

Estrategias de conservación y uso de marcadores moleculares en especies amenazadas de la familia Orchidaceae en Colombia.

Autor: Yury Paola Suaza Maldonado

Muchas de las especies de Orchidaceae con distribución en Colombia se encuentran en alguna categoría de amenaza debido al deterioro y la pérdida de hábitats entre otros. Los jardines botánicos juegan un rol fundamental en la realización de estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*. Sin embargo, estas estrategias no suelen incluir estudios genéticos. Se realizó una búsqueda bibliográfica para seleccionar especies colombianas a partir de estudios moleculares y sus ámbitos de aplicación. Se evaluó el potencial de los jardines botánicos para el desarrollo o participación en estrategias de conservación. Se seleccionaron 5 especies con distribución en Colombia (trabajadas a nivel de género) (*Cattleya trianae*, *Cyrtorchilum revolutum*, *Masdevallia coccinea*, *Masdevallia ígnea*, *Oncidium alexandrae*), encontrando que *Oncidium* presentó el mayor número de publicaciones y que estos estudios estuvieron relacionados con aspectos ornamentales. Los estudios de conservación ocupan el segundo puesto en número de artículos. De los jardines botánicos estudiados, solo uno cumplió con todos los aspectos propuestos en el *Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia*. Basados en esto, se propusieron algunas estrategias de conservación.

Palabras clave: Orchidaceae, Conservación, jardines botánicos, Marcadores moleculares

## **Introducción**

### **Importancia del tema**

La familia Orchidaceae es uno de los taxones más diversos dentro de las plantas con flor o angiospermas, compuesto por más de 27000 especies diferentes (Christenhusz y Byng 2016). La familia tiene una distribución cosmopolita estando ausente únicamente en ecosistemas con condiciones extremas como los polos y aquellos con nieves perpetuas (Dressler 1990). La mayor diversidad de la familia se encuentra en la zona ecuatorial (Fay y Chase, 2009), especialmente en los bosques de niebla de Centroamérica y en las vertientes de la Cordillera de los Andes (Dressler 1990). Colombia y Ecuador son los países con el mayor número de especies de orquídeas con más de 4000 (Calderón-Sáenz 2006; Neill 2012).

A nivel mundial, hay una clara tendencia a la reducción de la mayoría de las poblaciones de las especies de Orchidaceae a causa de la pérdida del hábitat, del cambio climático y de la extracción del medio natural para el comercio legal e ilegal (Hinsley et al. 2018; Phillips, Reiter y Peakell 2020). Por estas razones, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) clasificó 5 especies como extintas (EX), 197 en peligro crítico (CR), 355 en peligro (EN) y 195 como vulnerables (VU) a nivel mundial (UICN 2020). Adicionalmente, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) incluyó a todas las especies de la familia en alguno de sus apéndices (CITES 2020). En Colombia, el *Libro rojo de plantas de Colombia* categorizó 6 especies en CR, 5 de estas endémicas, 64 EN y 137 VU (Calderón-Sáenz 2006; Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible – Minambiente- 2017). Por esta razón, se han generado planes y estrategias de conservación para estas especies por parte de las autoridades ambientales colombianas. Dentro de estos, se encuentra el *Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia* (Minambiente y Universidad Nacional de Colombia-UNAL-2015). Igualmente, a nivel local, se han desarrollado proyectos de conservación como “Investigación e innovación tecnológica y apropiación social del conocimiento científico de orquídeas nativas de Cundinamarca” y cuyos resultados parciales fueron publicados en el libro: *Orquídeas de Cundinamarca. Conservación y aprovechamiento sostenible* (Baptiste et al. 2019). Uno de los aspectos considerados en el *Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia* es la ampliación del conocimiento en el área de la genética (Minambiente y UNAL 2015). Sin embargo, no se precisa la aplicación de estos estudios dentro de las estrategias de conservación propuestas.

### **Antecedentes conceptuales o históricos del tema.**

A nivel nacional, el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INDERENA) estableció mediante la resolución 213 de 1977, la protección especial de algunos grupos de plantas sensibles a la perturbación, incluyendo las orquídeas, a través de la veda en todo el territorio nacional. La *Constitución Política de Colombia 1991* señala la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación. Además, la resolución No. 956 de 2010 declaró ese año como el Año internacional de las orquídeas, en el cual se estipularon consideraciones importantes para el estudio y la conservación de orquídeas colombianas y la formulación del *Programa Nacional para la Conservación de las Orquídeas Silvestres del Territorio Colombiano*. En la Resolución 383 del mismo año, se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional. En el año 2013, el Minambiente suscribió un convenio con la UNAL para la implementación del *Programa nacional para el estudio y la conservación de las especies de la familia Orchidaceae en Colombia* (Minambiente y UNAL 2015). Posteriormente, mediante la Resolución 192 del 10 de febrero de 2014 y la 1912 de 2017, Minambiente actualizó la normativa concerniente a la declaración de las especies que se encuentran amenazadas en el territorio nacional. En esta última, se incluyeron las 207 especies de orquídeas que se habían categorizado con algún grado de amenaza en el *Libro Rojo de Plantas de Colombia* (Calderón-Sáenz, 2007; Minambiente y UNAL 2015).

En este sentido, los jardines botánicos, instituciones que poseen colecciones de plantas debidamente documentadas con el objetivo de realizar en estas conservación, investigación, educación y exhibición (Red Nacional De Jardines Botánicos de Colombia y Minambiente 2002), juegan un papel muy importante para la conservación de los recursos genéticos, a través de sus programas de investigación, educación y estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*. Para la conservación de la familia Orchidaceae El *Programa nacional para el estudio y la conservación de las especies de la familia Orchidaceae en Colombia* establece a los jardines botánicos de Colombia como una de las entidades responsables de realizar acciones de conservación para esta familia, incluyendo la realización de estudios genéticos (Minambiente y UNAL 2015). En los jardines botánicos se han implementado estrategias de conservación como: colecciones especializadas, orquidearios, bancos de germoplasma, germinación *in vitro*, recuperación y la realización de proyectos (Gil 2012).

Para la realización de estudios relacionados con la familia Orchidaceae se han comenzado a implementar herramientas genéticas (Alcántara 2007), fundamentales en los estudios de conservación, ya que permiten conocer la diversidad genética, la estructura poblacional, la sistemática, la filogenia, la

biogeografía y los factores que influyen de forma determinante en la evolución de un determinado grupo taxonómico (Frankham, Ballou y Briscoe 2002).

### **Definición del problema y objetivos**

Para Colombia, según la resolución 1912 del 2017 de Minambiente se han reportado 207 especies silvestres de la familia Orchidaceae en alguna categoría de amenaza. Por tal motivo, se han generado planes de conservación en los que se incluyen la ampliación del conocimiento de diversas áreas como la genética y la conservación de las especies por medio de estrategias *in situ* y *ex situ*. Esto realizado entre otras instituciones por los jardines botánicos (Red Nacional De Jardines Botánicos de Colombia y Minambiente 2002). Sin embargo, no se sabe si los jardines de Colombia incluyen en sus proyectos de conservación estudios de genética. Por lo cual, en este trabajo se hace una revisión de estudios en genética, planes y proyectos para la conservación de especies amenazadas de la familia Orchidaceae en Colombia, con el fin de proponer estrategias que incluyan herramientas moleculares y fortalezcan los planes de conservación en curso. Para este propósito, se establecieron como objetivos específicos (1) seleccionar establecer en cuales especies se han llevado a cabo estudios moleculares y cuáles han sido sus ámbitos de aplicación. Adicionalmente, (2) evaluar el potencial de los jardines botánicos para el desarrollo o participación en estrategias de conservación. En una tercera y última parte, (3) proponer estrategias para desarrollar o fortalecer planes de conservación.

### **Materiales y métodos**

#### **Selección de especies**

##### **Búsqueda global**

Se realizó una búsqueda bibliográfica a nivel mundial de los estudios genéticos llevados a cabo en la familia Orchidaceae en la base de datos Scopus con los términos (TITLE-ABS-KEY (Genetic) AND TITLE-ABS-KEY (Orchidaceae OR orchid)) entre los años 1990 y 2020. Se estableció en el año 1990 por ser la década donde se inició la aplicación de estudios moleculares en la familia Orchidaceae (Fay y Chase 2009). A partir de los artículos encontrados se obtuvieron tres gráficas: una con el número de artículos publicados por año (durante 30 años), otro con el número de artículos por áreas temáticas y un tercero con el número de artículos publicados por país (en los 40 países con mayor número de publicaciones en genética de orquídeas).

Se realizó una segunda búsqueda bibliográfica para las 207 especies de la resolución 1912 de 2017 en la base de datos Ebscohost (únicamente el nombre científico como criterio de búsqueda). Para estas búsquedas se filtraron y contaron los artículos con enfoque genético. Finalmente se realizó una gráfica de barras horizontales para comparar el número de artículos por especie.

### **Priorización de especies**

A partir de la información obtenida del inventario de especies de orquídeas utilizadas en la *Elaboración de un banco genético preliminar para la identificación de especies de orquídeas ornamentales de Colombia* del Laboratorio de Genética de Poblaciones Molecular y Biología Evolutiva de la Pontificia Universidad Javeriana (GPMBE), se realizó una búsqueda bibliográfica de la distribución de cada una de las especies en las páginas web especializadas Tropicos (<http://www.tropicos.org>) y Orchidspecies (<http://www.orchidspecies.com>). La distribución se verificó en los herbarios en línea de la Universidad Nacional de Colombia (COL), del Jardín botánico José Celestino Mutis (JBB) y del Herbario nacional del Museo de Historia Natural de París (P). Adicionalmente, se estableció el estado de conservación y endemismo de cada una de las especies según la categorización propuesta por el *Libro rojo de plantas de Colombia* (2014) y la resolución 1912 de 2017 del Minambiente. Por otra parte, se realizó una búsqueda en la base de datos GenBank para encontrar las secuencias disponibles de cada una de estas especies.

Con la finalidad de delimitar el rango de estudios a analizar se realizó una priorización de las especies a trabajar, unificando toda la información encontrada para cada especie, seleccionando las que cumplieran con las siguientes características: estudios genéticos publicados, secuencias de ADN disponibles, endémicas de Colombia y estén en las categorías de amenaza CR, EN o VU y si son sucedáneas (carismáticas) (Academia colombiana de historia -ACH- 1937; El Concejo de Bogotá Distrito Capital 2003). Entendiendo como especies carismáticas, las especies atractivas que generan interés emocional en el público como las flores nacionales o regionales (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC- 2015).

Se realizó una segunda búsqueda en las bases de datos Scopus (<https://www.scopus.com>), Ebscohost (<http://www.ebsco.com/products/ebscohost-research-platform>) y Google académico (<https://scholar.google.es>) sobre estudios genéticos publicados y marcadores genéticos utilizados para las especies seleccionadas, con el fin de completar la información de forma rigurosa para estas especies. Al tiempo que se verificaban en Genbank las secuencias correspondientes.

## **Verificación manual de artículos**

La segunda fase de la búsqueda bibliográfica se realizó utilizando los géneros de las especies priorizadas, ya que no se encontró información suficiente al realizarla por especie. En la base de datos Ebscohost se realizaron cuatro búsquedas bibliográficas bajo los términos ((Orchid or Orchidaceae) AND (Genetics) AND TI (Cattleya)), modificando la referencia al género (Cattleya), con el correspondiente a los cuatro géneros de las especies seleccionadas. Posteriormente, para los resultados de cada búsqueda se realizó una verificación manual basada en el título y resumen.

Los artículos seleccionados se categorizaron según la especie trabajada para cada género, el tipo de marcador empleado y la finalidad del estudio. La clasificación de los marcadores moleculares se realizó según su ubicación en la célula (nuclear o extranuclear), el tipo de secuencia (codificante o no codificante) y genoma y transcriptoma. En cuanto a la finalidad, se clasificaron en: conservación, función del gen, genómica estructural, sistemática molecular y validación de protocolos. Estos artículos se contabilizaron, obteniendo el número total de artículos por funcionalidad y tipo de marcador. A partir de esta información se realizó una gráfica de barras del número de artículos por clasificación del marcador generada desde Microsoft Excel.

## **Evaluación del potencial de los jardines botánicos**

Se compiló información de los 20 jardines botánicos afiliados a la Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia (<http://www.jardinesbotanicosdecolombia.org>). Para cada uno de ellos se realizó una búsqueda en páginas web oficiales, redes sociales oficiales. Respecto a colecciones, especies y proyectos de conservación relacionados con la familia Orchidaceae. Además, información respecto a infraestructura y ubicación. Esta información se enriqueció mediante el diligenciamiento de una encuesta (Ver anexo 1), con preguntas enfocadas a los proyectos de conservación enviada vía correo electrónico a la persona responsable en cada institución. En algunos casos la encuesta se diligenció telefónicamente.

Con la información encontrada se elaboró una gráfica de presencia/ausencia de los criterios establecidos por el *Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia* (Minambiente y UNAL 2015).

## **Resultados**

## Métricas obtenidas de las búsquedas bibliográficas globales

La búsqueda bibliográfica global en el intervalo 1990-2020 arrojó un resultado de 2818 artículos de genética en la familia Orchidaceae. El análisis del número de artículos publicados por año (Figura 1) permite observar una tendencia creciente desde el año 1995 (3 artículos) hasta el 2017 (120 artículos), luego del cual comienza a decrecer hasta la actualidad (75 artículos aproximadamente, Figura 1).

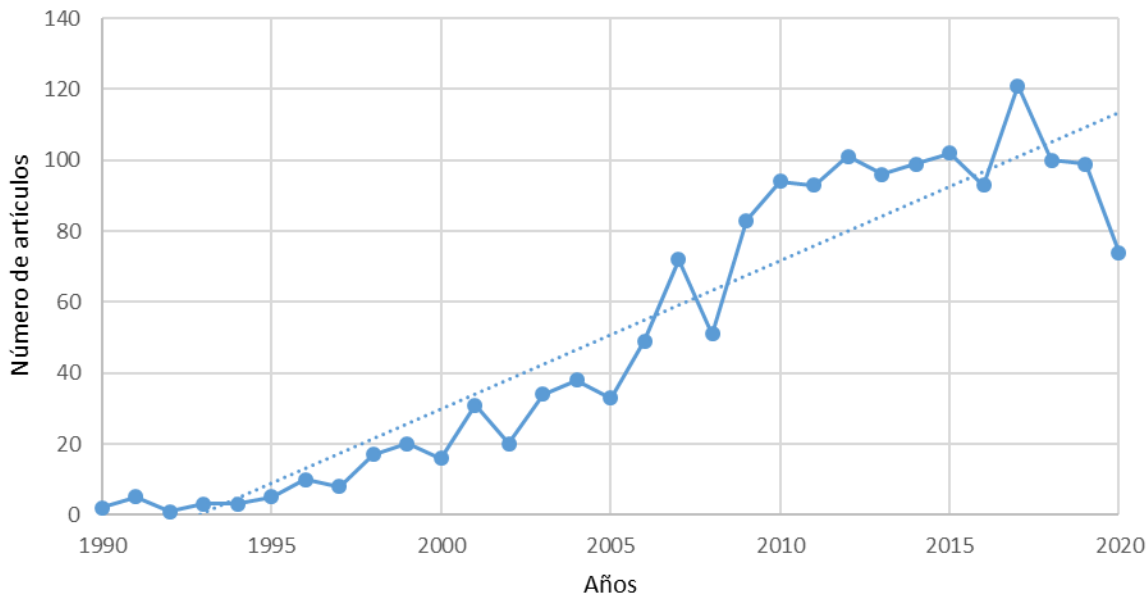


Figura 1. Número de artículos publicados relacionados con genética por año (1990-2020), para la familia Orchidaceae. Obtenido de la base de datos Scopus.

Estos 2818 artículos estaban almacenados en la base de datos en 28 áreas temáticas diferentes, teniendo mayor frecuencia las ciencias agrícolas y biológicas, con un total de 1234 artículos y de bioquímica, genética y biología molecular con 728 (Anexo 3). Las áreas temáticas con menos publicaciones fueron “Otros” (física, astronomía, neurociencia, matemáticas, veterinaria, artes, humanidades, energía, economía, econometría, finanzas, profesiones de la salud, psicología, ciencia de los materiales y enfermería), así como Ingeniería y ciencias de la Tierra y planetarias presentaron un total de 12 registros cada una (Anexo 3).

El país con más publicaciones relacionadas con genética en la familia Orchidaceae fue China con más de 250 artículos, le siguen Estados Unidos (225 artículos), Brasil (140 artículos) y Taiwán (135 artículos, Figura 2). Colombia se encuentra entre los países de Latinoamérica con menor número de

publicaciones seguido por Ecuador, Argentina y Costa Rica (cada uno con menos de 10 artículos, figura 2).

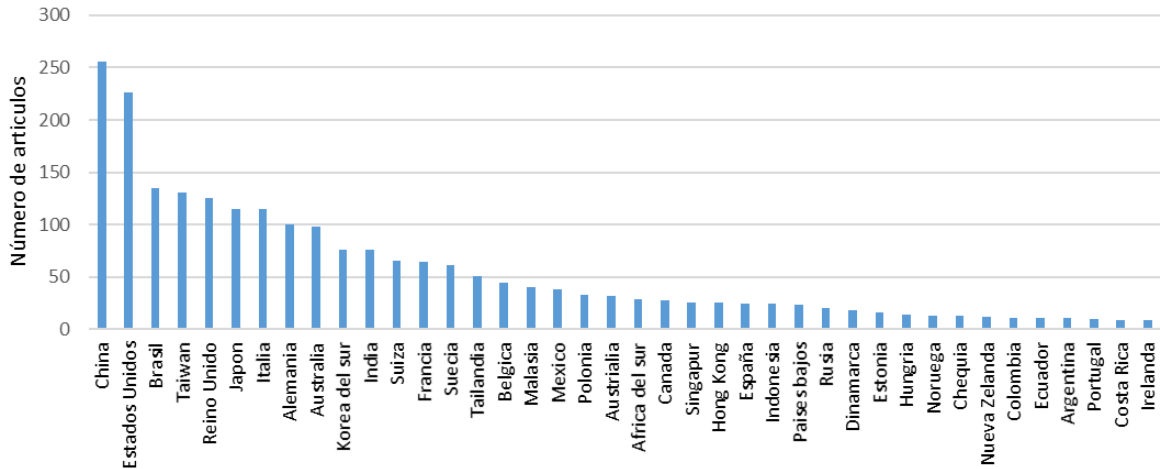


Figura 2. Número de artículos de los 40 países con más publicaciones relacionadas con genética en la familia Orchidaceae entre 1990 y 2020. Obtenido de la base de datos Scopus.

De las 207 especies presentes en la Resolución 1912 del 2017, únicamente se encontraron publicaciones para 59 (Anexo 4). De estas especies, *Masdevallia coccinea* Linden ex Lindl presentó el número máximo de estudios (17 artículos), seguida por *Cattleya trianae* Linden & Rchb.f. con ocho artículos y *Miltoniopsis phalaenopsis* (Linden & Rchb.f.) Garay & Dunst. y *Masdevallia discolor* Luer & R. (7 artículos cada uno, Anexo 4). Un total de 40 especies presentaron un solo artículo publicado (Anexo 4).

### Especies priorizadas

Las especies que cumplieron los criterios (estudios genéticos publicados, secuencias de ADN disponibles, endémicas y están en las categorías de amenaza CR, EN o VU y si son carismáticas) establecidos para la priorización, fueron: *Cattleya trianae* Linden & Rchb.f., *Cyrtochilum revolutum* (Lindl.) Dalström, *Masdevallia coccinea* Linden ex Lindl, *Masdevallia ignea* Rchb.f. y *Oncidium alexandrae* (Bateman) M.W. Chase & N. H. Williams. (Figura 3)



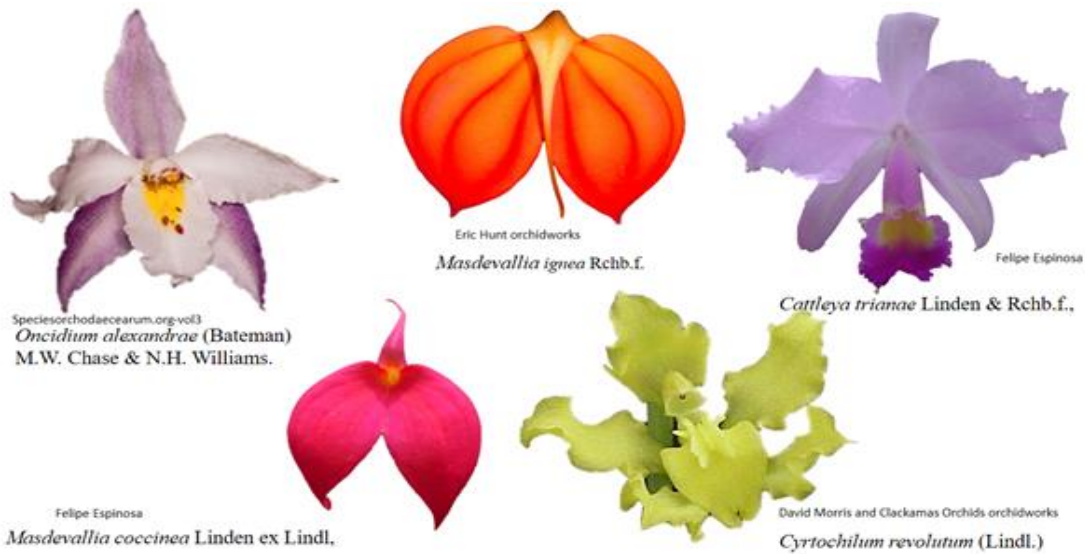


Figura 3. Flores correspondiente a las cinco especies de la familia Orchidaceae priorizadas para este estudio.

Para la búsqueda por género se encontró un total de 52 artículos, siendo *Cattleya* el género con el mayor número de especies estudiadas (24 especies en 19 artículos) y *Cyrtochilum* el género con el menor número (1 en 2 artículos, Tabla 1). Entre los artículos revisados, el género con mayor número de artículos fue *Oncidium* (29 artículos), cuatro se realizaron con respecto al género, uno en un híbrido no especificado, veinte con el híbrido *Oncidesa* Gower Ramsey (*Oncidesa* Goldiana × *Oncidesa* Guinea Gold) y sus variedades (con parental en su linaje *Oncidium* sp.), dos con el híbrido *Oncidium* Goldiana (*Gomesa flexuosa* × *Oncidium sphacelatum*), uno con el híbrido *Oncidium* 'Milliongolds' y uno con *Oncidium ornithorhynchum* Kunth. De los dos artículos encontrados para el género *Cyrtochilum*, uno trabajó con la especie *C. loxense* (Lindl.) Kraenzly, en el otro abarcó el género completo. Por otra parte, de los dos artículos trabajados para el género *Masdevallia*, uno utilizó la especie *M. solomonii* Luer & R. Vásquez y el otro, las especies *M. chaparensis* T. Hashim., *M. exquisit* Luer & Hirtz, *M. scandens* Rolfe, *M. yungasensis* T. Hashim (Tabla 1).

Tabla 1. Número de artículos y de especies para cada uno de los géneros de las especies priorizadas para este estudio.

Género	Número artículos	Especies
<i>Cattleya</i>	19	24
<i>Oncidium</i>	29	6
<i>Cyrtochilum</i>	2	1
<i>Masdevallia</i>	2	5
Total	52	36

En los 52 artículos se identificaron 75 marcadores moleculares: 40 se clasificaron como codificantes, esta categoría presentó el mayor número de artículos. Dentro de esta categoría, 34 estuvieron relacionados con caracteres de la flor (Figura 4): 13 para pigmentación (Hieber, Mudalige-Jayawickrama y Kuehnle 2006; Chiou y Yeh 2008; Chiou et al 2010; Lee et al 2013; Liu et al 2014 Liu et al 2019), 15 para la formación de los órganos florales y la iniciación de la floración (Hsu y Yang 2002; Hsu et al 2003; Li, Zhang y Hew 2003; Tan, Wang y Yeh 2005; Chang et al 2009; Hou y Yang 2009; Thiruvengadam y Yang 2009; Hsu et al 2010; Lin et al 2011; Mao et al 2015) y seis se analizaron para el marchitamiento y caída de las flores (Chen, Lee, y Yang 2011; Chen et al 2011; Shi y Liu 2016; Chen, Lee y Yang 2018). Los estudios relacionados con los caracteres florales, se llevaron a cabo principalmente en el género *Oncidium* (32 marcadores) y en *Cattleya* (2 marcadores). Los demás marcadores codificantes se emplearon en estudios de crecimiento y formación de órganos de la planta (dos en *Oncidium* y uno en *Cattleya*, Figura 4). Los tres marcadores codificantes adicionales (aloenzimas, *Somatic Embryogenesis Receptor-like Kinase* y DNA) se trabajaron con un enfoque de conservación: uno para el género *Cyrtochilum* (Cueva, Concia y Cella 2012) y dos para el género *Cattleya* (uno en conservación *in situ* y otro *ex situ*, da Cruz et al 2011; Almeida et al 2017).

En cuanto a los marcadores codificantes extranucleares se encontraron ocho (Figura 4): tres para el género *Oncidium* en estudios relacionados con la pigmentación y formación floral (Thiruvengadam, Chung y Yang 2012; Chiou, Wu, y Yeh 2008), dos empleados en sistemática molecular en los géneros *Cattleya* y *Cyrtochilum* (Rivera-Jiménez et al 2017; Szlachetko et al 2017) y tres empleados en la validación de protocolos de extracción de ADN en *Oncidium* y en protocolos de transformación en *Cattleya* (Lin, Dongpoh y Mu 2010; Rodríguez et al 2015).

En los estudios con marcadores no codificantes se encontraron únicamente seis marcadores (Figura 4), algunos de los cuales se repitieron entre artículos. En el género *Cattleya* se empleó uno (microsatélites) para sistemática molecular y uno Random Amplification of Polymorphic DNA (RAPD) para genómica estructural (Benner, Braunstein y Weisberg 1995; Leal et al 2016). Con un enfoque de conservación, se utilizaron cuatro marcadores (RAPD, Inter Simple Sequence Repeat -ISSR-, Inverse Sequence Tagged Repeat -ISTR-, - microsatélites-) en 12 artículos (Da Cruz et al 2011; Neto y Vieira 2011; Pérez-Almeida et al 2011; Pinheiro et al 2012; Angulo-Graterol et al 2013; Almeida et al 2013; Rodrigues et al 2015; Gomes et al 2017; Tambarussi et al 2017; Tambarussi et al 2017; Rossin et al 2018, Figura 4). Dos marcadores no codificantes fueron empleados para validación de metodología: uno en el género *Oncidium*, para el desarrollo de nuevas tecnologías para el análisis de todo el genoma sin secuencias de referencia, y uno en *Cattleya*, para un protocolo de detección de polimorfismos (Benner, Braunstein y Weisberg 1995; Wang et al 2019). En estudios de sistemática molecular, en el género *Cyrtorchilum* se utilizó un marcador (Szlachetko et al 2017). De igual forma, un solo marcador fue utilizado para conservación del género *Masdevallia* (López-Roberts et al 2012; Lopez-Roberts y van den Berg 2016).

Entre los marcadores de tipo no codificante-extranuclear, dos se emplearon en sistemática molecular para el género *Cattleya* (Rivera-Jiménez et al 2017, Figura 4). Por último, el transcriptoma se analizó en el género *Oncidium* para la validación de la metodología de una biblioteca de ADNc (Chang et al 2011, Figura 4).

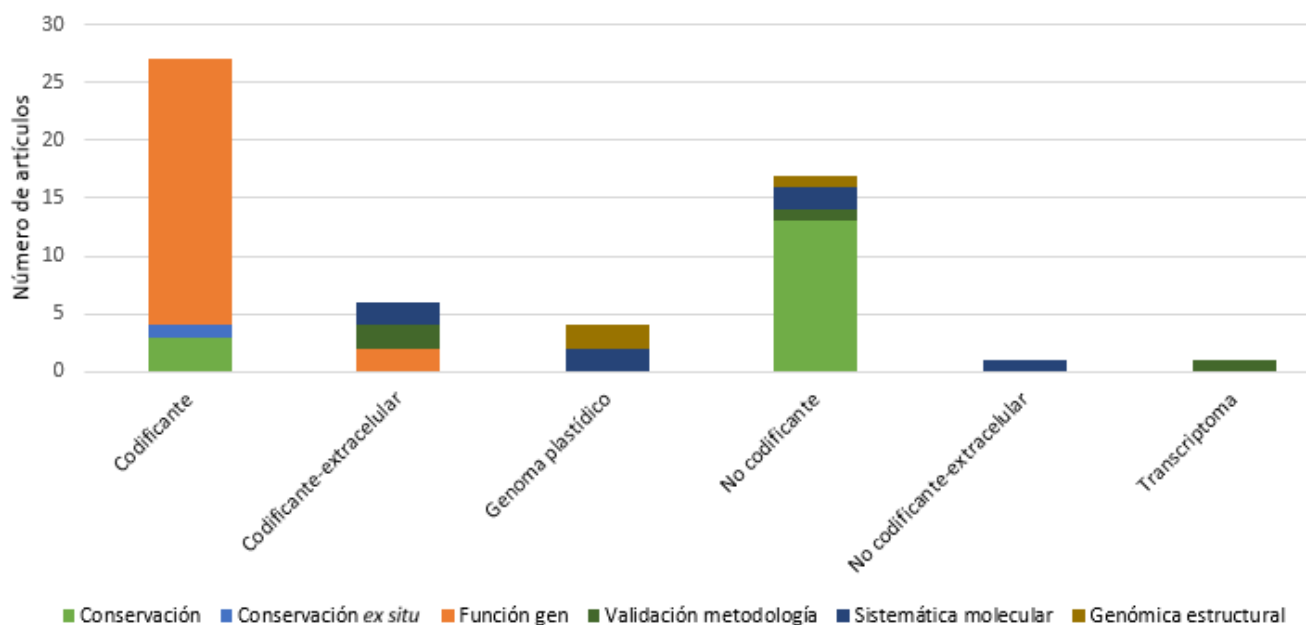


Figura 4. Número de artículos por clasificación de utilidad del marcador y finalidad del estudio a partir de la búsqueda bibliográfica y de la validación manual.

### **Jardines botánicos**

La recopilación de la información a partir de encuestas, páginas web, redes sociales oficiales y llamadas telefónicas arrojó datos para 19 jardines botánicos. De estos jardines 15 contaban con zonas de vegetación nativa (Anexo 1, Anexo 2), 14 tienen colecciones de especies pertenecientes a la familia Orchidaceae (dos con colecciones y proyectos únicamente *in situ*, siete únicamente *ex situ* [tres no información *in situ*] y cinco de ambos tipos). Dos colecciones están en proceso de construcción, siete tienen menos de 20 especies reportadas en las colecciones y dos únicamente están clasificadas hasta el género. Dentro de las 20 especies reportadas se encontró *Cattleya trianae* y solo el Jardín Botánico de Bogotá tiene o realiza proyectos con las cinco especies priorizadas para este trabajo (Tabla 2). Adicionalmente, de los jardines con colecciones de orquídeas solo siete realizaron proyectos de conservación, entre los cuales solo el Jardín Botánico del Pacífico & Reserva de Vida Salvaje realizó estudios en genética para la identificación de especies. Cinco mantienen bancos de germoplasma, seis participan en reuniones de priorización de especies de Orchidaceae y seis tienen proyectos futuros para aumentar el número de especies amenazadas de la familia. Finalmente, se consiguió información referente a las problemáticas para 11 jardines (Tabla 2).

Tabla 2. Potencial de los jardines botánicos para la conservación de orquídeas a partir de la información compilada de veinte jardines asociados a la Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia.

Orchidaceae	(JBQSP)	JBGP	(JHLI)	JBEV	(JBPR)	(JBC)	JAUM	JBUA	(JBTA)	CEA	(JBAV)	JBSJ	JBB	JBQ	JBUC	JMC	JBS	UTP	JBSA	JBP
Colección	C		LI	W				W		W	W				W				W	
<i>In situ</i>					Aplazado	Medio							Culminado			Culminado	W			
<i>Ex situ</i>				W			Avanzado	W			W	Atrasado	Culminado	Atrasado		Culminado	Avanzado		W	
Número de especies de Orchidaceae		+			P	Vanilla	-na* +orn	+			+	+	++++	P		+	+	+++		
Proyectos de conservación							No act	C												
Estudios de genética					Identificación															
Bancos de germoplasma																				
Inventario de colecciones		P			P			W			W	P		P				P		
Reuniones de priorización												W			W					W
Aumento de especies colección																				
Cooperación con otras instituciones																				
Problemáticas		E,M			E	E	E		M			E,S,O	E,C,O	O		E,M	O	E		

(JBQSP)=Jardín Botánico Quinta San Pedro Alejandrino, JBGP Jardín Botánico Guillermo Piñeres, (JHLI)=Jardín Hidrobotánico Jorge Ignacio Hernández Camacho, JBEV=Jardín Botánico Eloy Valenzuela-CDMB, (JBPR)=Jardín Botánico del Pacífico & Reserva de Vida Salvaje, (JBC)=Jardín Botánico del Chocó, JAUM=Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe, (JBJA)=Jardín Botánico de La Universidad del Amazonas, (JBTA)=Jardín Botánico Tropical Amazónico Jarbota, CEA=Jardín Botánico Centro Experimental Amazónico, (JBAV)=Jardín Botánico Alejandro Von Humboldt, JBSJ=Jardín Botánico San Jorge, JBB=Jardín Botánico José Celestino Mutis, JBQ=Jardín Botánico del Quindío, JBUC=Jardín Botánico Universidad de Caldas, JMC=Jardín Botánico Juan María Céspedes, JBS=Jardín Botánico de Cali, UTP=Jardín Botánico Universidad Tecnológica de Pereira, JBSA=Jardín Botánico de San Andrés, JBP=Jardín Botánico de Popayán. Siglas entre paréntesis no oficiales. Casillas verdes: ítem presente; celdas rojas: ítem ausente y blanco: no información. Origen de la información: C=correo electrónico, LI=Llamada telefónica, W= páginas web oficiales y vacías = encuesta. Problemáticas E=Económicas, S=Sistematica-taxonomía, M=Cultivo y O=Otros. Número de especies: + = < 20, ++ = entre 20-100 y +++ => 200.

## Discusión

Los estudios de genética centrados en la familia Orchidaceae, iniciaron con la sistemática molecular desde la década de los noventa con el estudio de Chase y colaboradores (1994) en la conferencia mundial de orquídeas en Londres (Fay y Chase 2009). Desde ese año, como se observa en la Figura 1, empieza el

incremento de publicaciones en las que se emplean herramientas genéticas en esta familia. Este aumento progresivo prosigue hasta el 2018, año en que el número de publicaciones empieza a decrecer abruptamente hasta el año 2020.

A nivel mundial, los países con el mayor número de publicaciones en las que se emplean este tipo de herramientas son China, Estados Unidos y Taiwán, probablemente debido al hecho de que son países que desarrollan tecnología y tienen presupuesto y talento humano destinado a la investigación.

En América latina, el país con mayor número de publicaciones de este tipo es Brasil. Esto debido a ser el único en la región con un alto presupuesto para investigación en los últimos años. Sin embargo, este presupuesto estuvo fuertemente recortado entre los años 2010 a 2016, pasando de 2.45 mil millones de dólares a 0.75 mil millones de dólares (El Consejo Mexicano de Ciencias Sociales –COMECOSO-, 2016). Este recorte pudo haber incidido en la disminución de investigaciones y sus consecuentes publicaciones. Al igual que Brasil, los países con la mayor riqueza de especies de la familia Orchidaceae se encuentran en América Latina (Colombia y Ecuador). Desafortunadamente, en estos países se han llevado a cabo muy pocas investigaciones locales que incluyan estudios genéticos (menos de 20 publicaciones en los últimos 30 años). Esto puede deberse al bajo presupuesto público destinado a la investigación, pocos investigadores especializados en el área, a las diferentes restricciones (vedas, permisos de acceso a recursos genéticos, muestreo y situaciones de orden público, entre otros) y a la pérdida acelerada de los ecosistemas que albergan estas especies, incidiendo negativamente en el desarrollo de este campo de investigación.

En Colombia, el estado de algunas de las poblaciones de estas plantas es particularmente crítico debido a los efectos antropocéntricos negativos sobre ellas (Dixon y Phillips 2007). De las 207 especies amenazadas, sólo en 59 se han reportado estudios genéticos, muchos de estos en sistemática molecular de las tribus y subtribus a las que pertenecen estas especies. El número de publicaciones estaría directamente relacionado con el interés comercial de estas especies, particularmente en características florales, criterios utilizados tanto en la priorización de estas especies para estudios de conservación y en estudios con fines ornamentales (Baptiste, 2019). Es el caso de algunas especies del género *Masdevallia* y *Cattleya* (17 publicaciones y 8 publicaciones respectivamente, Anexo 4) con distribución en el país. Inversamente especies con bajo interés comercial como *Cyrtochilum revolutum* o algunas especies del género *Dracula* presentan un bajo número de publicaciones (2 publicaciones cada uno, Anexo 4). Aunque el género *Cattleya* tiene la más alta representatividad en las colecciones de los jardines botánicos colombianos (Tabla 2), presenta un bajo número de publicaciones. De estos estudios, la mayoría se centran en *C. trianae*, una de las especies priorizadas en este estudio (Figura 3), por ser una especie

carismática. Sin embargo, no se ha tenido en cuenta la disponibilidad de muestras de las otras especies en estas instituciones que permitirían llevar a cabo estudios robustos *ex situ*.

Las áreas temáticas en donde se encuentra el mayor número de artículos fueron: ciencias agrícolas y biológicas y bioquímica, genética y biología molecular (Anexo 3). El número de publicaciones en estas áreas (1200 artículos y 700 artículos respectivamente) obedece al uso de tecnologías en biología molecular, el cual pudo coincidir con el alto número de publicaciones de los países que desarrollan, en gran parte, este tipo tecnologías (China, Estados Unidos y Taiwán).

Paradójicamente, aunque todas las especies de la familia Orchidaceae están incluidas en algún apéndice del CITES y categorizadas en algún grado de amenaza de la UICN (CITES 2020, UICN 2020), el área de las ciencias medioambientales presenta uno de los más bajos números de publicaciones (100 artículos, Anexo 3). Esta área se fundamenta en la integración de las comunidades en la conservación y del manejo sustentable de estas plantas. Desafortunadamente, queda manifiesto que actualmente muy pocas investigaciones de este tipo incluyen estudios en genética.

Otra de las áreas con un bajo número de estudios en genética para Orchidaceae son medicina e inmunología y microbiología (100 artículos). Varios de los estudios incluidos en esta área corresponden a casos de utilización en medicina tradicional, a la patogenicidad de microorganismos en estas plantas o al hecho de que alguno de los autores estuviera vinculado a una facultad de medicina.

Los estudios relacionados con conservación se llevaron a cabo únicamente en marcadores nucleares (codificantes y no codificantes, Figura 4). Sin embargo, no se pueden dejar de lado los estudios en sistemática molecular ya que son pilares indispensables para el desarrollo de planes, proyectos y estrategias de conservación, en la medida en que resuelven incertidumbres taxonómicas y permiten definir con certeza el o los taxones a conservar. De igual manera, la genómica estructural amplía las herramientas moleculares para tener acceso a un mayor número de secuencias permitiendo desarrollar estudios más robustos. Aunque el interés económico (reflejado en la categoría “función del gen”) prima sobre la conservación, éste ha permitido el desarrollo de técnicas fácilmente aplicables en estudios de conservación para especies de esta familia. Un ejemplo de aplicación de técnicas desarrolladas en un taxón y aplicadas en otro es el del marcador *Somatic embryogenesis receptor kinase* utilizado en el género *Cyrtorchilum* para comprender aspectos de la embriogénesis somática, pero empleado también en una especie de *Cattleya* ecuatoriana en peligro de extinción para su propagación *ex situ* como estrategia de conservación (Cueva, Concia y Cella 2012; Cueva-Agila et al 2020).

En cuanto a los jardines botánicos, fue difícil poder acceder a la información de algunos de ellos sobre su participación o el desarrollo de estrategias de conservación. Esto debido a que en algunos se carece de páginas web oficiales o, en otros casos, estas están desactualizadas, incompletas o presentan fallas. Estos problemas pueden afectar el interés del público hacia el jardín, conllevando a bajos beneficios o posibles pérdidas económicas, redundando en el mantenimiento de sus colecciones y en la financiación de proyectos con recursos propios. Esto también afecta uno de los objetivos principales de estas instituciones: la educación ambiental (Red Nacional De Jardines Botánicos de Colombia y Minambiente 2002). La solución de esto requiere del compromiso de las mismas instituciones, así como de su Red en la creación, la actualización y la divulgación de las páginas web oficiales. Además, la realización de cursos acerca del cuidado, cultivo y conservación de esta familia, exposiciones de orquídeas nacionales e internacionales, así como de colecciones especializadas o artísticas facilitan la sensibilización del público por estas especies.

El hecho de que algunos jardines botánicos se especialicen en la conservación de la vegetación local mediante un área protegida o de un tipo de plantas en específico, como es el caso de los jardines botánicos Quinta San Pedro Alejandrino, Tropical Amazónico Jarbota y el Centro experimental amazónico, no los exime de tener un mínimo de representatividad de la biodiversidad botánica del país a través de colecciones *ex situ* (Anexo 1).

Algunos de los jardines botánicos cuentan con bancos de germoplasma, colecciones *ex situ* y zonas de vegetación nativa (Tabla 2, Anexo 1, Anexo 2. Además, algunos cuentan con la infraestructura y talento humano capacitado para realizar estudios de diversidad en esa área. Por ejemplo, el orquideorama del Jardín Botánico de Medellín (Tejeda-Sartorius, Téllez-Velasco y Trejo-Téllez 2017; Jardín Botánico de Medellín 2020; Mponya et al 2020). El número bajo de especies de la familia Orchidaceae encontrado en las colecciones de los jardines botánicos podría no ser representativo del número de especies real de las colecciones, que se encuentren en proceso de adquisición o se estaban realizando los inventarios. Con esto, evidenciamos el potencial de los jardines botánicos para el desarrollo o participación en estrategias de conservación de la familia.

Se recomienda que estos tipos de jardines botánicos realicen y/o activen convenios de cooperación entre los jardines de la red y con otros jardines. Además, convenios con otros entes como coleccionistas y viveristas facilitando el intercambio de recursos vegetales entre ellos y aprovechando la infraestructura y el talento humano de cada uno de ellos. De esta manera no solo se logra aumentar de forma indirecta sus colecciones, haciéndolas representativas de la flora del país, sino que se pueden realizar proyectos de



mayor envergadura. Sin embargo, para esto es necesario que cada jardín botánico tenga al día el inventario de sus colecciones y que lo haga público. Adicionalmente, se recomienda aumentar el número de especies en riesgo de extinción en sus colecciones a través de estos intercambios interinstitucionales. Esto con el fin de lograr el aumento de la representatividad de su área de distribución para futuros proyectos de reintroducción y enriquecimiento.

Otro de los problemas graves que afectan las colecciones son las incertidumbres taxonómicas de los individuos presentes. Esto debido a la dificultad de determinación a través de caracteres morfológicos florales. Las herramientas en genética se presentan como una estrategia práctica y certera para resolver esta situación sin tener que depender de la biología de la planta. Para esto, la vinculación con laboratorios, herbarios y otros institutos con experiencia en la realización de estudios podría ser de utilidad.

## **Conclusiones**

La implementación de estudios genéticos en los proyectos y estrategias de conservación no se están llevando a cabo por parte de los jardines botánicos, a pesar del aumento del uso de herramientas y técnicas en esta familia a nivel global y el potencial de los jardines botánicos.

El planteamiento de nuevas estrategias de conservación que incluyan tanto la articulación entre las instituciones como la implementación de las herramientas genéticas permitirá la culminación de proyectos exitosos para la conservación de la familia Orchidaceae.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi directora Myreya Pinedo, a mi codirector Felipe Espinosa por todo su conocimiento, guía, paciencia y todo el tiempo empleado en la realización de este proyecto. También, a mi madre, hermanos y demás familiares que me apoyaron, cuidaron, animaron a lo largo de mi carrera y durante este trabajo. A Mis compañeros del semillero y amigos de la universidad por sus consejos y apoyo. La profesora Hilda Dueñas por su aceptar ser parte de este proceso tan importante en mi formación. Finalmente agradezco a la Pontificia Universidad Javeriana y al personal de los jardines botánicos que colaboraron de manera muy amable con la información vital para realizar este trabajo de grado.

## **Referencias**

Academia colombiana de historia -ACH- (1937). Concepto de la Academia colombiana de historia.

Alcántara MR (2007) Breve revisión de los marcadores moleculares. En Eguiarte, Souza y Aguirre (2007) *Ecología molecular* 541-566, Mexico. Pp 541-561

Almeida PRM, López-Roberts MC, Góes-Neto A, Van den Berg C, Vigna BBZ, Souza AP (2013) Microsatellite markers for the endangered orchids *Cattleya labiata* Lindl. and *C. warneri* T. Moore (Orchidaceae). *Conservation Genetics Resources* 5(3):791–794 doi 10.1007/s12686-013-9909-5

Almeida V, de Freitas HP, Navarro BB, Guerra MP, Pescador R (2017) Dynamics in global DNA methylation and endogenous polyamine levels during protocorm-like bodies induction of *Cattleya tigrina* A. Richard. *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 39(4):497

Angulo-Graterol L, Pérez-Almeida I, Osorio G, Ramis C, Bedoya Á, Molina S, et al (2013) Estudio de la diversidad genética de nueve especies de *Cattleya* utilizando RAPD e ISTR. *BIOAGRO* 25(1):23-30

Baptiste MP, et al (2019) Orquídeas de Cundinamarca. Conservación y aprovechamiento sostenible. Bogotá D.C, Colombia

Benner M, Braunstein M, Weisberg M (1995) Detection of DNA polymorphisms within the genus *Cattleya* (Orchidaceae). *Plant Molecular Biology Reporter*, 13(2):147 doi 10.1007/BF02668786

Calderón-Sáenz, E. (2007). Libro rojo de las plantas de Colombia: Volumen 6 Orquídeas, Primera parte. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia

Chang Y, Chiu Y, Wu J, Yang C (2009) Four Orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) AP1/AGL9-like MADS Box genes show novel expression patterns and cause different effects on floral transition and formation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant & Cell Physiology* 50(8):1425-1438 doi 10.1093/pcp/pcp087

Chang Y, Chu Y, Chen C, Leu W, Hsu H, Yang C (2011) Characterization of *Oncidium* “Gower Ramsey” transcriptomes using 454 GS-FLX pyrosequencing and their application to the identification of genes associated with flowering time. *Plant & Cell Physiology* 52(9):1532-1545 doi 10.1093/pcp/pcr101

Chase MW, Cameron KM, Hills HG, Jarrell D, Pridgeon A (1994) Molecular systematics of the Orchidaceae and other lilioid monocots, Proceedings of the 14th World Orchid Conference London (pg. 61-73)

Chen M, Lee P, Yang C (2011) Delay of flower senescence and abscission in *Arabidopsis* transformed with an FOREVER YOUNG FLOWER homolog from *Oncidium* orchid. *Plant Signaling & Behavior* 6(11):1841-1843 doi 10.4161/psb.6.11.17612

Chen W, Lee Y, Yang C (2018) Ectopic expression of two FOREVER YOUNG FLOWER orthologues from *Cattleya* orchid suppresses ethylene signaling and DELLA results in delayed flower senescence/abscission and reduced flower organ elongation in *Arabidopsis*. *Plant Molecular Biology Reporter* 36(5/6):710 doi 10.1007/s11105-018-1114-y

Chen S, Tsai H, Raghu R, Do Y, Huang P (2011) cDNA cloning and functional characterization of ETHYLENE INSENSITIVE 3 orthologs from *Oncidium* Gower Ramsey involved in flower cutting and pollinia cap dislodgement. *Plant Physiology and Biochemistry* 49(10):1209–1219 doi 10.1016/j.plaphy.2011.05.005

Chiou C, Yeh K (2008) Differential expression of MYB gene (OgMYB1) determines color patterning in floral tissue of *Oncidium* Gower Ramsey. *Plant Molecular Biology* 66(4):379-388

Chiou C, Wu K, Yeh K (2008) Characterization and promoter activity of chromoplast specific carotenoid associated gene (CHRC) from *Oncidium* Gower Ramsey. *Biotechnology Letters* 30(10):1861–1866 doi 10.1007/s10529-008-9767-5

Chiou C, Pan H, Chuang Y, Yeh K (2010) Differential expression of carotenoid-related genes determines diversified carotenoid coloration in floral tissues of *Oncidium* cultivars. *Planta* 232(4):93

Christenhusz MJM, Byng JW (2016) The number of known plant species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* 261:201–217

Cites (Checklist of Cites Species) (2020) Base de datos sobre el comercio CITES. <http://www.cites.org>. Consultado noviembre 3 de 2020-11-3.

Constitución Política de Colombia (1991). Art. 9, 79 y 80. 7 de julio de 1991 (Colombia).

Concejo de Bogotá Distrito Capital (2003) Acuerdo 109 de 2003. 29 de diciembre (Colombia)

Corporación autónoma regional del Valle del Cauca -CVC- (2015) Instructivo: Planes de Manejo para especies Focales. <https://www.cvc.gov.co>. Consultado noviembre 24 del 2020

El Consejo Mexicano de Ciencias Sociales –COMECSO- (2016). Ciencia en Brasil rumbo al despeñadero. COMECSO <https://www.comecso.com/>. Consultado noviembre 24 de 2020

Cueva A, Concia L, Cella R (2012) Molecular characterization of a *Cyrtochilum loxense* somatic embryogenesis receptor-like kinase (SERK) gene expressed during somatic embryogenesis. *Plant cell reports* 31(6):1129-1139 doi 10.1007/s00299-012-1236-x

- Cueva-Agila AY, Alberca-Jaramillo N, Cella R, Concia L (2020) Isolation, phylogenetic analysis, and expression of a Somatic Embryogenesis Receptor like Kinase (SERK) gene in *Cattleya maxima* Lindl. *Current Plant Biology* 2:100139 doi 10.1016/j.cpb.2020.100139
- Da Cruz DT, Selbach-Schnadelbach A, Lambert SM, Ribeiro PL, Borba EL (2011) Genetic and morphological variability in *Cattleya elongata* Barb. Rodr. (Orchidaceae), endemic to the campo rupestre vegetation in northeastern Brazil. *Plant systematics And evolution* 294(1–2):87-98 doi 10.1007/s00606-011-0444-0
- Dixon, K., & Phillips, R. D. (2007). The orchid conservation challenge. *Lankesteriana International Journal on Orchidology* 7(1-2):11-12.
- Dressler RL (1990) The orchids: natural history and classification. Harvard University, USA
- Fay MF, Chase MW (2009) Orchid biology: From Linnaeus via Darwin to the 21st century. *Annals of Botany* 104(3):359–364 doi 10.1093/aob/mcp190
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2002) Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. p 617
- Gil KS (2012) Evaluacion del estado de conocimiento y conservacion de la familia Orchidaceae, a traves de colecciones *ex situ* en el departamento de Cundinamarca, colombia. Trabajo de grado. Facultad de estudios ambientales y rurales, Universidad Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
- Gomes PCL, de Camargo E, Silva-Pereira V, de Fraga CN (2017) High genetic variability is preserved in relict populations of *Cattleya lobata* (Orchidaceae) in the Atlantic Rainforests inselbergs. *Revista Brasileira de Botanica* 41(1):185-195 doi 10.1007/s40415-017-0422-z
- Hieber AD, Mudalige-Jayawickrama RG, Kuehnle AR (2006) Color genes in the orchid *Oncidium Gower Ramsey*: identification, expression, and potential genetic instability in an interspecific cross. *Planta* 223(3):521–531 doi 10.1007/s00425-005-0113-z
- Hinsley A, De Boer HJ, Fay MF, Gale SW, Gardiner LM, Gunasekara RS, et al (2018) A review of the trade in orchids and its implications for conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society* 186(4):435-455

- Hou C, Yang C (2009) Functional analysis of FT and TFL1 orthologs from orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) that regulate the vegetative to reproductive transition. *Plant & Cell Physiology* 50(8):1544-1557 doi 10.1093/pcp/pcp099
- Hsu H, Yang C (2002) An orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) AP3-like MADS gene regulates floral formation and initiation. *Plant & Cell Physiology* 43(10):1198–1209
- Hsu H, Huang C, Chou L, Yang C (2003) Ectopic expression of an orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) AGL6-like Gene promotes flowering by activating flowering time genes in *Arabidopsis thaliana*. *Plant & Cell Physiology* 44(8):783 doi 10.1093/pcp/pcg099
- Hsu H, Hsieh W, Chen M, Chang Y, Yang C (2010) C/D class MADS box genes from two monocots, orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) and lily (*Lilium longiflorum*), exhibit different effects on floral transition and formation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant & Cell Physiology* 51(6):1029–1045 doi 10.1093/pcp/pcq052
- Jardín Botánico de Medellín (2020) Recinto (Orquideorama) Jardín Botánico de Medellín. <https://www.botanicomedellin.org/>. Consultado en noviembre 23 2020
- Leal BSS, chaves CJN, koehler S, Borba EL (2016) When hybrids are not hybrids: a case study of a putative hybrid zone between *Cattleya coccinea* and *C. brevipedunculata* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(4): 621
- Li CR, Zhang XB, Hew SH (2003) Cloning, characterization and expression analysis of a sucrose synthase gene from tropical epiphytic orchid *Oncidium* Goldiana. *Physiologia Plantarum* 118(3):352
- Lin Z, Dongpoh C, Mu M (2010) Agrobacterium-mediated genetic transformation of *Cattleya* orchid using Protocorm-Like bodies. *In vitro cellular & developmental biology-animal* 46:S180
- Lin C, Chu C, Liu P, Lin H, Liang S, Hsu W, et al (2011) Expression of an *Oncidium* gene encoding a patatin-like protein delays flowering in *Arabidopsis* by reducing gibberellin synthesis. *Plant & Cell Physiology* 52(2):421-435 doi 10.1093/pcp/pcq206
- Lee W, Huang J, Chen L, Tsai C, Chen F (2013) Developmental and LED light source modulation of carotenogenic gene expression in *Oncidium* Gower Ramsey Flowers. *Plant Molecular Biology Reporter* 31(6):1433

- Liu J, Chiou C, Shen C, Chen P, Liu Y, Jian C, et al (2014) RNA interference-based gene silencing of phytoene synthase impairs growth, carotenoids, and plastid phenotype in *Oncidium* hybrid orchid. *SpringerPlus* 3(1):1
- Liu Y, Yeh C, Chung J, Tsai C, Chiou C, Yeh K (2019) Petal-specific RNAi-mediated silencing of the phytoene synthase gene reduces xanthophyll levels to generate new *Oncidium* orchid varieties with white-colour blooms. *Plant Biotechnology Journal* 17(11):2035–2037 doi 10.1111/pbi.13179
- López-Roberts C, Almeida PRM, Oliveira EJM, Van den Berg C (2012) Microsatellite marker development for the threatened orchid *Masdevallia solomonii* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 99(2):66–68 doi 10.3732/ajb.1100364
- Lopez-Roberts M, Van den Berg C (2016) Transferability of microsatellite markers in four species of *Masdevallia* (Orchidaceae, Pleurothallidinae) endemic to mountain cloud forests of the Bolivian Andes: a phylogenetic approach. *Brazilian Journal of Botany* 39(3):943
- Mao W, Hsu H, Hsu W, Li J, Lee Y, Yang C (2015) The C-Terminal sequence and PI motif of the orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) PISTILLATA (PI) ortholog determine its ability to bind AP3 orthologs and enter the nucleus to regulate downstream genes controlling petal and stamen formation. *Plant & Cell Physiology* 56(11):2079-2099 doi 10.1093/pcp/pcv129
- Mponya, NK, Chanyenga T, Brehm JM, Maxted N (2020) In situ and ex situ conservation gap analyses of crop wild relatives from Malawi. *Genetic Resources and Crop Evolution* 1-13
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Minambiente, Universidad Nacional de Colombia. (2015) Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) (2017) Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 (Colombia)
- Neill DA (2012) ¿Cuántas especies nativas de plantas vasculares hay en Ecuador? *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 1(1):70-83
- Neto NBM, Vieira LGE (2011) Assessment of genetic diversity in *Cattleya intermedia* Lindl. (Orchidaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 54(5):939–946 doi 10.1590/S1516-89132011000500011

Orchidspecies (2020) Orchid Species Photo Encyclopedia <http://www.orchidspecies.com>. Consultado Agosto 5 del 2020

Pérez-Almeida I, Graterol LA, Osorio G, Ramis C, Bedoya ÁM, Figueroa-Ruiz R, et al (2011) Método modificado de obtención de adn genómico en orquídeas (*Cattleya* spp.) Para amplificación con marcadores moleculares. *BIOAGRO* 23(1):27–34

Pinheiro L, Rabbani A, Silva A, Silva LA, Pereira K, Diniz L (2012) Genetic diversity and population structure in the Brazilian *Cattleya labiata* (Orchidaceae) using RAPD and ISSR markers. *Plant Systematics & Evolution* 298(10):1815–1825 doi 10.1007/s00606-012-0682-9

Phillips RD, Reiter N, Peakall R (2020) Orchid conservation: from theory to practice. *Annals of botany* 126(3):345-362

Red Nacional De Jardines Botánicos de Colombia y Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2002) Plan nacional de colecciones para los jardines botánicos de Colombia.

Rivera-Jiménez H, Rossini BC, Tambarussi EV, Veasey EA, Ibanes B, Marino CL (2017) DNA barcode regions for differentiating *Cattleya walkeriana* and *C. loddigesii*. *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 39(1):45 doi 10.4025/actascibiolsci.v39i1.33024

Rodrigues J, Van den Berg C, Abreu A, Novello M, Veasey E, Oliveira G, et al (2015) Species delimitation of *Cattleya coccinea* and *C. mantiqueirae* (Orchidaceae): insights from phylogenetic and population genetics analyses. *Plant Systematics & Evolution* 301(5):1345-1359 doi 10.1007/s00606-014-1156-z

Shi L, Liu J (2016) Molecular cloning and expression analysis of an *l-aminocyclopropane-l-carboxylate synthase* gene from *Oncidium Gower Ramsey*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 469(2):203-209 doi 10.1016/j.bbrc.2015.11.107

Szlachetko D L, Kolanowska M, Naczka A, Górnica M, Dudek M, Rutkowski P, Chiron G (2017) Taxonomy of *Cyrtorchilum*-alliance (Orchidaceae) in the light of molecular and morphological data. *Botanical studies* 58(1): 8

Tejeda-Sartorius, O., Téllez-Velasco, M. A. A., & Trejo-Téllez, L. I. (2017). Características ornamentales de orquídeas silvestres y su propagación con fines comerciales. Alternativa de aprovechamiento sustentable ex situ. *Agroproductividad*, 10(6)

Tambarussi EV, Menezes LC, Ibanes B, Antiqueira LMOR, Dequigiovanni G, Moreno MA, et al (2017) Microsatellite markers for *Cattleya walkeriana* Gardner, an endangered tropical orchid species. *Plant Genetic Resources* 15(1):93 doi 10.1017/S1479262115000635

Tan J, Wang H, Yeh, K (2005) Analysis of organ-specific, expressed genes in *Oncidium* orchid by subtractive expressed sequence tags library. *Biotechnology Letters* 27(19):1517-1528 doi 10.1007/s10529-005-1468-8

Thiruvengadam M, Yang C (2009) Ectopic expression of two MADS box genes from orchid (*Oncidium* Gower Ramsey) and lily (*Lilium longiflorum*) alters flower transition and formation in *Eustoma grandiflorum*. *Plant Cell Reports* 28(10):1463-1473 doi 10.1007/s00299-009-0746-7

Thiruvengadam M, Chung I, Yang C (2012) Overexpression of *Oncidium* MADS box (OMADS1) gene promotes early flowering in transgenic orchid (*Oncidium* Gower Ramsey). *Acta Physiologiae Plantarum* 34(4):1295

Tropicos (2020) Tropicos <http://www.tropicos.org>. Consultado agosto 5 del 2020

UICN (2020) The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>. Consultado en agosto 5 del 2020

## **Anexos**

### **Anexo 1**

Formulario y respuestas obtenidas en la encuesta de los jardines botánicos de la Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia



---

# Conservación de orquídeas

Información básica de la institución.

---

Nombre persona que diligencia la encuesta

Tu respuesta \_\_\_\_\_

---

Nombre de institución

Tu respuesta \_\_\_\_\_

---

Tipo de institución

Pública

Privada

Otros: \_\_\_\_\_

## Orquídeas

1) ¿ Tienen orquídeas en sus colecciones?

Si responde afirmativamente pase a la pregunta número 3, en caso contrario pase a la 2.

- Sí
- No

2) Otras colecciones

Si respondió no a la pregunta anterior indique que otras familias tiene

- Opción 1

3) ¿ Qué especies tiene en la colección?

Listado de especies presentes en la colecciones.

Tu respuesta

---

4) ¿ Participa en proyectos de conservación de orquídeas?

- Sí
- No
- Otros: \_\_\_\_\_

5) ¿ Qué tipo de proyecto de conservación es?

- In situ
- ex situ

---

### 6) Proyectos In situ

Nombre del proyecto o de los proyectos de conservación de orquídeas en los que participa o ha participado.

Tu respuesta

---

### 7) Proyectos ex situ

Nombre del proyecto o de los proyectos de conservación de orquídeas en los que participa o ha participado.

Tu respuesta

---

---

### 8) Nivel de avance en la realización de los proyectos

	Avanzado	Medio	Atrasado	Aplazado	Culminado
Ex situ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In situ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Plan nacional

Relacionado con las acciones postuladas en el Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia

---

### 9) ¿Realizan estudios genéticos en orquídeas?

- Sí
- No

10) ¿ Qué tipo de estudio es?

Variabilidad genética

Taxonomía-sistemática.

Identificación

Otros: \_\_\_\_\_

11) ¿Tiene bancos de germoplasma de orquídeas?

si

si, pero no orquídeas nativas

No

Otros: \_\_\_\_\_

---

12) ¿ Realiza inventarios de las colecciones vivas del jardín botánico con la especie y lugar de procedencia?

si

no

Estamos en proceso

Otros: \_\_\_\_\_

---

13) ¿Su institución participa en la definición de especies de orquídeas que deberían estar en las colecciones vivas para fines de conservación y restauración?

Si

No

14) ¿Tiene proyectos para aumentar el número de colecciones vivas de orquideas con las especies amenazadas?

si

no

---

15) ¿Coopera con otras instituciones que contengan colecciones vivas de orquideas?

Si

no

Otros: \_\_\_\_\_

#### Especies seleccionadas

16) Origen de la muestra de *Cattleya trianae* Linden & Rchb.f. dentro de las colecciones de la institución

En caso de tener la especie.

Compra

Donación

Incautación

Recolección campo

Otros: \_\_\_\_\_

---

17) Proyectos en los que se incluye a *Cattleya trianae* Linden & Rchb.f.

Respuesta en caso afirmativa escribir nombre proyectos.

Tu respuesta \_\_\_\_\_

18) Origen de la muestra de *Cyrtochilum revolutum* (Lindl.) Dalström. dentro de las colecciones de la institución

- Compra
- Donación
- Incautación
- Recolección campo
- Otros: \_\_\_\_\_

19) Proyectos en los que se incluye a *Cyrtochilum revolutum* (Lindl.)

Respuesta en caso afirmativa escribir nombre proyectos.

Tu respuesta \_\_\_\_\_

20) Origen de la muestra de *Cyrtochilum revolutum* (Lindl.) Dalström dentro de las colecciones de la institución?

- Compra
- Donación
- Incautación
- Recolección campo
- Otros: \_\_\_\_\_

21) Proyectos en los que se incluye a *Masdevallia coccinea* Linden ex Lindl

Respuesta en caso afirmativa escribir nombre proyectos.

Tu respuesta \_\_\_\_\_

22) Origen de la muestra de *Masdevallia ignea* Rchb.f., dentro de las colecciones de la institución

- Compra
- Donación
- Incautación
- Recolección campo
- Otros: \_\_\_\_\_

23) Proyectos en los que se incluye a *Masdevallia ignea* Rchb.f.,  
Respuesta en caso afirmativa escribir nombre proyectos.

Tu respuesta \_\_\_\_\_

24) Origen de la muestra de *Oncidium alexandrae* (Bateman) M.W.Chase & N.H.Williams dentro de las colecciones de la institución

- Compra
- Donación
- Incautación
- Recolección campo
- Otros: \_\_\_\_\_

25) Proyectos en los que se incluye a *Oncidium alexandrae* (Bateman) M.W.Chase & N.H.Williams

Respuesta en caso afirmativa escribir nombre proyectos.

Tu respuesta \_\_\_\_\_

## Problemáticas

26) Principales problemáticas que ha presentado como institución para la realización de estrategias y proyectos para la conservación de orquídeas.

Económicos

Sistemática-taxonomía

Social

Cultivo

Otros: \_\_\_\_\_

Pregunta	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3	Respuesta 4
Nombre	Enmanuel Durán Gallego	Viviana Londoño Lemos	dora charly	juliet ruiz flores
Institución	Fundación Zoológica de Cali	Jardín Botánico de Cartagena "Guillermo Piñeres"	jardín botánico del Quindío	san jorge
Tipo	Fundación	Privada	fundación sin ánimo de lucro	corporación privada
1	Sí	Sí	Sí	Sí
2				
3	C. trianae, C. quadricolor, C. warsewiczii, Encyclia cordigera, Schomburgkia splendida, Oncidium fuscatum, Sobralia spp, Brassavola nodosa, Oncidium spp	Brassavola nodosa, Caularthron bilamellatum, Cyrtopodium paniculatum, Dimerandra elegans, Encyclia cordigera, Trichocentrum carthagenense, Trichocentrum cebolleta	colección en proceso, plantas epifitas en el bosque, humedo premontano	
4	Sí	No	No	No



5	ex situ	ex situ	In situ	ex situ
6				
7	Conservación de orquídeas de Bst en el Valle del Cauca			area especial, orquídea, terrestres y arbóreas
8	Avanzado	Avanzado	Atrasado	Atrasado
9	No	No	No	
10				
11	si	No		
12	Estamos en proceso	Estamos en proceso		Estamos en proceso
13	No	No		
14	si	si		si
15	Si	no	especialista en orquídeas	Si
16	Individuos obtenidos por cultivo in vitro	Compra		Donación, Recolección campo
17	Cattleya trianae en el departamento del Huila			
18		No tenemos esta especie	no conocimiento	
19				
20		NA		
21				
22		No tenemos esta especie		
23				
24		No tenemos esta especie		
25				
26	Requerimos más ayuda en cuanto a	Económicos, Cultivo	Falta de comunicaciones	Económicos, Sistemática-taxonomía, lesiones

	la escritura de artículos		diferentes partes del jardín	y enfermedades (pocos recursos para estos), robo
--	---------------------------	--	------------------------------	--

Pregunta	Respuesta 5	Respuesta 6	Respuesta 7	Respuesta 8
Nombre	Jairo López Guancha	Esteban Alvarez-Davila	Javier Andrés Cuayal Revelo	enrique renter5ia narriaga
Institución	Instituto Tecnológico del Putumayo	Jardín Botánico del Pacífico (JBP)	Jardin Botánico UTP	fundación jardín botánico del choco-jotaudo
Tipo	Pública	Privada	Pública	Privada
1	No	Sí	Sí	Sí
2			Opción 1	
3	nuestro Jardín no tiene colecciones como tal, según la red nacional de Jardines Botánicos somos un bosque eco sistémico del pie de monte amazónico	La colección botánica se encuentra en desarrollo y aún no tenemos especies identificadas	76 especies	Vainilla
4	No	Sí	No	No
5	In situ	In situ	In situ, ex situ	In situ
6	no se ha participado	Conservación de orquídeas en el Jardín Botánico del Pacífico		
7				
8		Aplazado		Medio
9	No	Sí	No	No
10		Identificación		
11	No	si	si	No
12	no	Estamos en proceso	si	no

13	No	No	Si	No
14	no	no	no	no
15	no	no	Si	no
16			Donación	
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26	Cultivo	Económicos	Económicos	Económicos

Pregunta	Respuesta 9	Respuesta 10	Respuesta 11
Nombre	Juan Camilo Ordóñez Blanco	Ana María Benavides	Alejandro Castaño Naranjo
Institución	Jardín Botánico José Celestino Mutis	Jardín botánico de Medellín	INCIVA
Tipo	Pública	Privada	Pública
1	Sí	Sí	Sí
2	Opción 1		
3	281 especies	Algunas nativas, pero una gran proporción ornamentales	Cattleya quadricolor, Encyclia betancourtiana, Catasetum ochraceum, Cyclopogon epiphyticus, Liparis nervosa, Jacquiniella globosa, Dimerandra emarginata, entre otras especies de Bosque seco tropical

4	Sí	Pero actualmente no tenemos proyectos activos	Sí
5	ex situ	ex situ	In situ, ex situ
6	Orquídeas de Cundinamarca, Orquídeas de San Antonio del Tequendama entre otros	Monitoreo del proceso de reintroducción de Epífitas en Santa Elena, Antioquia	Evaluación de poblaciones de Cattleya quadricolor
7	Aportes a la conservación de Masdevallia caudata		Evaluación de poblaciones de cattleya quadricolor; Orquídeas del Valle geográfico del río Cauca
8	Culminado	Avanzado	Culminado
9	No	No	No
10			Identificación, Distribución geográfica
11	si	No	si
12	si	si	si
13	Si	Si	Si
14	si	no	si
15	Si	no	Si
16	Compra, Donación, Incautación, Recolección campo	Compra, Donación	Incautación
17			
18	Recolección campo		
19	Relación fenología clima en un relicto de Bosque de la Calera		
20	Recolección campo		
21	Proyectos estudiantiles de Fenología		

22	Compra		
23	Fenología Reproductiva		
24	Compra		
25	Propagación in vitro		
26	Económicos, Social, Cultivo	Económicos	Económicos, Cultivo

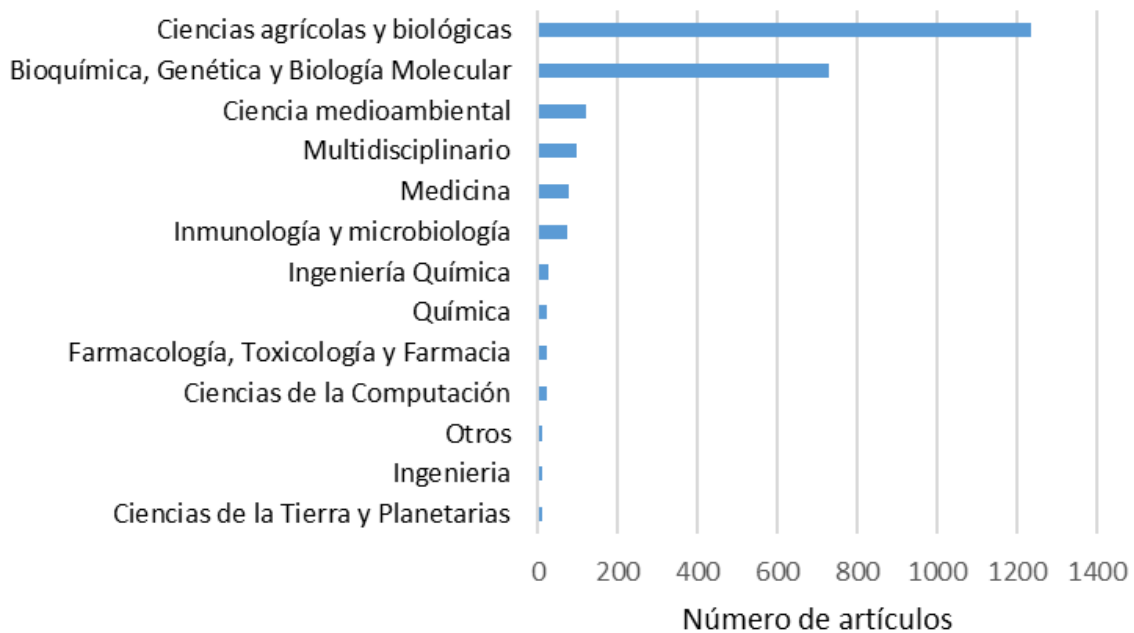
## Anexo 2

Información recopilada respecto a los jardines botánicos de la Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia.

Institución	Ubicación	Características
Jardín Botánico Quinta San Pedro Alejandrino	Santa Martha	Bosque nativo
Jardín Botánico Guillermo Piñeres	Turbaco (Bolívar) Cartagena	Bosque nativo protegido 4 ha 5 ha colecciones
Jardín Hidrobotánico Jorge Ignacio Hernández Camacho	CAUCASIA-cauca- Antioquia	7 ha reserva natural
Jardín Botánico Eloy Valenzuela	FLORIDABLANCA- Bucaramanga Santander	No data
Jardín Botánico del Pacífico & Reserva de Vida Salvaje	Playa Mecana, Bahía Solano, Chocó	170 ha reserva de Selva tropical húmeda, manglares y playa.
Jardín Botánico del Choco Jotauto	Quibdó – Chocó	43 ha humedal
Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe	Medellín	Bosque tropical Orquideorama
Jardín Botánico de la Universidad del Amazonas	Florencia-Caquetá	Bosque húmedo tropical

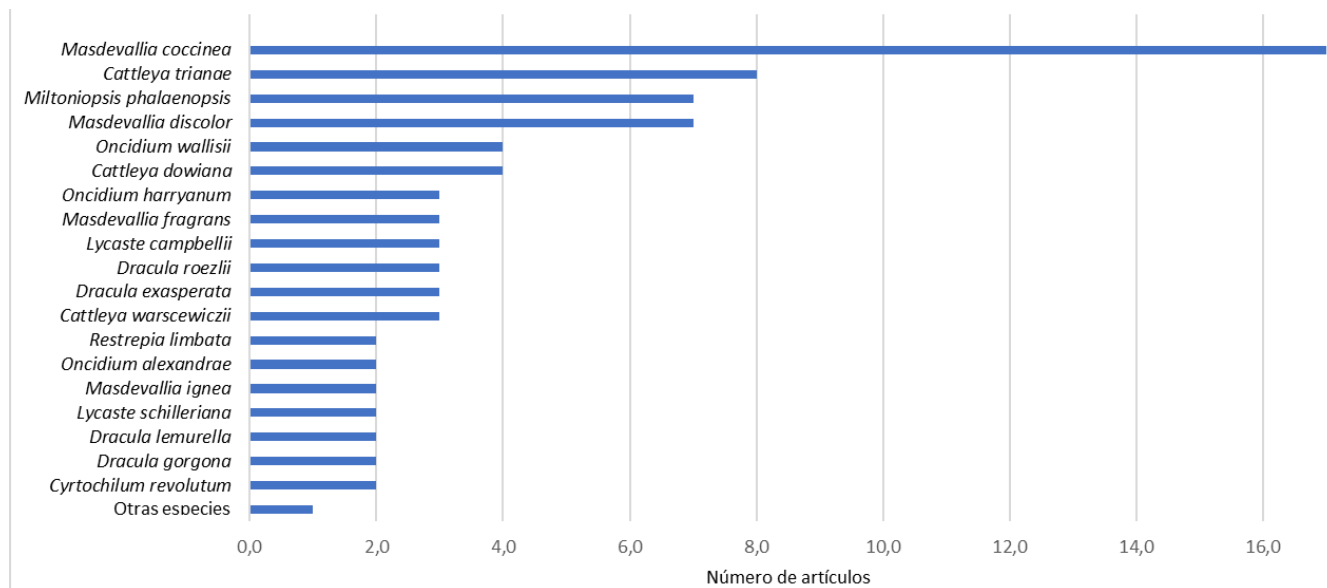
Jardín Botánico Tropical Amazónico Jarbota	Mocoa-putumayo	<i>Bosque</i> ecosistémico del pie de monte amazónico
Jardín Botánico de Plantas Medicinales del Centro Experimental Amazónico	Mocoa	Relictos bosques pie de monte amazónico 25 ha de Jardín
Jardín Botánico Alejandro Von Humboldt	Ibagué, Tolima	10 ha vegetación regional y bosque subandino.
Jardín Botánico San Jorge	Ibagué	60 ha
Jardín Botánico José Celestino Mutis	Bogotá	19 ha
Jardín Botánico del Quindío	Calarcá Quindío	Bosque subandino
Jardín Botánico Universidad de Caldas	Manizales, Colombia	No data
Jardín Botánico Juan María Céspedes	Tuluá Valle del Cauca	No data
Jardín botánico de Cali	Cali	154 ha, con bosque seco tropical
Jardín botánico universidad tecnológica de Pereira	Pereira	114 ha de bosque seco tropical
Jardín Botánico de San Andrés	San Andrés	0.2449 ha 0.3714 ha vivero 10,9 ha área boscosa 1,7 ha zona del humedal
Jardín Botánico de Popayán	Popayán	6 ha

### Anexo 3



Anexo 3. Clasificación por áreas temáticas de los artículos relacionados con genética resultantes de la búsqueda global (1990-2020). Obtenido de la base de datos Scopus.

#### Anexo 4



Anexo 4. Número de artículos publicados relacionados con genética para las especies relacionadas en la Resolución 1912 del 2017 en el período entre 1990 y 2020. Obtenido de la base de datos Ebscohost.