto Pereira	2015
		Franceschi, Cristina do Rosário Batista	
		<b>Ribas, L. L.F.</b>	
5	Adubação mineral e orgânica no desenvolvimento de orquídea <i>Cattlianthe</i> 'Chocolate drop'	<b>Hoshino, Rodrigo T.</b>	2016
		<b>Alves, Guilherme A.C.</b>	

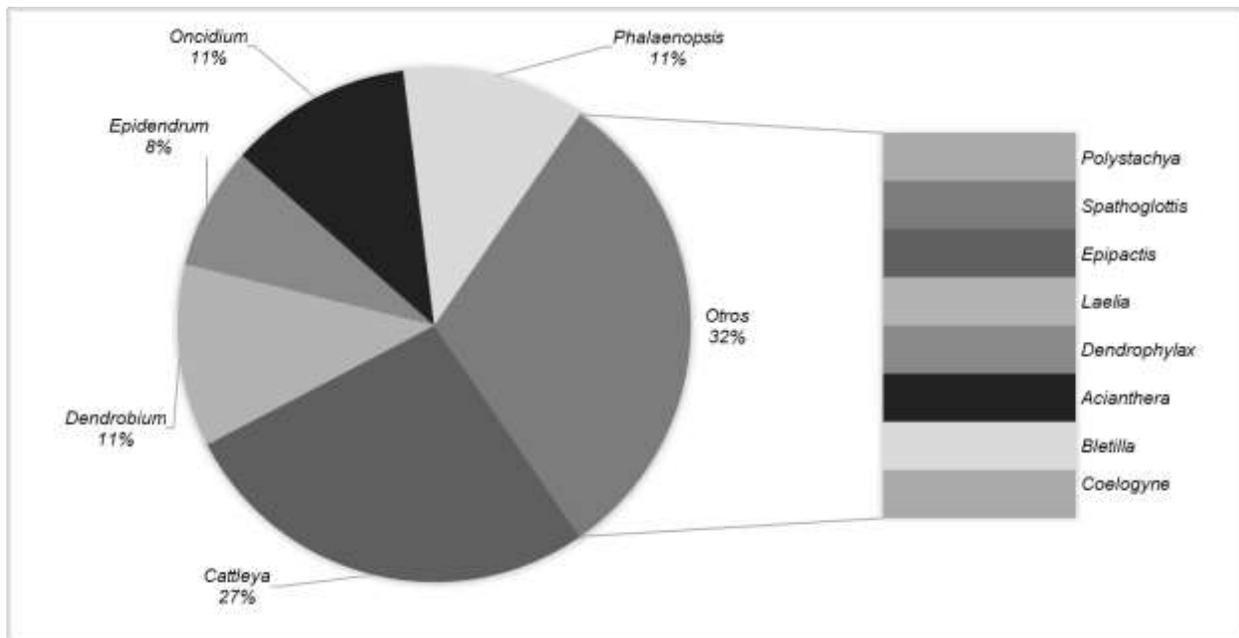
		Melo, Thadeu R.	
		Barzan, Renan R.	
		Fregonezi, Gustavo A.F.	
		<b>de Faria, Ricardo Tadeu</b>	
6	<i>Cattleya forbesii</i> x <i>cattleya bowringiana</i> : A new hybrid of cattleya orchid	Colombo, Ronan Carlos	2017
		<b>Hoshino, Rodrigo T.</b>	
		Ferrari, Edilene Aparecida Preti	
		<b>Alves, Guilherme A.C.</b>	
		<b>de Faria, Ricardo Tadeu</b>	
7	Asymbiotic seed germination and in vitro seedling development of <i>Acianthera prolifera</i> (Orchidaceae)	Koene, F. M.	2019
		Amano	
		<b>Ribas, L. L.F.</b>	

En Brasil, en las publicaciones encontradas para la investigación de este artículo se encuentran autores asociados a los documentos, ya sea con autoría principal o colaborativa, en donde se evidencia que en siete artículos existen autores frecuentes desde 2002 hasta 2019. La importancia de estas investigaciones está asociada a la producción de especies de interés económico como *Miltonia regnellii*, *Cattlianthe*, *Cattleya forbesii* x *cattleya bowringiana*, demandadas en el mercado de los productos ornamentales por su popularidad, y otras especies categorizadas bajo algún riesgo de amenaza por el avance de la producción agrícola, al ser colectadas de forma indiscriminada, reduciendo la cantidad de orquídeas y su hábitat natural como *Brasilidium forbesii*, *Acianthera prolifera* (Tabla 2).

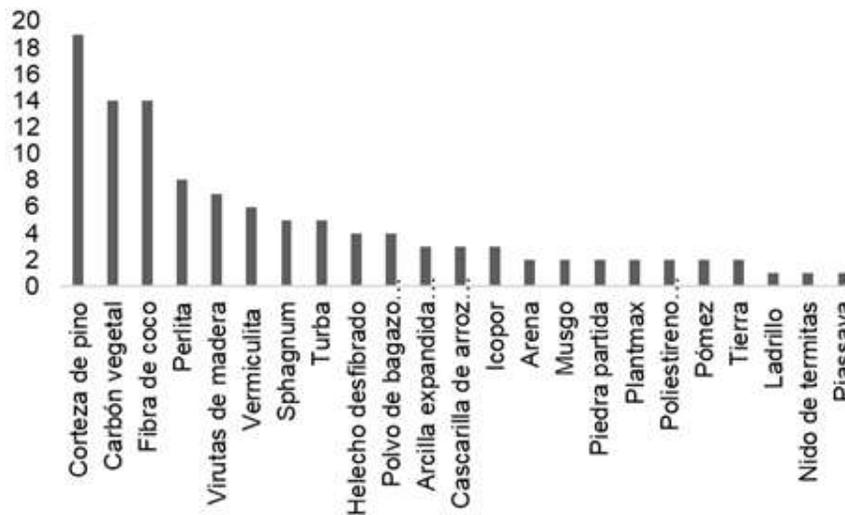
Las plantas pertenecientes a los géneros de *Cattleya*, *Dendrobium*, *Oncidium* y *Phalaenopsis* son la más cultivadas tanto en Brasil como en otros países. Las especies de estos géneros son de hábito epífita, encontrándose en árboles y absorbiendo los nutrientes y el agua a través del velamen, un revestimiento de células de color blanco en las raíces que actúa como esponja reteniendo la humedad (Castellanos-Castro y Torres-Morales, 2018). Por su potencial comercial, las investigaciones se han hecho en dichos géneros y ponen en primer lugar a las especies del grupo *Cattleya* con un 27%, seguida por especies de los géneros *Dendrobium*, *Phalaenopsis* y *Oncidium* con un valor

equitativo del 11% sobre el total de los artículos evaluados. De igual manera se identificó que el 32% (Figura 4) de las especies en las cuales se evaluaron sustratos son orquídeas que se encuentran en peligro de extinción, como *Dendrophylax lindenii*, una orquídea epífita sin hojas que está en riesgo de desaparecer en Florida, Estados Unidos (Coopman & Kane, 2018); y *Acianthera prolifera*, con la cual en Brasil los investigadores Koene *et al* (2019) realizaron un protocolo con el fin de establecer un método de propagación de plántulas para asegurar su producción y conservación. Por tal razón, es importante identificar los sustratos adecuados para la producción de orquídeas como una de las bases para tomar medidas que permita su conservación en conjunto con la propagación a través de técnicas de cultivo *in vitro*, método esencial y fundamental para el respectivo trasplante a invernadero como lo relacionan los estudios evaluados y en los cuales se presentan diferentes alternativas de sustratos aunque unos predominan o se utilizan más que otros, como se puede ver en la Figura 5.

**Figura 4.** Porcentaje de géneros de orquídeas utilizados para la evaluación de sustratos.



**Figura 5.** Número de sustratos utilizados en las investigaciones evaluadas.



En los 24 artículos evaluados se encontraron 23 diferentes tipos de sustratos utilizados para la producción de orquídeas procedentes de cultivo *in vitro*, y aclimatadas a condiciones *ex vitro* en invernadero para desarrollo de las orquídeas de acuerdo con el número de material utilizados en cada caso. De ellos, el 47% correspondió a materiales orgánicos de origen vegetal, el 43% a componentes minerales, el 9% a materiales sintéticos (Figura 5), y el 1% restante de los sustratos utilizados están representados por productos comercializados como específicos para la producción de orquídeas y los cuáles fueron evaluados entre los que se encuentran TerraFértil® (compuesto por compost orgánico, turba de Sphagnum y Acícula de pino) en una publicación de Argentina por Lallana *et al* (2019) y Tonsubstrat -Ton, Baltisches substrat, Baltski y Royal-Garden Royal usados en Eslovenia por Lesar *et al.* (2012).

Los más usados y que reportan un porcentaje de sobrevivencia de las plantas aclimatadas en condiciones de invernadero mayores al 85% son la corteza de pino, el carbón vegetal y la fibra de coco, solos o en mezcla (Figura 5), materiales que fueron evaluados por Yamamoto *et al* (2009), Amaral *et al* (2010), Macedo *et al* (2011) Raya-Montaño *et al* (2011), Tejeda-Sartorius *et al* (2013), Bezerra *et al* (2019), Hoshino *et al* (2016) y Koene *et al* (2019). En especies del género *Cattleya* como *Cattleya forbesii*, Colombo *et al* (2017), lograron realizar evaluaciones en plantas hasta los 4 años después de trasplantadas en un sustrato a base de corteza de pino y fibra de coco, hasta la etapa de floración.

La micropropagación de orquídeas o propagación *in vitro* es una de las metodologías con mayor éxito por el porcentaje de supervivencia en condiciones de laboratorio y ha sido estudiada para generar protocolos donde se especifican los medios de cultivo y sus características específicas como el pH, la cantidad de sales y azúcares necesarios para óptimo desarrollo de las plantas (Raya-Montaño *et al.*, 2011).

Sin embargo, para que las orquídeas sean de buen tamaño y lleguen a floración, lo cual es uno de los aspectos más relevantes para su comercialización, deben ser trasplantadas a sustratos, preferiblemente orgánicos ricos en nutrientes y con estructura suelta para el óptimo crecimiento de la raíz, lo que se traduce en el mejor

desarrollo de la planta (Mirani *et al.*, 2017). De igual forma, se puede constatar que para la conservación de orquídeas se encuentran diversos materiales solos o en mezcla, algunos inertes como el Icopor, otros ricos en materia orgánica como la corteza de pino y la fibra de coco, y otros de origen mineral y de mayor costo como la vermiculita o la perlita, (Moraes *et al.*, 2002). Otro de los materiales orgánicos que se usan es el musgo de turbera en descomposición o *Sphagnum*, siendo también de alto costo, aspecto que resulta desfavorable para la producción de orquídeas a pequeña y mediana escala (Menchaca y Moreno, 2011).

Lesar *et al* (2012) evaluaron otros sustratos preparados que se encuentran en el mercado de productos para jardinería y que contiene arcilla granular, obteniendo un porcentaje de supervivencia del 96,9% en comparación con el sustrato báltico 96,8%, seguido de perlita con el 95%, valores que no muestran una diferencia estadística significativa de acuerdo a la conclusión del documento, siendo todos favorables para el desarrollo de *Bletilla striata*, una orquídea de Japón y de China que necesita estar protegida cuando la temperatura está por debajo de 0 °C. Por su parte, para la propagación de *Polystachya concreta*, Lallana *et al.* (2019) utilizaron un sustrato comercializado en Argentina con nombre comercial TerraFértil® a base de corteza de pino compostada, cuyos sus resultados indican que el porcentaje de supervivencia de las orquídeas de dicha especie fue del 74%, logrando un mayor crecimiento y adaptación a las condiciones de invernadero.

Para la aclimatación de orquídeas en condiciones de invernadero también pueden utilizarse materiales sintéticos como el poliestireno extruido o molido, la espuma sintáctica y la malla plástica (Moraes *et al.*, 2002; Franco *et al.*, 2007). El uso de estos materiales sintéticos considerados inertes no cumple con las propiedades químicas como es el aporte de nutrientes o físicas como la retención de humedad, ya que se usan únicamente como soporte para la planta. Al respecto, se identificó un estudio en el que se obtuvo para *Dendrophylax lindenii* el 100% de supervivencia al usar como soporte malla plástica número siete y tejido de estopa en marco de madera con el fin de reducir el daño en raíces de plantas *in vitro* (Coopman y Kane, 2018). Por lo anterior, se reporta como una alternativa útil porque no causa daños en las raíces, pero las orquídeas deben estar regadas constantemente a través de nebulización con solución nutritiva en condiciones de invernadero.

Dentro de los sustratos usados para el proceso de aclimatación y endurecimiento se pudo evidenciar que los más favorables, siendo previamente compostados hasta su utilización, son la corteza de pino y la fibra de coco (Dewir *et al.*, 2015), materiales que corresponden a subproductos industriales por lo que tienen un menor valor comercial en el mercado de insumos agrícolas comparados con la turba *Sphangnum*, sustrato que por su costo no favorece la producción de orquídeas de manera sostenible. También hay que destacar que, si bien la corteza de pino y la fibra de coco son los más recomendados, no se puede hacer de lado la función de los sustratos inertes como el carbón vegetal, la arena y la perlita, que mejoran la aireación al ser utilizados en mezcla con los sustratos orgánicos (Teixeira da Silva *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONES

El incremento de estudios sobre la evaluación de sustratos utilizados para la producción de las orquídeas se ha generado por el auge comercial de estas exóticas plantas, que no solo han llamado la atención a los apasionados coleccionistas sino al

público en general, ya que por su amplia diversidad unas pueden adornar interiores y otras se pueden ubicar en espacios como jardines o amplios corredores verdes (Krupnick *et al.*, 2013). Su popularidad ha generado una presión sobre las especies por la extracción desmesurada de sus hábitats naturales sumado a los daños causados por la ampliación de frontera agrícola y los efectos causados por el cambio climático (Kolanowska, 2021). Por lo anterior muchas entidades tanto de carácter privado y público en especial centros de educación superior han avanzado en generar protocolos para la propagación exitosa de orquídeas con el objetivo principal de propender por su conservación, además de generar estrategias de aprovechamiento sostenible, evitando la venta ilegal de plantas provenientes de bosques (Betancur *et al.*, 2015). Luego del proceso de propagación *in vitro*, su posterior endurecimiento y aclimatación en condiciones *ex vitro* se realiza en su mayoría en invernadero. Para el establecimiento de las plantas de orquídea se requiere un sistema que les de soporte y lo más convencional es el uso de sustratos que suministren los nutrientes requeridos de acuerdo con las necesidades de cada especie (Kunakhonnuruk *et al.*, 2018). Este estudio permite conocer la razón por la cual muchos de los sustratos básicos disponibles como productos para jardinería en el mercado son mezclas entre corteza de pino, fibra de coco y carbón vegetal, constatando así que estos materiales son los más adecuados para la producción de orquídeas en invernadero con los cuales se reporta un porcentaje de supervivencia entre el 90 y el 100% de plantas provenientes de cultivo *in vitro*.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada por financiar el proyecto INV CIAS 3137.

#### REFERENCIAS

- Ajú Upún, M. M. (2009). *Las orquídeas bases generales para su conocimiento y enseñanza* [Tesis doctoral] Universidad EAFIT. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/1621/1/07\\_2092.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/1621/1/07_2092.pdf)
- Almeida, V., Pacheco de Freitas Fraga, H., Bachiega Navarro, B., Guerra, M.P. & Pescador, R. (2017). Dynamics in global DNA methylation and endogenous polyamine levels during protocorm-like bodies induction of *Cattleya tigrina* A. Richard. *Acta Scientiarum. Biol. Sci.* 39(4), 497–505 <https://doi.org/10.4025/actas cibio lsci. v39i4 .36656>
- Avila-Diaz, I., Oyama, K., Gomez-Alonso, C. & Salgado-Garciglia, R. (2009). *In vitro* propagation of the endangered orchid *Laelia speciosa*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 99, 335–343. <https://doi.org/10.1007/s11240-009-9609-8>
- Amaral, T. L. do Jasmim, J. M., Araújo, J. S. de P., Thiébaud, J. T. L., Coelho, F. C., & Freitas, C. B. de. (2010). Adubação de orquídeas em sustratos com fibra de coco. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(1), 11–19. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542010000100001>

- Amador-Alferez, K.A., Díaz-Gonzalez, J., Loza-Cornejo, S., Bivian-Castro, E.Y. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotanica* (35), 109–131.
- Barros F., Vinhos F., Rodrigues V., Barberena F., Fraga C., Pessoa E., Forster W., Menini Neto, L, Furtado S, Nardy C., Azevedo C. & Guimaraes L. (2016) *Orchidaceae. Lista de Especies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB179>.
- Bhattacharyya, P., Kumar, V., Staden, J. (2017). Assessment of genetic stability amongst micropropagated *Ansellia africana*, a vulnerable medicinal orchid species of Africa using SCoT markers. *S. Afr. J. Bot.* 108, 294–302. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.11.007>
- Bayraktar, M., Hayta, S., Parlak, S. & Gurel, A. (2015). Micropropagation of centennial tertiary relict trees of *Liquidambar orientalis* Miller through meristematic nodules produced by cultures of primordial shoots. *Trees* 29 (4), 999–1009. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1179-2>
- Betancur, J., Sarmiento, H., Toro, L. & Valencia, J. (2015). *Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia*. [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)
- Bertoncelli, D.J., Alves, G.A., Hoshino, R.T., Freiria, G.H., Furlan, F.F., Stegani, V. & Faria, R.D. (2017). *In vitro* development of endangered *Laelia marginata* Lindl. in growth media containing different nitrate/ammonium ratios. *Ornamental Horticulture* 23, 392–399. <https://doi.org/10.14295/oh.v23i4.1019>
- Bezerra, G. A., Gabriel, A. V. M. D., Mariano, E. D., & Cardoso, J. C. (2019). *In vitro* culture and greenhouse acclimatization of *Oncidium varicosum* (Orchidaceae) with microorganisms isolated from its roots. *Ornamental Horticulture*, 25(4), 407–416. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v25i4.2046>
- Calderón-Sáenz, E. (2006). Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 6, Orquídeas. 1 pt. In *instname: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31410#.XNhjotxEgEU.mendeley>
- Castellanos-Castro, C. y Torres-Morales, G. (2018). *Orquídeas de Cundinamarca: conservación y aprovechamiento sostenible*.
- Cetzal-Ix, W., Carnevali, G., Jimenez-Machorro, R. & Perez-García, E. (2020). *Laelia E meavei*: A new natural hybrid between *L. dawsonii* fo. *dawsonii* and *L. rubescens* fo. *peduncularis* (Orchidaceae: Laeliinae) from Oaxaca, Mexico. *Phytotaxa*. 446, 081–094. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.446.2.1>

- Coello, C. Y. (2010). Plant growth regulators optimization for *in vitro* cultivation of the orchid *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressier & W.E. Higgins. *Gayana Botánica*, 67(1), 19-26. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432010000100003>
- Colombo, R. C., Hoshino, R. T., Ferrari, E. A. P., Alves, G. A. C. & de Faria, R. T. (2017). *Cattleya forbesii* x *Cattleya bowringiana*: A new hybrid of *Cattleya* orchid. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(2), 184–186. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2c28>
- Coopman, J. & Kane, M. E. (2018). Greenhouse acclimatization methods for field establishment of *in vitro* –derived ghost orchid (*Dendrophylax lindenii*) plants. *Native Plants Journal*, 19(2), 100–108. <https://doi.org/10.3368/npj.19.2.100>
- Cribb, P., Kell, S., Dixon, K., & Barrett, R. (2003). Orchid conservation: a global perspective. *Orchid Conservation, May 2014*, 1–24.
- de Stegani, Vanessa Faria, R. T., Bertonecelli, D., Cito Alves, G. A. & De Assis, A. M. (2018). Substrates for the cultivation of epiphytic orchids. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(6), 2851–2866. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2851>
- Dewir, Y. H., El-Mahrouk, M. E., Murthy, H. N. & Paek, K. Y. (2015). Micropropagation of *Cattleya*: Improved *in vitro* rooting and acclimatization. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 56(1), 89–93. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0108-z>
- Dressler, R. L. (1995). Phylogeny and Classification of the Orchid Family Robert L. Dressler. In *The Quarterly Review of Biology* Vol. 70. <https://doi.org/10.1086/418905>
- Franco, M., Guevara, G., Mesa, N. & Urueña, G. (2007). Hardening of the national flower of Colombia, the threatened *Cattleya trianae* (Orchidaceae), from *in vitro* culture with previous invigoration phase. *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 681–691. <https://doi.org/10.15517/rbt.v55i2.6045>
- Gutiérrez, D., Navarrete, G., & Espín, C. G. (2014). Orquídeas de la Amazonía Ecuatoriana: maravillas escondidas en las montañas Andino Amazónicas. Huella Se Sumaco. *Revista Socio Ambiental de La Amazonía Ecuatoriana*, 11, 27–30.
- Hew, C. S. & Yong, J. W. H. (2004). A Brief Introduction to Orchid Morphology and Nomenclature. In *The Physiology of Tropical Orchids in Relation to the Industry*. [https://doi.org/10.1142/9789812567215\\_0002](https://doi.org/10.1142/9789812567215_0002)

- Hinsley, A., De Boer, H. J., Fay, M. F., Gale, S. W., Gardiner, L. M., Gunasekara, R. S., Kumar, P., Masters, S., Metusala, D., Roberts, D. L., Veldman, S., Wong, S. & Phelps, J. (2018). A review of the trade in orchids and its implications for conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 186(4), 435–455. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/box083>
- Hoshino, R. T., Alves, G. A. C., Melo, T. R., Barzan, R. R., Fregonezi, G. A. F., & Faria, R. T. (2016). Adução mineral e orgânica no desenvolvimento de orquídea *Cattlianthe* 'Chocolate drop'. *Horticultura Brasileira*, 34(4), 475–482. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160405>
- Hossain, M. M. (2008). Asymbiotic seed germination and in vitro seedling development of *Epidendrum ibaguense* Kunth. (Orchidaceae). *African Journal of Biotechnology*, 7(20), 3614–3619. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59389>
- Koene, F. M., Amano, É. & Ribas, L. L. F. (2019). Asymbiotic seed germination and in vitro seedling development of *Acianthera prolifera* (Orchidaceae). *South African Journal of Botany*, 121, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.07.019>
- Kolanowska, M. (2021). The future of a montane orchid species and the impact of climate change on the distribution of its pollinators and magnet species. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01939. <https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.gecco.2021.e01939>
- Krupnick, G. A., McCormick, M. K., Mirenda, T. & Whigham, D. F. (2013). The status and future of orchid conservation in North America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 99(2), 180–198. <https://doi.org/10.3417/2011108>
- Kunakhonnuruk, B., Inthima, P. & Kongbangkerd, A. (2018). In vitro propagation of *Epipactis flava* Seidenf, an endangered rheophytic orchid: a first study on factors affecting asymbiotic seed germination, seedling development and greenhouse acclimatization. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 135(3), 419–432. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1475-9>
- Lallana, V. H., Michel, A. & García, L. F. (2019). Floración, fructificación y producción de semillas en plantas de *Polystachya concreta* (Jacq.) Garay y H.R. Sweet (Orquidaceae). *Investigación Agraria*, 21(1), 65–72. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.junio.65-72>
- Lee, Y. & Yeung, E. C. (2018). *Orchid Propagation: From Laboratories to Greenhouses— Methods and Protocols*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7771-0>
- Lesar, H., Hlebec, B., Čeranič, N., Kastelec, D. & Luthar, Z. (2012). Acclimatization of terrestrial orchid *Bletilla striata* Rchb.f. (Orchidaceae) propagated under in vitro conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*, 99(1), 69–75. <https://doi.org/10.2478/v10014-012-0001-8>

López, M. (2018). *Diversidad de orquídeas en áreas silvestres y de uso antrópico de la región del tequendama, cordillera oriental de Colombia*.

Macedo, M. C., Rosa, Y. B. C. J., de Scalon, S. P. Q., Rosa Junior, E. J., do Vieira, M. C., & Tatará, M. B. (2011). Substratos e intensidades de luz no cultivo de orquídea denfal. *Horticultura Brasileira*, 29(2), 168–173. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200006>

Mercado, S. & Delgado, E. (2020). Effect of the medium composition on the asymbiotic germination and in vitro development of the *Laeliocattleya* hybrid. *S. Afr. J. Bot.*, 135, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.011>

Mirani, A. A., Abul-soad, A. A. & Markhand, G. S. (2017). Effect of different substrates on survival and growth of transplanted orchids (*Dendrobium nobile* cv.) into net house. *International Journal of Horticulture and Floriculture*, 5(4), 310–317.

Moraes, L., Cavalcante, L. & Faria, R. (2002). Substratos para aclimatização de plântulas de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae) propagadas *in vitro*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 24(5), 1397–1400. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2429>

Murillo-Talavera, M.M., Pedraza-Santos, M.E., Gutiérrez-Rangel, N., Rodríguez-Mendoza, M.de las N., Lobit, P. & Martínez-Palacios, A. (2016). Led light quality and *in vitro* development of *Oncidium tigrinum* and *Laelia autumnalis* (orchidaceae). *Agrociencia* 50, 1065–1080.

Paul, P., Joshi, M., Gurjar, D., Shailajan, S. & Kumaria, S. (2017). *In vitro* organogenesis and estimation of  $\beta$ -sitosterol in *Dendrobium fimbriatum* Hook.: an orchid of biopharmaceutical importance. *South African J. Bot.* 113, 248–252. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.08.019>

Pansarin, E. & Pansarin, L. M. (2010). *The Family Orchidaceae in the Serra do Japi, São Paulo state, Brazil*. Ed. Springer Verlag/Wien. <https://doi.org/10.1007/978-3-211-99755-0>

Pires, M. V., de Almeida, A. A. F., Abreu, P; da Costa Silva, D. (2012). Does shading explain variation in morphophysiological traits of tropical epiphytic orchids grown in artificial conditions? *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(6), 2155–2164. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1016-9>

Raya-Montaño, Y. A., Carrillo-Castañeda, G., Pedraza-Santos, M. E., Corona-Torres, T., Carrillo-Salazar, J. A., & Alcantar-González, G. (2011). Propagación *in vitro* de *Laelia halbingiana*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 539–553.

Štípková, Z., Tsiftsis, S., & Kindlmann, P. (2021). How did the agricultural policy during the communist period affect the decline in orchid biodiversity in central and eastern Europe? *Global Ecology and Conservation*, 26, e01498. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01498>

Stancik, J. F., Goldenberg, R., & Barros, F. (2009). O gênero *Epidendrum* L. (Orchidaceae) no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 23(3), 864–880. <https://doi.org/10.1590/s0102-33062009000300028>

Teixeira da Silva, J. A., Hossain, M. M., Sharma, M., Dobránszki, J., Cardoso, J. C. & ZENG, S. (2017). Acclimatization of in Vitro -derived *Dendrobium*. *Horticultural Plant Journal*, 3(3), 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.009>

Tejeda-Sartorius, O., Trejo-Téllez, L. I., Arguello-Quechuleño, M. & Téllez-Velasco, M. L. A. A. (2013). Organic and mineral fertilizer sources in *Laelia anceps* Lindl. subsp. *anceps* (Orchidaceae) in vegetative phase. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(SPE5), 951–965. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i5.1301>

Yamamoto, L. Y., Sorace, M., Faria, R. T., Takahashi, L. S. & Schnitzer, J. A. (2009). Substratos alternativos ao xaxim no cultivo do híbrido primário *Miltonia regnellii* Rchb. f. X *Oncidium concolor* Hook. (Orchidaceae). *Semina: Ciências Agrárias*, 30(SUPPL.1), 1035–1042. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4sup1p1035>

Zhang, S., Yang, Y., Li, J., Qin, J., Zhang, W., Huang, W. & Hu, H. (2018). Physiological diversity of orchids. *Plant Diversity*, 40(4), 196–208. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.06.003>