

**Biología reproductiva de tres especies  
de *Stenospermation* Schott (Araceae)  
con distribución simpátrica en el Parque  
Nacional Natural Selva de Florencia**

**Luna Mariana Arcila Ibáñez**

Universidad de Caldas  
Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Departamento De Ciencias Biológicas, Programa de  
Biología  
Manizales, Colombia  
2022

**Biología reproductiva de tres especies  
de *Stenospermation* Schott  
(Araceae) con distribución  
simpátrica en el Parque Nacional  
Natural Selva de Florencia**

**Luna Mariana Arcila Ibáñez**

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Bióloga**

Director (a):

MS. Ángela Natalia Castaño Rubiano

Codirector (a):

MS, PhD. Luis Alberto Núñez Avellaneda

Grupo de Investigación: BIONAT

Línea de Investigación: Botánica y biología reproductiva

Universidad de Caldas

Facultad Ciencias Exactas y Naturales, Departamento De Ciencias Biológicas, Programa  
de Biología

Manizales, Colombia

2022

*A mi familia, especialmente a mi madre por siempre  
encontrar interesante mi trabajo.*

## Agradecimientos

Agradezco de forma especial a la Universidad de Caldas, al programa de Biología y a todos sus docentes por la guianza y formación académica recibida.

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas por la financiación de este proyecto.

Al semillero de investigación en plantas y afines-PHYTOS y todos sus integrantes por acogerme y guiarme en el aprendizaje de la botánica.

Al sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y de forma especial al Parque Nacional Natural Selva de Florencia y a todo su personal por permitirme desarrollar este trabajo en este lugar.

A mis directores de tesis la profesora Ángela Natalia Castaño Rubiano y el profesor Luis Alberto Núñez Avellaneda por su gran apoyo y oportuna guianza y compañía en todo este proceso.

Al profesor Artur Campos D. Maia por mostrarme el maravilloso mundo de los aromas florales y enseñarme su técnica de trabajo. A los Biólogos Santiago Restrepo y Mauricio Posada por su ayuda en campo. A la estudiante de maestría Eliana Álvarez por su ayuda en laboratorio.

A la familia Molano por recibirme y acogerme cuando fue necesario y por su compañía en campo.

A mi familia por siempre acompañarme y apoyarme.

A mis amigos y compañeros de carrera por hacer mucho más grato mi paso por la universidad.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron, acompañaron y ayudaron a lo largo de mi paso por la universidad de Caldas.

## Resumen

El estudio de la biología reproductiva permite identificar los requerimientos importantes para llevar a cabo el proceso reproductivo en plantas; en el caso de especies emparentadas y en simpatria, estudios de este tipo permiten determinar las diferencias relevantes en las estrategias reproductivas, dando a conocer a su vez posibles mecanismos de aislamiento. Para el género neotropical *Stenospermation* Schott (Araceae) no se ha publicado ningún trabajo sobre su biología floral, reproductiva, o ecología. e propuso identificar la biología reproductiva de tres especies de *Stenospermation* con distribución simpátrica en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia y determinar si existían diferencias relevantes; esto mediante la identificación de la morfología, desarrollo y fenología floral, la identificación del sistema reproductivo, los visitantes florales y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) florales. Este estudio permite realizar el primer reporte sobre la biología reproductiva para el género *Stenospermation*, en tres de sus especies, además da a conocer diferentes mecanismos importantes en el aislamiento entre estas. Se encontró que los patrones reproductivos tanto a nivel morfológico como fenológico en las tres especies de estudio son similares; presentando pequeñas pero importantes diferencias en su comportamiento reproductivo. Gracias a este trabajo se concluye que los individuos de *Stenospermation* coexisten al parecer sin ningún impedimento y de manera exitosa en el área de estudio, donde en muchos casos las especies se encontraban coexistiendo incluso superpuestas, lo que posiblemente ocurra gracias a las pequeñas diferencias encontradas en los patrones reproductivos entre las tres especies.

**Palabras clave:** antesis, visitante floral, fenología, biología floral, compuestos volátiles.

## Abstract

The study of reproductive biology allows identifying crucial requirements to carry out the reproductive process in plants; in the case of related and sympatric plants, these kinds of studies allow for the determination of relevant differences in reproduction strategies, making known, at the time, possible isolation mechanisms. For neotropical *Stenospermation* Schott (Araceae) gender, there is no clear information yet about its floral biology, reproductive, or ecology. It was proposed to identify the reproductive biology in three *Stenospermation* species with sympatric distribution in Parque Nacional Natural Selva de Florencia and define if there were significant differences; all this through the identification of morphology, development and, floral phenology, the reproductive system identification, floral visitors and, floral organic volatile compounds (OVCs). This study makes possible the first report about reproductive biology for *Stenospermation* gender in three of its species and reveals different and important isolation mechanisms among them. It was found that the reproductive pattern morphological as phenological in the three studied species are similar; presenting slight but significant differences in their reproductive behavior. Due to all this, it can be concluded that *Stenospermation* beings coexist, it seems, without any impediment and successfully in the studied area, wherein many cases species were coexisting even overlapped what possibly happens because of the little differences found in the reproductive patterns between the species.

**Keywords:** anthesis, floral visitor, phenology, floral biology

## Tabla de contenido

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>4</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>5</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>11</b>
Zona de estudio y especies focales.....	11
Morfología floral.....	12
Desarrollo floral .....	13
Fenología floral.....	13
Volátiles florales .....	14
Sistema reproductivo.....	15
Visitantes florales .....	15
<b>Resultados</b> .....	<b>17</b>
Morfología floral.....	17
Desarrollo floral .....	23
Fenología floral.....	26
Volátiles florales .....	27
Visitantes florales .....	28
Sistema reproductivo.....	30
<b>Discusión</b> .....	<b>31</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>35</b>

## Introducción

El estudio de la biología reproductiva permite dar conocer los aspectos importantes relacionados con el momento reproductivo o de intercambio genético de la planta (Carreño & Núñez 2013) y la evolución de sus estrategias reproductivas, donde su resultado puede determinar el éxito reproductivo de una especie (Oliveira & Gibbs 2000; Núñez & Rojas 2008); su estudio abarca aspectos como la fenología reproductiva, la morfología y biología floral, el sistema reproductivo y la ecología de la polinización (Johri & Srivastava 2001; Costa & Cerdeira 2018); sin embargo, las estrategias reproductivas de la gran mayoría de las plantas son llevadas a cabo por mecanismos aún desconocidos, lo que se hace más evidente en el caso de plantas silvestres o sin fines comerciales; para la familia Araceae Juss., el estudio de su biología reproductiva y de otros aspectos relacionados con su ecología es incipiente y muchos de estos mecanismos apenas se empiezan a descubrir (Carreño & Núñez 2013), posiblemente debido a que es una de las familias más diversas de angiospermas, tanto en número de especies, como a nivel morfo-anatómico (Mayo *et al.* 1997).

La familia Araceae se encuentra distribuida en todos los continentes, es de gran importancia ecológica y presenta también un gran valor económico y cultural, ya que sus especies son ampliamente usadas de forma ornamental y suelen incluso ser consumidas o usadas como medicina por pueblos nativos de diferentes partes del mundo (Plowman 1967; Croat & Acebey 2015). En esta familia los mayores atractivos para los polinizadores son las fragancias emitidas desde las inflorescencias (Barabé 2000; Gibernau & Barabé 2002) y la presencia de una espata, que con el resto de características forma un microhábitat que sirve como refugio, protección, alimento y sitio de cópula; resultando particularmente atractivo para muchos insectos (Roy & Raguso 1997; Mackay *et al.* 2014); la tribu

Monstereae (Subfamilia Monsteroideae) es taxonómicamente el género de aráceas menos entendido en el neotropico (Grayum 2003; (Cedeño, Ortiz, Zuluaga, Grayum, & Croat, 2021); estas presentan un ciclo floral largo (Chouteau *et al.* 2007), y a diferencia de otras aráceas, la espata no forma una verdadera cámara floral (Barabé 2000; Gibernau & Barabé 2002) razón por la cual no se garantiza la permanencia de los polinizadores dentro de las inflorescencias, así que la planta debe atraerlos por medio de otras estrategias durante todo el periodo reproductivo (Barabé 2000; Gibernau & Barabé 2002; Gibernau 2003) que en ocasiones puede durar hasta un mes.

El género *Stenospermation* Schott al igual que otros géneros de la tribu Monstereae, presenta flores bisexuales, su espata no forma una cámara floral y suele presentar colores claros (Abdullah, Raus & Jamal 2011); es un género neotropical que crece desde el nivel del mar hasta los 2200 m y su mayor diversidad se encuentra entre los 400 y 1600 msnm, en bosques tropicales húmedos y lluviosos (Castaño-Rubiano 2011); este es el segundo género más difícil taxonómicamente y más desconocido de la familia (Gómez 1983, Castaño-Rubiano 2011), ha sido poco estudiado a nivel taxonómico y ecológico, y no se conoce ningún uso económico (Plowman 1967) y a pesar de representar un punto importante de la biodiversidad en Colombia donde presenta su mayor diversidad (Castaño-Rubiano 2011), su importancia ecológica, su potencial uso comercial y sus particulares características morfológicas, hasta la fecha no se ha publicado ningún trabajo sobre su biología floral, reproductiva, o ecología.

Por otra parte, el Parque Nacional Natural Selva de Florencia (PNN Selva de Florencia), constituido hace 15 años en una zona de postconflicto armado, representa el último fragmento de Bosque Pluvial Andino o Selva Andina, localizado en la Cordillera Central. En el parque se han realizado algunos inventarios florísticos ((Colparques 2019), sin embargo, ningún estudio se ha centrado en la biología reproductiva de las especies. Las condiciones medioambientales del parque son idóneas para el establecimiento y permanencia de especies de *Stenospermation*, por lo que se pueden encontrar seis especies, tres de las cuales coexisten de forma simpátrica; representando un sitio idóneo para estudiar la biología reproductiva en especies congénéricas; estudios de este tipo permiten dilucidar los aspectos relevantes sobre las estrategias reproductivas, estrategias de aislamiento y validar

los mecanismos involucrados en la especiación simpátrica, que en última instancia puede llevar a la diversificación de plantas y sus polinizadores (Núñez A., Isaza, & Galeano 2015).

Por todo lo anterior, este estudio buscó identificar la biología reproductiva de las especies *Stenospermation angustifolium* Hemsl., *Stenospermation weberbaueri* Engl. y *Stenospermation* sp1. presentes de forma simpátrica en el PNN Selva de Florencia y determinar si existían diferencias relevantes; esto mediante la identificación de la morfología, desarrollo y fenología floral, la identificación del sistema reproductivo, los visitantes florales y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) florales. Este estudio permite realizar el primer reporte sobre la biología reproductiva para el género *Stenospermation*, en tres de sus especies, además da a conocer diferentes mecanismos importantes en el aislamiento entre estas; representa además el primer estudio de biología reproductiva realizado en el PNN Selva de Florencia, visibilizándolo como un área de interés para el estudio no solo de la botánica, sino también para entender diferentes procesos biológicos, como procesos reproductivos; lo que puede ayudar a la conservación de especies de plantas y organismos asociados a estas, y los ecosistemas que los albergan.

# 1. Materiales y métodos

## 1.1 Zona de estudio y especies focales

El Parque Nacional Natural Selva de Florencia se localiza sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central, al oriente del Departamento de Caldas, en zona limítrofe de los municipios de Samaná y Pensilvania en jurisdicción de los corregimientos de Florencia y Encimadas (Samaná), y Pueblo Nuevo (Pensilvania). Tiene una extensión de 10019 hectáreas, abarcando las cuencas hidrográficas de los ríos La Miel y Samaná Sur, afluentes del Río Magdalena, entre los 850-2400 m.s.n.m., comprende mayormente el bioma de Bosque Húmedo Subandino y una pequeña porción en Bosque Húmedo Altoandino; es de importancia estratégica en la regulación hídrica, con un promedio de 8000 mm de precipitación anual, sobresaliendo como una de las zonas más lluviosas del país (Colparques 2019).

Se realizaron muestreos cada 20 días durante siete meses (diciembre 2020-junio 2021); en el mes diciembre, se realizó una salida exploratoria, donde se registró la presencia de poblaciones simpátricas de las especies *Stenospermation angustifolium* Hemsl., *Stenospermation weberbaueri* Engl. y una denominada *Stenospermation* sp1. Con base en dicha información, se establecieron tres puntos de muestreo denominaron: Bocatomas (N: 05° 31.358', W:075° 0.3680', A:1780 msnm), La Estrella (N: 05° 31.03', W: 075° 02.427', A: 1628 msnm) y San Lucas (N: 05° 30.707', W: 075° 03.136', A 1637 msnm). En todos los puntos de muestreo se contó con la presencia de varios individuos (*S. angustifolium*: 14, *S. weberbaueri*: 10, *S. sp1*: 9 )y en muchos casos estos individuos se encontraban coexistiendo en el mismo lugar, incluso entrelazados.

*S. angustifolium* es una planta de porte pequeño, terrestre o hemiepífita. Es una de las especies más ampliamente distribuidas (Boyce & Croat 2018), sus tallos son pequeños,

erectos que van de 40 a 70 cm con hojas dísticas distribuidas sobre él; las inflorescencias crecen completamente pendulas; sus flores son irregularmente romboicas; los frutos pueden ser de blanco a amarillo-naranja y tienen cuatro semillas que van de amarillo a café (Castaño-Rubiano 2011).

*S. weberbaueri*, es una especie de porte mediano, distribuida en Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Perú y Venezuela; sus tallos son erectos y pueden medir hasta 100 cm, sus hojas crecen erectas y se distribuyen de forma dística a lo largo del tallo, sus inflorescencias crecen de la misma forma; las flores son hexagonales color crema y frutos café claro que pueden tener de cuatro a 13 semillas que van de amarillo oscuro a café (Castaño-Rubiano 2011).

*S. sp1* es una especie terrestre de porte grande, sus tallos son erectos; sus hojas crecen erectas y se distribuyen de forma dística sobre él; sus inflorescencias crecen de la misma forma; flores hexagonales color blanco, flores apicales en el espádice son estériles; estambres blancos expuestos tras la antesis masculina, persistentes, y color café cuando secan. Frutos blancos a blanco crema que contienen de una a seis semillas café claro.

## 1.2 Morfología floral

Para determinar la morfología floral se siguió el procedimiento propuesto por Núñez & Rojas (2008), donde se identificaron y marcaron los individuos adultos reproductivos, registrando todas las características y cambios morfológicos; las inflorescencias se midieron con un metro y un calibrador, y la coloración se definió utilizando la carta de colores RHS mini color chart de la Royal Horticultural Society. Se determinó el número de espirales por inflorescencias y el número de flores por inflorescencias multiplicando el número de flores de un espiral principal por el total de espirales. para determinar el tamaño de flores, frutos y semillas se fotografiaron utilizando un estereoscopio y se usó el programa ImageJ 1.8.0\_172(70MB) para procesar las imágenes; para determinar si existe diferencias morfológicas entre especies se realizaron ANOVAS en el paquete estadístico R Studio 64

4.1.1 comparando cada fase de desarrollo y se obtuvo la media y desviación estándar para cada grupo de datos.

### **1.3 Desarrollo floral**

Para el seguimiento del desarrollo floral se siguió el procedimiento propuesto por Núñez & Rojas (2008) y Prieto & Marín (2017), registrando todas las características y cambios morfológicos a lo largo del ciclo de desarrollo de las inflorescencias, en individuos previamente identificados; fueron definidas cinco fases de desarrollo para las inflorescencias (en botón, inmadura, en preantesis, en antesis y en postantesis) y dos fases para las infrutescencias (en formación, madura) por medio de observación directa.

El momento de antesis se definió como el momento reproductivo de las inflorescencias, donde sus estigmas se encontraban receptivos, se presentó la liberación del polen, liberación de compuestos orgánicos volátiles (COVs) florales y posible producción de calor (Carreño & Núñez 2013); durante el momento de antesis se realizaron observaciones cada diez minutos desde el inicio de la antesis hasta el momento de finalización donde se secaban completamente los estigmas y se perdía todo el polen liberado, registrando: hora de inicio, duración, presencia de recompensas (fluido estigmático, polen), receptividad estigmática (determinando cambios en el estigma como presencia de fluido estigmático y coloración), presentación del polen, liberación de volátiles y presencia de visitantes.

### **1.4 Fenología floral**

Se realizaron observaciones cada 20 días desde diciembre del 2020 hasta junio del 2021, registrando la ocurrencia floral (presencia/ausencia) y estadio floral en individuos marcados anteriormente, aunque los datos se colectaron de tres sitios distintos, se analizó la información para toda la población según lo sugerido por Barbosa *et al.* (2021); se determinó la intensidad de floración por especie y a nivel poblacional, para esto se obtuvo el porcentaje de floración por mes, considerando un evento asincrónico cuando menos del 20% de los individuos está florecido, sincronía baja cuando entre 21 y 60% de los individuos está

florecido y sincronía alta cuando más del 60% de los individuos florece al mismo tiempo (Bencke & Morellato 2002, Núñez & Rojas 2008).

Se obtuvo la relación clima-fenología floral, usando datos de precipitación, humedad relativa y radiación lumínica de la estación climatológica AQUARIUS Time-Series 20.2.207.0 ubicada en el área de estudio. Los datos analizados comprendieron el periodo de desde diciembre 2020 hasta junio 2021, y se usaron los promedios por día de cada variable entre las fechas de muestreo, según lo sugerido por Peñuela, Bustillos-Lema, Álvarez-Solas, & Núñez-Avellaneda (2019) con la finalidad de determinar si estas variables influyen en la incidencia de floración total y de cada especie. Asimismo, durante uno de los meses de muestreo, se tomaron datos de la incidencia de luz sobre cada individuo utilizando un Luxómetro Uni-t Ut-383 0-200.000 Lux, estos datos se compararon con la producción de estructuras reproductivas durante ese mes. Para analizar la relación existente entre las variables climáticas y la producción de estructuras reproductivas se realizaron regresiones lineales múltiples, utilizando el paquete estadístico R Studio 64 4.1.1.

## 1.5 Volátiles florales

La extracción de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) florales (aromas florales), se realizó *in situ* usando la técnica de adsorción de “dynamic headspace” o espacio de cabeza dinámico (Knudsen y Tollsten 1993, modificada por Jürgens *et al.* 2009). Es una técnica que se basa en un espacio o cámara que contiene la muestra a analizar, la entrada y salida de aire permanece constante, evitando que se acumulen compuestos que alteren la producción de volátiles (Tholl & Röse 2008). Este es un método no invasivo y permite muestrear sin perjudicar el organismo de estudio. Inicialmente se identificó el momento de anthesis de cada inflorescencia y se aisló de forma individual en bolsas de poliacetato, que fueron unidas a tubos de vidrio silinizado y Cromatoprobos. que contenían Tenax Gr como adsorbente, la muestra se acondicionó por diez minutos para permitir la concentración de volátiles en el espacio de cabeza; posterior a estos diez minutos, se realizó la extracción de compuestos por una hora, ya que la intensidad de los aromas fue muy bajo o poco perceptible en las tres especies; para esto se utilizó una bomba de extracción de aire modelo G 12/01 EB, ASF Thomas, Inc., Alemania, para succionar el aire perfumado, a un

flujo constante de salida de 250 ml/min. La desorción de las muestras se realizó utilizando 400 µl de acetona y se almacenaron en viales cromatográficos de vidrio, en un congelador (Carreño & Núñez 2013). Las muestras se analizaron en el espectrómetro de masas acoplado a un cromatógrafo de gases (GC-MS) GCMS-QP2010 del laboratorio de Cromatografía y técnicas Afines de la Universidad de Caldas y en el Laboratorio de Ecología Química de la Universidad Federal de Pernambuco; para identificar los compuestos químicos se realizaron comparaciones de espectros de masa y tiempo e índices de retención con compuestos de referencia disponibles en librerías de compuestos (Carreño & Núñez 2013; Maia et al. 2018; Brieva, Maia, & Núñez, 2020), además tras identificar los compuestos se obtuvo el porcentaje de similitud, el Índice de Kovats experimental y la abundancia de cada compuesto, de acuerdo al porcentaje de área del pico; finalmente se realizaron comparaciones entre los volátiles obtenidos de las inflorescencias en fases masculinas y femeninas.

## **1.6 Sistema reproductivo**

Para identificar el sistema reproductivo de cada especie y determinar el proceso que se encarga de mediar la reproducción, o si es posible un tipo de apomixis (Cardoso *et al.* 2018) se realizaron ensayos de aislamiento reproductivo en campo, identificando inflorescencias en los primeros estadios de desarrollo (botón, inflorescencia inmadura), que se encontraran en buen estado fitosanitario. Se embolsaron utilizando pequeñas bolsas de elastano, que después de ser puestas no se retiraron hasta terminado el ciclo reproductivo o hasta que la inflorescencia se descompusiera, para así determinar si ocurrió la formación de frutos o si se produjeron semillas.

## **1.7 Visitantes florales**

Con el fin de identificar los visitantes florales, se siguió la metodología planteada por Carreño & Núñez (2013) y Brieva, Maia, & Núñez (2020). se realizaron observaciones a las inflorescencias en fase de anthesis masculina y femenina cada diez minutos, reportando los morfotipos de insectos visitantes y su comportamiento en las inflorescencias, teniendo en cuenta hora de llegada, permanencia en la inflorescencia, tipo de contacto, tipo de actividad

realizada y tipo de recurso aprovechado; asimismo, se determinó el promedio de visitantes por inflorescencia y la abundancia total de cada morfoespecie de insecto en las inflorescencias, esto mediante la suma de todos los individuos observados en la totalidad de las inflorescencias en antesis. A fin de conocer los grupos taxonómicos de visitantes en cada especie, se realizaron colectas manuales de los insectos, los cuales se almacenaron y transportaron en frascos plásticos con alcohol al 90%. Los insectos fueron determinados taxonómicamente en el laboratorio de Colecciones Biológicas de la Universidad de Caldas, mediante el uso de claves taxonómicas y la colaboración de expertos en los grupos de insectos.

## 2. resultados

### 2.1 Morfología floral

Se midieron en total 7 inflorescencias maduras, 168 flores, 281 frutos y todas las semillas de los frutos medidos (tabla 1). Las inflorescencias de *Stenospermaton angustifolium*, *Stenospermaton weberbaueri* y *S. sp1*, son de tipo espádice, donde se ubican de 22 a 25 flores según la especie, estas son de 2.18 mm en *S. weberbaueri* y de 1.19 mm en *S. angustifolium*, mientras que en *S. sp1* no se obtuvieron medidas debido a la disponibilidad de muestras en el área de estudio; además del tamaño, estas inflorescencias son similares en su coloración tanto del espádice que es de color blanco como de la espata que puede ser de blanca a color marfil y el pedúnculo que es verde para todas las especies; en la figura 1 se puede observar la morfología de las inflorescencias maduras en sus dos fases de antesis.

Los resultados obtenidos muestran que en general *S. sp1* es de mayor tamaño tanto en sus partes vegetativas, como en el espádice, seguida de *S. weberbaueri* que es de porte mediano en contraste con *S. sp1* y *S. angustifolium* que es la especie de menor tamaño tanto en estructuras vegetativas como reproductivas, el promedio para el largo del espádice en esta especie es de 26,9 mm; seguida de *S. weberbaueri* que presenta un espádice de 47,5 mm y finalmente *S. sp1* con un espádice 80,0 mm; para el largo de la espata las medidas promedio son de 57,5 mm, 64,5 mm y 96,0 mm para *S. angustifolium*, *S. weberbaueri* y *S. sp1* respectivamente (tabla 1); sin embargo, tras realizar los análisis estadístico se determinó que las diferencias observadas no son relevantes para ninguna estructura vegetativa o reproductiva entre las especies.

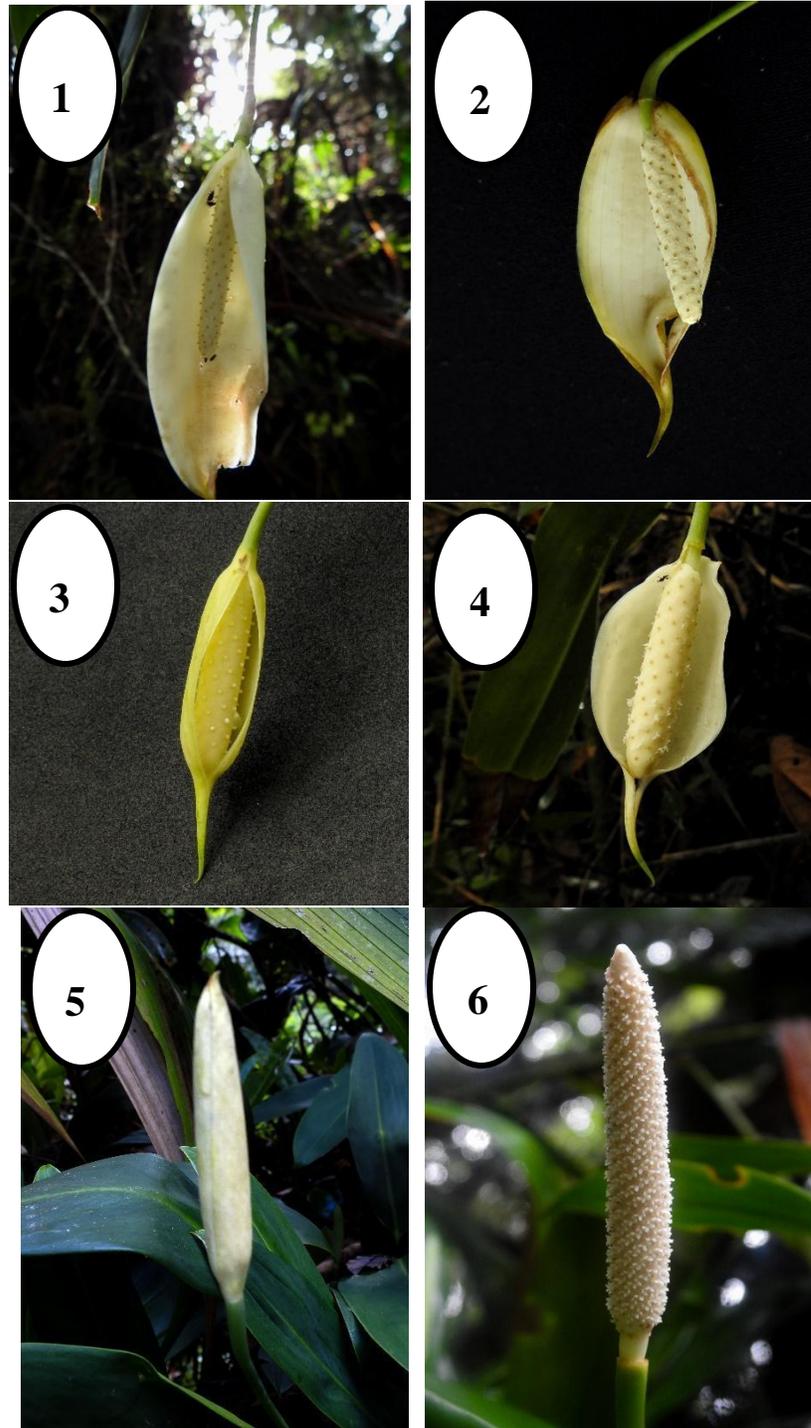
**Tabla 1.** Morfología floral de las especies de *Stenospermation* en el PNN Selva de Florencia. Se muestra la media, desviación estándar y entre paréntesis el tamaño de la muestra de cada carácter; todas las medidas están dadas en milímetros (mm).

Estado floral	Carácter	Especies		
		<i>S. angustifolium</i>	<i>S. weberbaueri</i>	<i>S. sp1</i>
Inflorescencia en botón	Pedúnculo largo	104,87 ± 78,12 (10)	117,95 ± 18,31 (2)	280,5 ± 0,70 (2)
	Pedúnculo ancho	1,63 ± 1,13 (10)	2,05 ± 0,070 (2)	3,95 ± 0,70 (2)
	Espata largo	54,84 ± 16,25 (10)	61,55 ± 9,26 (2)	77,5 ± 17,67 (2)
	Espata ancho	14,30 ± 17,62 (10)	6,9 ± 2,96 (2)	4,5 ± 0,70 (2)
Inflorescencia inmadura	Pedúnculo largo	140,62 ± 70,41 (23)	165,17 ± 41,54 (6)	294,80 ± 36,62 (23)
	Pedúnculo ancho	1,47 ± 0,64 (23)	2,21 ± 0,40 (6)	3,77 ± 0,66 (23)
	Espata largo	55,49 ± 6,52 (23)	63,45 ± 11,41 (6)	77,63 ± 11,09 (23)
	Espata ancho	4,91 ± 0,90 (23)	9,98 ± 6,43 (6)	16,76 ± 18,31 (23)
Inflorescencia en antesis	Pedúnculo largo	88 ± 4,24 (2)	195 ± 7,07 (2)	243,53 ± 70,26 (3)
	Pedúnculo ancho	1,5 ± 0,70 (2)	1,75 ± 0,35 (2)	3,66 ± 1,15 (3)

	Estipe largo	4,3 ± 0,42 (2)	3,75 ± 0,35 (2)	5,0 ± 1,0 (3)
	Estipe ancho	2 ± 0,0 829	2,05 ± 0,70 (2)	5,6 ± 1,21 (3)
	Espata largo	57,5 ± 0,70 (2)	64,5 ± 3,53 (2)	96,0 ± 1,0 (3)
	Espata ancho	24,45 ± 0,63 (2)	32,5 ± 0,70 (2)	55,0 ± 2,64 (3)
	Espádice largo	26,9 ± 1,41 (2)	47,5 ± 2,12 (2)	80,0 ± 8,66 (3)
	Espádice ancho	4,0 ± 0,0 (2)	8,0 ± 0,0 (2)	1,06 ± 2,08 (3)
Inflorescencia en postantesis	Pedúnculo largo	108,50 ± 61,39 (5)	229,47 ± 37,220 (8)	313,10 ± 26,07 (22)
	Pedúnculo ancho	1,16 ± 0,35 (5)	1,88 ± 0,36 (8)	3,70 ± 0,68 (22)
	Estipe ancho	3,80 ± 0,83 (5)	4,25 ± 1,36 (8)	5,17 ± 0,85 (22)
	Espata largo	2,60 ± 0,54 (5)	3,96 ± 0,61 (8)	5,45 ± 1,45 (22)
	Espádice largo	44,5 ± 8,60 (5)	45,98 ± 5,47 (8)	70 ,97 ± 11,02 (22)
	Espádice ancho	5,60 ± 1,34 (5)	8,51 ± 0,73 (8)	11,25 ± 4,70 (22)
Infrutescencia en formación	Pedúnculo largo	139,30 ± 35,5 (20)	233,78 ± 32,96 (16)	308,20 ± 14,69 (5)
	Pedúnculo ancho	1,55 ± 0,45 (20)	2,08 ± 0,48 (16)	3,80 ± 0,83 (5)

	Estipe largo	3,40 ± 0,54 (20)	3,94 ± 1,06 (16)	6,00 ± 1,58 (5)
	Estipe ancho	2,20 ± 0,41 (20)	3,90 ± 0,83 (16)	5,66 ± 1,35 (5)
	Espádice largo	42,25 ± 8,03 (20)	4,15 ± 5,24 (16)	73,00 ± 22,60 (5)
	Espádice ancho	7,26 ± 4,03 (20)	8,68 ± 1,48 (16)	11,3 ± 1,64 (5)
Flores	Ovario alto	1,19 ± 0,29 (83)	2,18 ± 0,47 (85)	
	Ovario ancho	1,30 ± 0,29 (83)	2,01 ± 0,39 (85)	
	Zona estilar largo	1,88 ± 0,26 (83)	3,18 ± 0,56 (85)	
	Zona estilar ancho	1,58 ± 0,17 (83)	2,52 ± 0,53 (85)	
	Estigma largo	0,47 ± 0,25 (83)	0,62 ± 0,36 (85)	
	Estigma ancho	0,37 ± 0,22 (83)	0,43 ± 0,26 (85)	
	Lóculos ancho	1,53 ± 118,79 (83)	1,54 ± 0,42 (85)	
	Lóculos largo	2,88 ± 163,01 (83)	1,24 ± 0,35 (85)	
	Teca largo	0,42 ± 0,11 (83)	0,67 ± 0,23 (85)	
	Teca ancho	0,29 ± 0,05 (83)	0,45 ± 0,15 (85)	

	Filamento largo	0,61 $\pm$ 0,25 (83)	1,30 $\pm$ 0,55 (85)	
	Filamento ancho	0,37 $\pm$ 0,11 (83)	1,67 $\pm$ 117,05 (85)	
Frutos	Ovario alto	2,37 $\pm$ 0,98 (144)	3,93 $\pm$ 2,54 (127)	2,92 $\pm$ 0,71 (10)
	Ovario ancho	2,42 $\pm$ 0,80 (144)	3,24 $\pm$ 0,77 (127)	3,39 $\pm$ 0,60 (10)
	Zona estilar largo	2,87 $\pm$ 0,63 (144)	4,01 $\pm$ 0,53 (127)	3,75 $\pm$ 0,53 (10)
	Zona estilar ancho	2,32 $\pm$ 0,55 (144)	3,10 $\pm$ 0,48 (127)	2,19 $\pm$ 0,61 (10)
	Estigma largo	0,51 $\pm$ 0,32 (144)	0,72 $\pm$ 0,29 (127)	0,45 $\pm$ 0,08 (10)
	Estigma ancho	0,38 $\pm$ 0,32 (144)	0,44 $\pm$ 0,47 (127)	0,33 $\pm$ 0,07 (10)
Semillas	Semilla largo	1,95 $\pm$ 0,21 (185)	2,13 $\pm$ 0,22 (229)	2,11 $\pm$ 0,09 (19)
	Semilla ancho	1,30 $\pm$ 0,25 (185)	1,21 $\pm$ 0,23 (229)	1,49 $\pm$ 0,19 (19)



**Figura 1.** Morfología de las inflorescencias maduras de *Stenospermation* en fase femenina y masculina. (1) Antesis femenina de *S. angustifolium*, (2) Antesis

masculina de *S. angustifolium*, (3) Antesis femenina de *S. weberbaueri*, (4) Antesis masculina de *S. weberbaueri*, (5). Antesis femenina de *S. sp1* y (6) Antesis masculina de *S. sp1*

## 2.2 Desarrollo floral

Se realizó el seguimiento a 106 inflorescencias durante todo su ciclo de desarrollo; determinando así que el desarrollo floral de *Stenospermation* comprende seis etapas desde la formación del botón floral hasta que inicia la formación de los frutos, pasando por: inflorescencia inmadura, inflorescencia en preantesis, inflorescencia en antesis e inflorescencia en postantesis; en la primera etapa la espata de color verde oscuro se encuentra bien enrollada sobre el espádice, y la inflorescencia no ha emergido completamente de la vaina; en la segunda etapa la inflorescencia emergió completamente de la vaina, la espata permanece bien enrollada sobre el espádice y conserva el mismo color; para la tercera etapa la espata empieza a tornarse más clara, su color es de verde claro a amarillo crema, además empieza a soltarse un poco del espádice; en la cuarta etapa se presenta todo el proceso de antesis, donde la espata color blanco a blanco marfil o amarillo crema, abre exponiendo el espádice blanco y a su vez las flores receptivas, para finalmente caer; en la quinta etapa el espádice empieza a tornarse más oscuro con un color que va de amarillo crema a café claro y las flores ya no se encuentran receptivas; finalmente en la sexta etapa si las flores fueron fecundadas el espádice se ha oscurecido casi en su totalidad a un color café claro y las flores empiezan a engrosarse para dar inicio a la formación de los frutos. Las inflorescencias requieren de aproximadamente dos meses para atravesar este proceso desde el inicio hasta la etapa de postantesis y aproximadamente 20 días después si las flores fueron fecundadas se inicia la formación de frutos. En las tres especies muestreadas se presentó el mismo patrón de desarrollo, tanto en la morfología y tamaño de las estructuras florales como en su tiempo de desarrollo (Tabla 1; Figura 2).

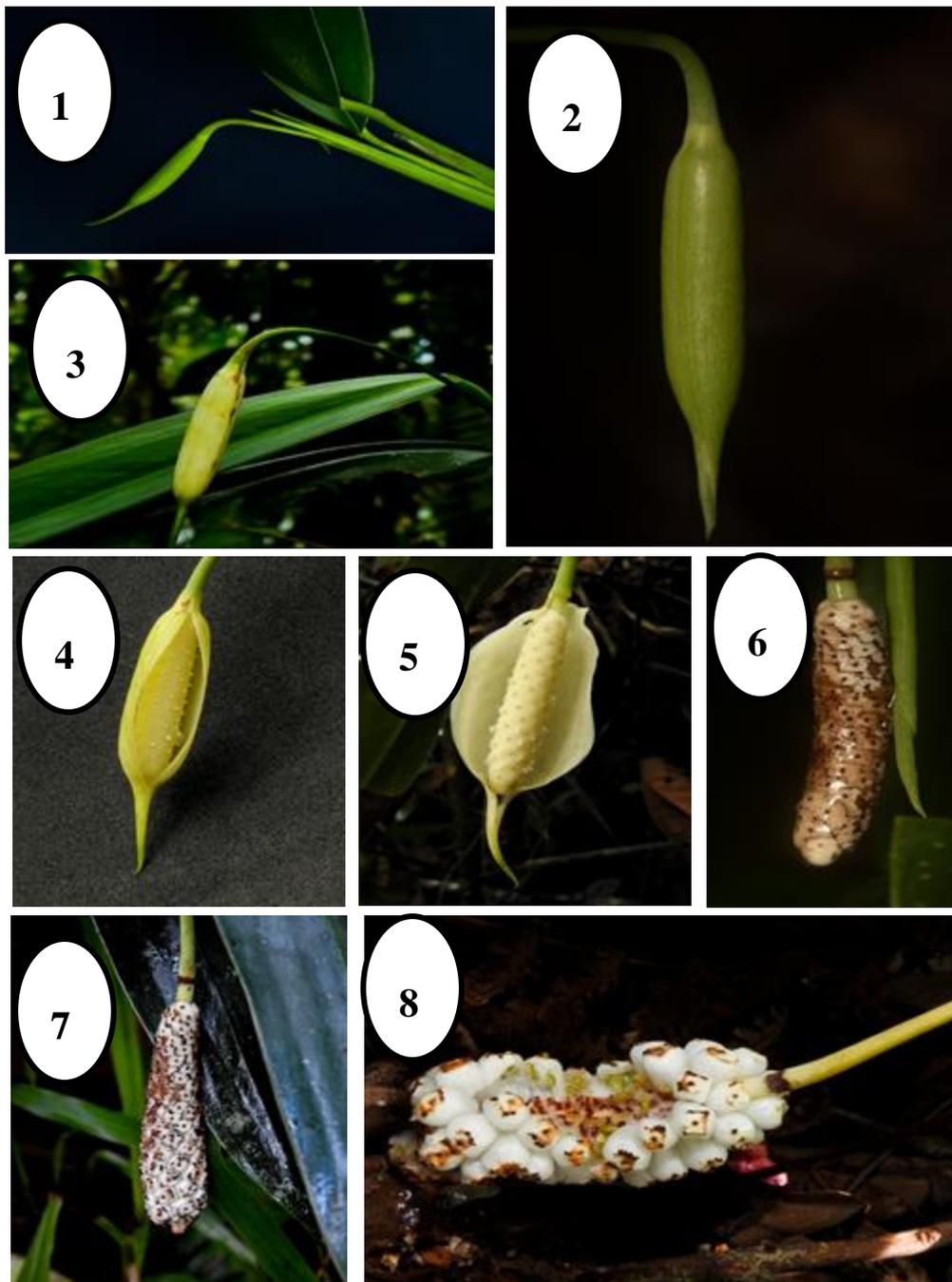
Durante el momento de antesis se observaron todas las inflorescencias encontradas en este fase; determinando que en esta ocurre primero la fase femenina donde la inflorescencia empieza a producir aromas y la espata abre parcialmente para dar entrada a los visitantes que son siempre insectos, luego esta se cierra dejando los insectos en su interior, durante un periodo que puede durar desde 24 hasta 48 horas según la especie, finalmente la espata abre completamente para dar paso a la fase masculina, momento en

el cual esta se rasga y cae de la inflorescencia, dando por terminado el momento de antesis. Para todas las especies el momento de apertura de la espata fue el tiempo en el cual se registró la mayor emisión de volátiles y actividad de visitantes florales.

De la especie *S. weberbaueri* se observaron 30 inflorescencias. La espata es de color blanco; su tiempo de apertura es siempre de 3 horas, comprendidas siempre entre las 14:00 y 17:00, la fase femenina inicia con la apertura de la espata un primer día para dar paso a los visitantes, culminado el tiempo de apertura de la espata, esta se cierra. Este proceso se repite un segundo día durante el cual las flores están aún en antesis femenina y finalmente el último día de antesis la espata abre completamente, dando paso a la fase masculina que dura también tres horas. En esta especie los estambres no se exponen durante la antesis masculina y el polen es liberado en forma de polen kit (Figura 2).

En *S. angustifolium* se observaron 8 inflorescencias en antesis, la espata es de color marfil a amarillo crema; su tiempo de apertura es generalmente de cuatro horas, que pueden estar comprendidas entre las 8:00 y las 13:00, la fase femenina inicia con la apertura de la espata un primer día para dar paso a los visitantes, culminado el tiempo de apertura de la espata esta se cierra para abrir al día siguiente, dando paso a la fase masculina; presentando un ciclo completo de dos días. En esta especie los estambres no se exponen durante la antesis masculina y el polen es liberado en forma de polen kit (Figura 2).

De *S. sp1* se observaron 4 inflorescencias en antesis, debido a que no hubo mucha disponibilidad de inflorescencias en esta etapa durante el tiempo de muestreo; la espata es blanca, su tiempo de apertura es generalmente de cuatro horas, que pueden ocurrir entre las 4:00 y las 8:00 y su ciclo completo tiene una duración de dos días, donde la fase femenina inicia con la apertura de la espata un primer día para dar paso a los visitantes, culminado el tiempo de apertura de la espata esta se cierra para abrir al día siguiente, dando paso a la fase masculina. En esta especie durante la antesis masculina el polen es liberado en forma de polen kit, sin embargo, antes de terminar la antesis masculina los estambres son expuestos completamente (Figura 2).



**Figura 2.** Desarrollo floral de *S. weberbaueri*: (1) inflorescencia en botón; (2) inflorescencia inmadura; (3) inflorescencia en preantesis; (4) inflorescencia en antesis femenina; (5) inflorescencia en antesis masculina; (6) inflorescencia en postantesis; (7) infrutescencia en formación; (8) infrutescencia madura.

## 2.3 Fenología floral

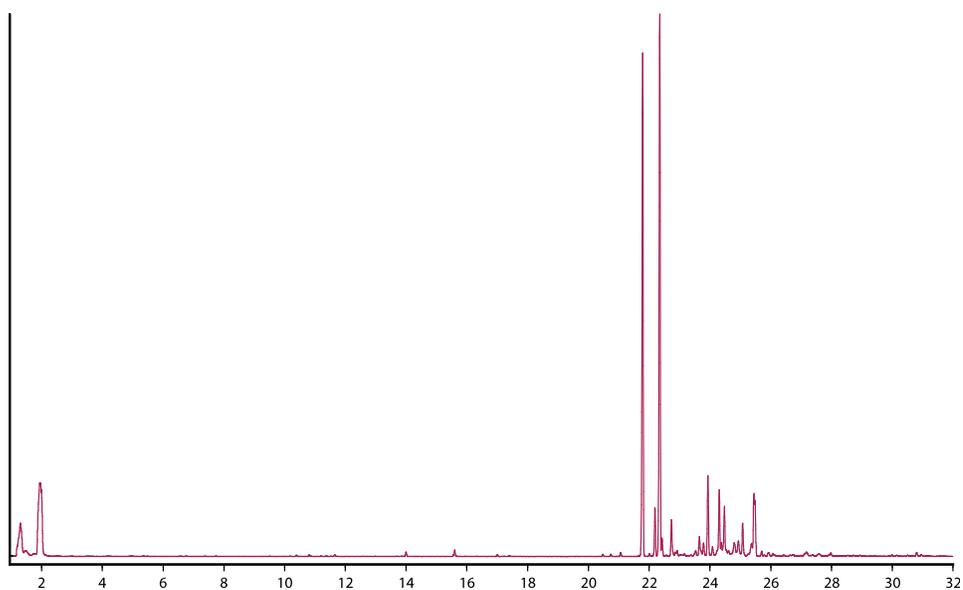
Se observaron 33 individuos de tres especies de *Stenospermation*, 14 de *S. angustifolium*, 10 de *S. weberbaueri* y 9 de *S. sp1* durante siete meses, tiempo donde se registró la producción de 754 estructuras reproductivas; el periodo de floración se extiende durante todo el tiempo de muestreo, sin embargo la mayor actividad reproductiva se presentó en el mes de junio para *S. angustifolium* y *S. weberbaueri* con una producción de 135 y 152 estructuras reproductivas respectivamente. Durante este tiempo, el promedio de precipitación por día fue de 21.20 mm. Por otro lado, la mayor actividad reproductiva en *S. sp1* fue durante el mes de mayo, cuando se registraron 16 estructuras reproductivas, tiempo durante el cual se presentó un promedio de precipitación por día de 21.32 mm. Se puede observar que las tres especies presentan su ciclo de floración en el mismo periodo de tiempo, siendo los meses de mayor floración mayo y junio, los cuales son algunos de los meses con mayor promedio de precipitación por día y mayor radiación solar (mayo: 158.02 W/m<sup>2</sup>, junio: 168.72 W/m<sup>2</sup>); por el contrario, su menor actividad reproductiva parece no tener relación con ninguna variable ambiental, ya que su menor actividad se presenta durante el mes de diciembre, mes que presenta el mayor promedio de precipitación por día y los meses de enero febrero y marzo, meses que presentan un promedio de precipitación media y baja por día; finalmente, la humedad relativa presenta valores sin mucha fluctuación en el tiempo y parece no influir en ninguna característica reproductiva de las plantas. Se determinó que las variables climáticas medidas no influyen en la ocurrencia de floración en ninguna de las especies, donde todas las interacciones tuvieron una relación mayor al 0.05 (p valor: precipitación: 0.469, humedad: 0.576, radiación: 0.214), al igual que la incidencia lumínica sobre la planta, que tampoco influye sobre la cantidad de flores producidas por individuo (p valor: incidencia lumínica: 0.823).

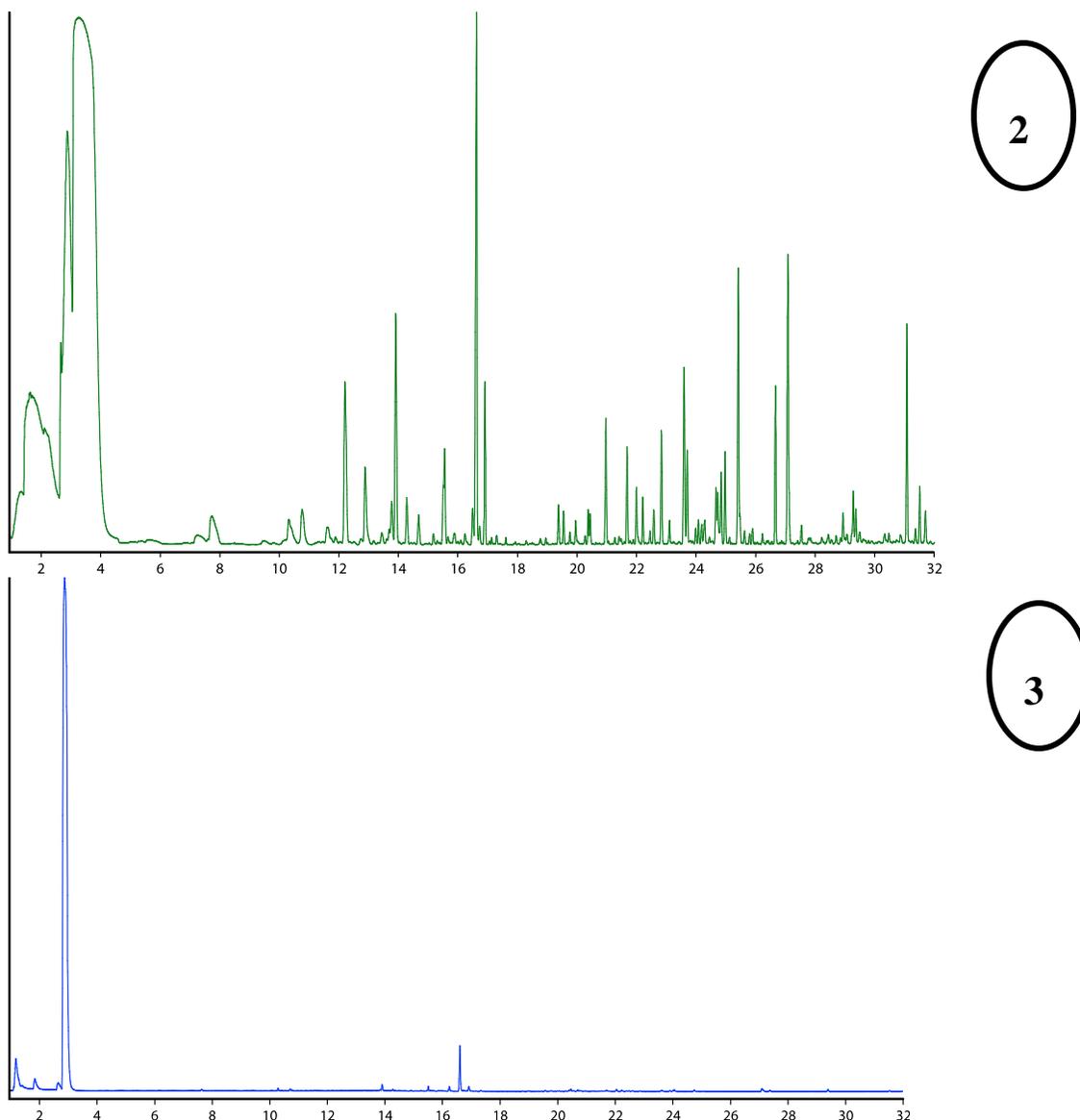
En cuanto a la sincronía de floración *S. angustifolium* y *S. weberbaueri* presentaron floración asincrónica entre diciembre del 2020 y abril del 2021, y con sincronía baja durante mayo y junio, mientras que *S. sp1* presentó floración asincrónica entre diciembre del 2020 y marzo del 2021, posteriormente presentó dos meses de floración con sincronía baja y finalmente en el mes de junio su floración fue asincrónica nuevamente. Para la sincronía de floración poblacional se encontró que la sincronía de floración es baja en todos los meses, ya que su

porcentaje de floración se encuentra entre el 21% y 60%, exceptuando el mes de diciembre donde se presentó una floración asincrónica con el 20% (7) de los individuos florecidos.

## 2.4 Volátiles florales

Se realizó la extracción de 42 muestras volátiles, de las cuales se logró analizar una muestra para cada especie, encontrando que en general las mezclas de volátiles de *Stenospermation* se encuentran dominadas por pocos compuestos químicos, encontrando así que para *S. angustifolium* la muestra volátil está compuesta por compuestos del grupo de sesquiterpenos, para *S. weberbaueri* y para *S. sp1* se presentaron compuestos como 3-pentanol y Methyl salicilato (figura 3).





**Figura 3.** Espectros cromatográficos obtenidos para las especies de estudio. 1: *S. angustifolium*; 2: *S. weberbaueri* y 3.: *S. sp1*. Figuras de: Artur Campos D. Maia

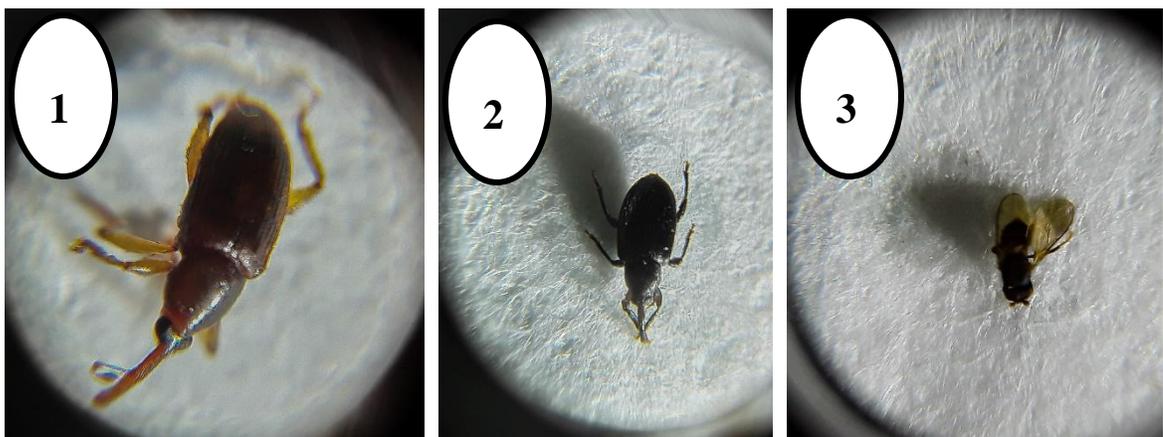
## 2.5 Visitantes florales

Se registraron cuatro morfoespecies (aproximadamente 436 individuos) de visitantes florales (figura 4), pertenecientes a tres familias, donde 21 individuos (4.81%) pertenecen a la familia *Muscidae*, 402 individuos (94.95%) a la familia *Curculionidae* y 1 individuo (0.22%) a la familia *Formicidae* (tabla 3; figura 4). Se encontró que las tres especies de plantas tienen visitantes exclusivos; sin embargo, únicamente dos de estas plantas comparten una morfoespecie de visitante perteneciente a la familia *Curculionidae*, denominada

morfoespecie Curculionidae sp1, que se registró en *S. angustifolium* y *S. weberbaueri*. Se registró que únicamente dos morfoespecies (*Muscidae* sp1 y *Curculionidae* sp1) visitaron la planta en ambas fases de antesis y que el resto de visitantes solo lo hicieron en una de las fases. Todos los visitantes exceptuando la morfoespecie de la familia *Formicidae* estaban en constante contacto con estructuras reproductivas como estigmas y polen, y además usaban diferentes recursos de la inflorescencia como sitio de cópula, refugio y protección; se pudo determinar que las inflorescencias también ofrecen recursos alimenticios, esto al observar que los insectos recorren el espádice de arriba a abajo, hurgando con su pico entre y sobre las flores se cree que buscando posibles fuentes de alimento (figura 4).

Tabla 3. Visitantes florales de *Stenospermatum*, con su abundancia total, promedio por inflorescencia y ocurrencia por antesis.

Familia visitante	Visitante	Abundancia total / Promedio por inflorescencia			Ocurrencia por antesis	
		S. angustifolium	S. weberbaueri	S. sp1	Antesis femenina	Antesis masculina
<i>Muscidae</i>	M. sp 1	21 / 7	0	0	2	1
<i>Curculionidae</i>	C. sp 1	12 / 2	400 / 30	0	5	9
<i>Curculionidae</i>	C. sp 2	0	0	2	0	2
<i>Formicidae</i>	F. sp 1	0	1	0	0	1





**Figura 4.** Insectos visitantes en *Stenospermation*. (1). Morfoespecie *Curculionidae* sp 2 visitante exclusivo de *Stenospermation* Sp1; (2). morfoespecie *Curculionidae* sp1 visitante de *S. angustifolium* y *S. weberbaueri*; (3). Morfoespecie *Muscidae* sp1 visitante exclusivo de *S. angustifolium*. En las fotografías 4, 5 Y 6 se pueden ver los visitantes en contacto con diferentes estructuras reproductivas de la planta.

## 2.6 Sistema reproductivo

Se embolsaron 15 inflorescencias (cinco de cada especie) todas en botón o en inflorescencias inmaduras que no presentaran ningún tipo de daño o evidencia de apertura en su espata. Se encontró que en ninguno de los individuos incluidos en los ensayos de autopolinización se presentó la formación de frutos y/o semillas, ni la parasitación de las inflorescencias; resultados que se repiten para todas las especies; determinando así que el proceso reproductivo en estas plantas ocurre únicamente por medio de vectores de polen mediante polinización cruzada, donde los gametos provienen de flores de diferentes inflorescencias; además, se encontró que la producción de semillas sin intercambio de gametos no es posible.

### 3. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que las tres especies estudiadas tienen patrones reproductivos similares tanto temporal como en su plan estructural, lo que concuerda con lo propuesto por Mitchell et al. (2009), quien plantea que plantas filogenéticamente cercanas por lo general presentan una convergencia en los patrones florales; además al encontrarse distribuidas simpátricamente se pueden presentar polinizadores compartidos, ya que los mecanismos de atracción se relacionan generalmente con la morfología de las inflorescencias (Sannier et al. 2009), tal como ocurrió con *S. angustifolium* y *S. weberbaueri*; estas similitudes morfológicas y fenológicas podrían resultar en una fuerte competencia por adquirir polinizadores (Waser 1983, Núñez A., Isaza, & Galeano 2015), lo que podría explicar las proporciones de visitantes, donde la especie *S. weberbaueri* presentó mayor abundancia en cada antesis y en la abundancia total, seguida de *S. angustifolium* con una menor abundancia por antesis al igual que su abundancia total y finalmente *S. sp1* presentó la menor abundancia por antesis y en la abundancia total; en cuanto a estos podemos determinar que solo algunos de ellos son visitantes frecuentes y pueden cumplir un importante rol en la reproducción, los cuales se ven atraídos hacia la planta gracias a que la inflorescencia se desempeña como un lugar importante para refugio y sitio de cópula, además de ofrecer posibles recursos alimenticios, como polen y fluido estigmático, concordando con lo planteado por Roy & Raguso (1997) y Mackay et al. (2014) quienes sugieren que para la familia Araceae la termogénesis, la presencia de una espata y otras características forman un micro hábitat que sirve como refugio, protección, alimento y sitio de cópula, resultando particularmente atractivo para muchos insectos.

En *Stenospermation* la floración ocurre a lo largo del tiempo, sin embargo, se puede observar que el evento reproductivo ocurre con mayor intensidad durante los meses de mayo para *S. angustifolium* y para *S. weberbaueri*, mientras que para *S. sp1* ocurre en el mes de junio, mientras que para *S. sp1* ocurre en el mes de junio. Si bien *S. weberbaueri* y *S. sp1* compartieron una de las tres familias encontradas, no compartieron las mismas

especies de polinizadores; mientras que *S. weberbaueri* y *S. angustifolium* solo compartieron una familia y una morfoespecie de visitante floral, que se presume como polinizador efectivo de estas especies. Estos datos concuerdan con lo propuesto por Schiestl & Schlüter (2009), Křivan & Revilla, (2019) y Temeles et al (2019), quienes plantean que plantas emparentadas y con distribución simpátrica se pueden enfrentar en una competencia por diferentes recursos. De igual manera, en *S. angustifolium* se encontró además un visitante recurrente que era exclusivo para esta especie. De acuerdo con Stone, Willmer, & Rowe (1998) la competencia por polinizadores se puede dar al tratar de ganar la mayor cantidad de visitantes, sin embargo, la abundancia de visitantes fue similar en las dos especies que compartían polinizador, por lo que se evidencia la necesidad de estudiar más a fondo la relación de estas dos especies y sus visitantes, así como la aparente separación temporal en las antesis como mecanismo de aislamiento reproductivo. Otras diferencias se relacionan con el momento de antesis y son principalmente la hora de receptividad durante el día, este factor fue diferente para las tres especies, por lo que podría convertirse en una de las tantas posibles barreras a la reproducción cruzada, lo que en última instancia podría fomentar el nivel total de aislamiento entre esta comunidad, esto de acuerdo a lo planteado por Misiewicz, Simmons & Fine (2020).

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que el proceso de reproducción en las tres especies ocurre mediante alogamia o polinización cruzada, donde los gametos que se cruzan provienen de flores de diferentes individuos (xenogamia). Asimismo, se encontró que a nivel de inflorescencia no es posible que dos flores se crucen, debido a la separación temporal de las antesis, y a que los estambres solo empiezan a liberar polen, una vez la antesis femenina ha terminado. Sin embargo, es necesario realizar otros ensayos de polinización para determinar si flores de diferente inflorescencia en el mismo individuo se pueden cruzar, o si al igual que para las subfamilias más basales en las aráceas, las inflorescencias pueden ser autoincompatibles reproductivamente (Hentrich *et al.* 2009; Hentrich *et al.* 2010; Mori & Okoda, 2001). En el presente estudio se encontró que en ninguno de los ensayos de autopolinización se produjeron semillas, por lo que se concluye que, en las tres especies bajo estudio, la producción de semillas sin intercambio de gametos no es posible (apomixis). Con base en esto, se concluye que el proceso de polinización en estas plantas ocurre únicamente por medio de vectores de polen que, en este caso podrían ser los visitantes reportados y cuyas visitas ocurren de forma sincrónica con el momento de

antesis masculina y femenina; la sincronía de estas visitas con el momento de antesis podría ocurrir gracias a la producción y liberación de volátiles florales, que también registraron su mayor actividad durante este momento, concordando con lo planteado por Brieva, Maia, & Núñez (2020). En cuanto a esto, se encontró que las inflorescencias *Stenospermatium* fueron dominadas por 3 pentanol, un alcohol alifático conocido para pocas especies de plantas (Arcaceae y rosaceae) solo para una especie de Arecaceae como compuesto traza y por sesquiterpenos que generalmente son compuestos no identificados y estos deberán ser analizados con más detalle para identificar otros compuestos y cantidad de estos en la muestra, además se pudo determinar que la técnica de extracción funciona con éxito para este modelo de estudio y puede ser replicada en estudios similares.

A pesar de que estas especies se encuentran filogenéticamente emparentadas y crecen en simpatria, se evidenció que pueden coexistir al parecer sin ningún impedimento, incluso superpuestas en varios de los puntos muestreados, por lo que en este caso rechazamos la hipótesis de exclusión competitiva, situación similar a la reportada por Núñez A., Isaza, & Galeano (2015) donde reportaron tres especies del género *Oenocarpus* (Arecaceae) coexistiendo en diferentes áreas y en algunos casos entremezcladas entre ellas, y difiriendo con Webb, Ackerly, McPeck, & Donoghue (2002) y Sargent & Ackerly (2008) quienes plantean que si especies emparentadas y con gran cantidad de rasgos similares coexisten, inicia una fuerte competencia entre estas, y si dicha competencia continua en el tiempo estas especies no pueden coexistir.

Este estudio permite realizar el primer reporte sobre la biología floral para el género *Stenospermatium*, donde se dan a conocer los resultados de tres especies pertenecientes al género; en este caso al tratarse de especies emparentadas creciendo en simpatria, comparar su biología reproductiva permite realizar los primeros aportes a los mecanismos importantes en su aislamiento reproductivo, lo que en última instancia permite validar diferentes mecanismos involucrados en la especiación simpátrica. Estos datos impulsan estudios en el género a nivel ecológico, reproductivo y taxonómico, además permiten desarrollar trabajos a nivel social sobre posibles usos eficientes de este género, tomando en cuenta el estado de sus poblaciones y sus polinizadores, así como el estado de las áreas que los albergan. Asimismo, se visibiliza el PNN Selva de Florencia como un área de interés

para estudios biológicos, así como un importante ecosistema para la conservación de las especies de flora andina, especialmente en zonas que han sido fuertemente deforestadas para diferentes usos del suelo. Este trabajo podría constituirse en la base para desarrollar planes de conservación y trabajo con las comunidades que lo habitan; Asimismo, este trabajo representa el primer estudio de biología floral o reproductiva realizado en *Stenospermatum*, así como en el PNN Selva de Florencia.

## Referencias bibliográficas

Abdullah E, Raus R, Jamal P (2011) Evaluation of antibacterial activity of flowering plants and

optimization of process conditions for the extraction of antibacterial compounds from *Spathiphyllum cannifolium* leaves. *African J Biotechnol* 10(81):18679–18689.

Barabé, M. G. (2000). Thermogenesis in three *Philodendron* species (Araceae) of French Guiana. Montréal.

Barbosa CM, Maia ACD, Martel C, Regueira JCS, Navarro DMDAF, Raguso RA, Millet-Pinheiro

P, Machado IC. Reproductive biology of *Syagrus coronata* (Arecaceae): sex-biased insect visitation and the unusual case of scent emission by peduncular bracts. *Plant Biol (Stuttg)*. 2021 Jan;23(1):100-110. doi: 10.1111/plb.13162. Epub 2020 Dec 1. PMID: 32757308.

Benke, C. & P. Morellato. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25:269-275.

Brieva-Oviedo, E., Maia, A., & Núñez-Avellaneda, L. A. (2020). Polinización de *Bactris guineensis* (Arecaceae), una palmera frutal potencial económicamente explotable del Caribe colombiano. *Flora: morfología, distribución, ecología funcional de las plantas*.

Cardoso, João, et al. Towards a unified terminology for angiosperm reproductive systems. *Acta botanica brasílica*. Vol. 32 No. 3 (Sep. 2018), p. 329-348.

Carreño-Javier & Núñez-Avellaneda. Biología reproductiva de *Mauritia flexuosa* en

Casanare, Orinoquia Colombiana. (octubre 2013). Bogotá: JAVEGRAF.

Castaño-Rubiano, Á. N. (2011). Revisión Taxonómica de Stenospermaton

Schott (Araceae) para Colombia. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias.

Castaño-R, N. (2015). Stenospermaton. En R. Bernal, S.R. Gradstein y M. Celis (eds.).

*Catálogo de plantas y líquenes de Colombia* (pp. 745-748). Bogotá, Colombia: Editorial UNAL

Costa N, Cerdeira L (2018) Crepuscular pollination and reproductive ecology of *Trembleya laniflora* (Melastomataceae), an endemic species in mountain rupestrian grasslands. *Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants* 238:138–147.

Croat, T. & Acebey A., 2015. *Flora de Veracruz*. México: María Elena Medina.

Chouteau M, McClure M, Gibernau M (2007) Pollination ecology of *Monstera obliqua* (Araceae) in

French Guiana. *J Trop Ecol* 23(September):607–610.

Engler, A. & K. Krause. 1908. Araceae-Monsteroidae. Das Pflanzenreich.

Gibernau, M., & Barabé, D. (2002). Pollination ecology of *Philodendron squamiferum* (Araceae). *Canadian Journal of Botany*, 316–320.

Grayum MH Hammel BE, Herrera C, Zamora (2003) Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen

II: Gimnospermas y Monocotiledóneas (Agavaceae–Musaceae). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. 92: 1–694

Gómez, A.P. 1983. A revision of Stenospermaton (Araceae) in Central América.

*Thesis of Master of Science. Saint Louis University. Saint Louis.*

Hentrich, H., Kaiser, R., & Gottsberger, G. (2009). Biología floral y aislamiento reproductivo por

aroma floral en tres especies de aroides simpátricos en la Guayana francesa.

Hentrich, Heiko, Kaiser, Roman, y Gottsberger, Gerhard. Floral biology and reproductive

isolation by floral scent in three sympatric aroid species in French Guiana. En: *Plant Biology*. Vol. 12 No. 4 (Jul. 2010), p. 587-596. Doi: 10.1111/j.1438-8677.2009.00256.x. PMID: 20636901.

Johri B, Srivastava P (2001) Reproductive biology of plants. Reproductive Biology of Plants, ed

Narosa Publishin House (Springer-Verlag), p 320. 1rst Ed.

Křivan, V., & Revilla, T. (7 November 2019). Plant coexistence mediated by adaptive foraging

preferences of exploiters or mutualists. *Journal of Theoretical Biology*, 112-128.

Macbride, F.1931. Spermatophytes, mostly Peruvian-III. *Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot.*

Mackay CA, Sweeney JD, Hillier NK (2014) Effect of linalool and camphene on capture of Tetropium

spp. ( Coleoptera : Cerambycidae ) in traps. *J Acad Entomol Soc* 10:1–5.

Marco Cedeño-Fonseca, Orlando O. Ortiz, Alejandro Zuluaga, Michael H. Grayum, Thomas B. Cro-

at (2021) Four new species of *Monstera* (Araceae from Panama, including one with the largest leaves and another with the largest inflorescences in the genus. *Webbia. Journal of Plant Taxonomy and Geography* 76(2): 265-279. doi:10.36253/jopt-10807

Misiewicz, T. M., Simmons, T. S., & Fine, P. V. (2020). The contribution of multiple barriers

to reproduction between edaphically divergent lineages in the Amazonian tree *Protium subseratum* (Burseraceae). *Ecology and Evolution*.

Mitchell R, Flanagan R, Brown B, Waser N, Karron J (2009) New frontiers in competition for pollination. *Ann Bot* 103(9):1403–1413.

Mori Y, Okada H (2001) Reproductive biology and pollen flow of a rheophytic aroid, *Furtadoa sumatrensis* (Araceae) in the Malesian wet tropics. *Plant Syst Evol* 27(1–2):37–47.

- Jürgens, A. (2009). The hidden language of flowering plants: floral odors as a key for understanding angiosperm evolution. *New Phytology*, 183, (2), 240-243. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.02932. x.
- Knudsen, JT. & Tollsten, L. (1993). Trends in floral scent chemistry in pollination Syndromes: floral scent composition in moth-pollinated taxa. *Botanical Journal of the Linnaean Society*, 113 (3), 263-284. doi: 10.1111/j.1095-8339. 1993.tb00340. x.
- Mayo, S.J, J.Bogner & P.C.Boyce. 1997. The genera of Araceae. *Royal Botanic Gardens, Kew. Londres*
- Núñez A., L. A., Isaza, C., & Galeano, G. (2015). Ecología de la polinización de tres especies de *Oenocarpus* (Arecaceae) simpátricas en la Amazonia Colombiana. *Revista Biología Tropical*, 35-55.
- Oliveira P, Gibbs P (2000) Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195(4):311–329.
- Peñuela, M. C., Bustillos-Lema, M., Álvarez-Solas, S., & Núñez-Avellaneda, L. A. (2019). Reproductive phenology variation of the multiple inflorescence-palm tree *Wettinia maynensis* in relation to climate, in a Piedmont forest in western Amazonia. *Springer*, 867-876.
- Plowman, T. Folk uses of new world aroids. *Econ Bot* 23, 97–122 (1967). <https://doi.org/10.1007/BF02860613>
- PNN. (2019). Parque Nacional Natural Selva de Florencia. Bogotá-Colombia: *Parques Nacionales Naturales de Colombia*. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/>
- Prieto, D. & Marín, A. (2017). Pollination by Nitidulid beetles in the hemiepiphytic aroid *Monstera lentic* (Araceae: Monsteroideae).
- Quesada, Mauricio, et al. Ecología y conservación biológica de sistemas de polinización de plantas tropicales. En: Ecología y evolución de las interacciones bióticas. *México D.F: Editorial Fondo de Cultura Económica. Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México. 2016. 275p.*

Rojas-Robles, R. & Núñez-Avellaneda, L. (2008). Biología reproductiva y ecología de la polinización

de la palma milpesos *Oenocarpus bataua* en los andes colombianos. *Reproductive biology and pollination ecology of the milpesos palm Oenocarpus bataua in the Colombian Andes. Caldasia*, 101-125.

Roy B, Raguso R (1997) Olfactory versus Visual Cues in a Floral Mimicry System. *Oecologia* 109(3):414–426.

Sannier J, Baker WJ, Anstett MC, Nadot S (2009). A comparative analysis of pollinator type and pollen

ornamentation in the araceae and the arecaceae, two unrelated families of the monocots. *Reprod Physiol Plants* 2(145):216–228.

Sargent, R., & Ackerly, D. (2008). Plant-pollinator interactions and the assembly of plant communities. *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 123-130.

Schiestl , F. P., & Schlüter, P. M. (2009). Floral Isolation, Specialized Pollination, and Pollinator Behavior in Orchids. *Annual Review of Entomology*, 425-446.

Schott, H.W. 1858. *Genera Aroidearum. Caroli Ueberreuer*. Viena.

Stone, G. N., Willmer, P., & Rowe, J. A. (2014). Partitioning of Pollinators during Flowering in an

African Acacia Community. *Ecological Society of America*, 2808-2827.

J. Temeles, E., Liang, J., C. Levy, M., & Fan, Y.-L. (2019). Floral isolation and pollination in two.

*Evolutionary Ecology*, 33:481–497.

Tholl, Dorothea, y RÖSE, Ursula S. Detection and identification of floral scent compounds. En:

*Biology of Floral Scent. Boca raton: CRC Press. 2006. 365p.*

Waser, N. (1983). Competition for pollination and floral character differences among sympatric

plant species: a review of evidence. In C. E. Jones, & R. J. Little (Eds.). *Handbook of experimental pollination biology* (pp. 277-293). New York, United States of America: Van Nostrand Reinhold.

Webb, C., Ackerly, D., McPeck, M., & Donoghue, M. (2002). Phylogenies and community ecology.

*Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 475-505.