



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN

Diversidad de visitantes florales de *Sobralia rosea* (Orchidaceae) y análisis de su sistema de polinización en una estribación sur-oriental de los Andes Ecuatorianos.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autores:

**HENRY XAVIER GARZÓN SUÁREZ
EMANUEL ARMANDO MARTÍNEZ URGILÉS**

Directora:

RAFFAELLA ANSALONI

CUENCA – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

A nuestros padres, familiares y amigos.

Garzón H., Martínez E.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría podido ejecutarse sin la colaboración de muchas personas, por ende queremos dar nuestros más sinceros agradecimientos a todas éstas que nos brindaron su necesaria ayuda, valiosos conocimientos y su incondicional apoyo para hacer que este trabajo de grado salga de la mejor manera posible.

Agradecemos a la Escuela de Biología, Ecología y Gestión de la Universidad del Azuay, por apoyar nuestro trabajo, principalmente a nuestros padres por todo el sustento brindado. A Danilo Minga por ser nuestro consejero al iniciar este trabajo. De manera especial a Raffaella Ansaloni, por su dirección, asesoramiento, confianza y apoyo constante durante la realización de este trabajo. A Boris Tinoco y David Siddons por sus comentarios, sugerencias, sus acertadas correcciones, y por toda la información recibida. A Edgar Segovia nuestro más sentido agradecimiento por su desinteresada colaboración, con su experiencia y conocimientos en entomología quien nos ayudó en la identificación taxonómica de los visitantes florales, que aportaron enormemente en nuestro trabajo.

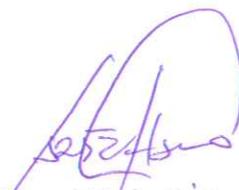
Finalmente queremos agradecer a nuestras familias y amigos, por toda su colaboración, apoyo y la paciencia que nos brindan día tras día.

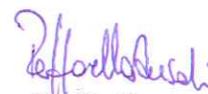
“DIVERSIDAD DE VISITANTES FLORALES DE *SOBRALIA ROSEA* (ORCHIDACEAE) Y ANÁLISIS DE SU SISTEMA DE POLINIZACIÓN EN UNA ESTRIBACIÓN SUR-ORIENTAL DE LOS ANDES ECUATORIANOS”

RESUMEN

Sobralia rosea (Orchidaceae) es una orquídea terrestre muy abundante en zonas perturbadas. Se estudió su biología floral en individuos de poblaciones naturales en el cantón San Juan Bosco, para conocer su longevidad floral, sistema reproductivo y sus visitantes florales y polinizadores. *S. rosea* es una especie principalmente auto-compatible y alógama. La longevidad floral tuvo un promedio de 6 días en flor abierta. La tasa de fructificación en los diferentes tratamientos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de polinización asistida, cruzada y natural, pero al evaluar su tamaño y peso, el último tratamiento fue más eficiente. Se observó un total de 59 especies de visitantes florales. Los polinizadores fueron abejorros (*Eulaema cingulata*, *Eulaema meriana* y *Euglossini* sp.) de la tribu Euglossini (Hymenoptera: Apidae).

Palabras clave: Orquídea, *Sobralia rosea*, biología floral, auto-compatible, alógama, polinizadores, Euglossini, Andes.


Blgo. Edwin Javier Zarate Hugo
Director de Escuela


Dra. Raffaella Ansaloni
Directora de Tesis


Henry Xavier Garzón Suárez
Autor

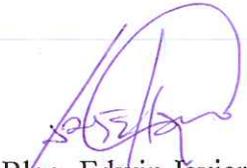

Emanuel Armando Martínez Urgilés
Autor

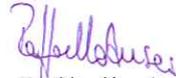
“DIVERSITY OF *SOBRALIA ROSEA* (ORCHIDACEAE) FLORAL VISITORS AND ANALYSIS OF THEIR POLLINATION SYSTEM AT THE SOUTH-EASTERN SLOPES OF THE ECUADORIAN ANDES”

ABSTRACT

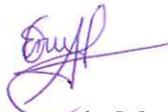
Sobralia rosea (Orchidaceae) is a terrestrial orchid abundant in disturbed areas. Its floral biology was studied in the canton San Juan Bosco in individuals from natural populations in order to know its floral longevity, reproductive system and its floral visitors and pollinators. *Sobralia rosea* is mainly a self-compatible and self-pollinated species. Floral longevity averaged 6 days in open flower. The rate of fruiting in the different treatments did not differ significantly between assisted, natural and cross-pollination treatments; however, when we evaluated their size and weight, the latter treatment was more efficient. A total of 59 species of floral visitors were observed. Pollinators were bumblebees (*Eulaema cingulata*, *Eulaema meriana* and *Euglossini* sp.) from the *Euglossini* tribe (Hymenoptera: Apidae).

Keywords: Orchid, *Sobralia rosea*, floral biology, self-compatible, self-pollinated, pollinators, *Euglossini*, Andes.


Blgo. Edwin Javier Zarate Hugo
School Director


Dra. Raffaella Ansaloni
Thesis Director


Henry Xavier Garzón Suárez
Author


Emanuel Armando Martínez Urgilés
Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS


Translated by
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS	5
1.1. Área de estudio	5
1.2. Fase de campo.....	7
1.2.1. Durabilidad de flores	7
1.2.2. Análisis de sistemas de reproducción.....	7
1.2.3. Observación de visitantes florales y polinizadores.	8
1.2.4. Colecta de visitantes florales y polinizadores.....	8
1.3. Fase de laboratorio.....	9
1.4. Análisis de datos	9
1.4.1. Durabilidad de las flores.....	9
1.4.2. Sistemas de reproducción.....	9
1.4.3. Riqueza de visitantes florales y polinizadores.....	10
CAPÍTULO 2: RESULTADOS	11
2.1. Durabilidad de las flores	11
2.2. Sistemas de reproducción	12
2.3. Visitantes florales y polinizadores.....	13
CAPÍTULO 3: DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES	21
RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
ANEXOS	28

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

Figura 1. Área de estudio de trabajo.	6
Tabla 1. Coordenadas geográficas de los diferentes sitios y puntos de muestreo, provincia de Morona Santiago, Ecuador.	6
Tabla 2. Tiempo de duración de las diferentes fases de floración de <i>Sobralia rosea</i>	11
Tabla 3. Número de flores presentes en el tiempo y fases de floración de <i>Sobralia rosea</i>	11
Tabla 4. Tiempo total de duración de las flores de <i>Sobralia rosea</i> desde botón floral hasta flor marchita.	12
Tabla 5. Mediciones de frutos cosechados de <i>Sobralia rosea</i>	12
Tabla 6. Tabla de Anova de los sistemas de polinización de <i>Sobralia rosea</i>	13
Figura 2. Número de grupos taxonómicos registrados en <i>Sobralia rosea</i>	14
Figura 3. Horas de observación de visitantes florales con mayor frecuencia de visitas de <i>Sobralia rosea</i>	14
Tabla 7. Principales visitantes florales con sus respectivas frecuencias de visita de <i>Sobralia rosea</i>	15
Figura 4. Gremios tróficos de los visitantes florales registrados de <i>Sobralia rosea</i>	16
Anexo 1. Ficha de campo para duración de la flor y sistemas de polinización.	28
Anexo 2. Ejemplares de <i>Sobralia rosea</i> cubiertos con malla en las pruebas de sistemas de polinización.	29
Anexo 3. Fichas de campo para la toma de datos de visitantes florales y polinizadores.	30
Anexo 4. Pruebas de Chi Cuadrado de la producción de frutos a un nivel de significancia de 0,05.	31
Anexo 5. Diferencias significativas de Tukey entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%.	31
Anexo 6. Lista general de especies de visitantes florales registrados y sus respectivos análisis.	32

Henry Xavier Garzón Suárez

Emanuel Armando Martínez Urgilés

Trabajo de Graduación

Raffaella Ansaloni

Enero, 2015

**DIVERSIDAD DE VISITANTES FLORALES DE *SOBRALIA ROSEA*
(ORCHIDACEAE) Y ANÁLISIS DE SU SISTEMA DE POLINIZACIÓN EN
UNA ESTRIBACIÓN SUR-ORIENTAL DE LOS ANDES ECUATORIANOS.**

INTRODUCCIÓN

Diversidad de orquídeas de Ecuador

Las orquídeas poseen un alto número de especies (Mulder, *et al.* 1990), en el Ecuador se estima que existen alrededor de 4032 especies de orquídeas (Dodson, 2004) y aproximadamente un tercio (1707 spp.) son endémicas (León-Yáñez, *et al.* 2011), ocupando así el primer lugar en biodiversidad por km². Investigaciones a nivel nacional muestran que una de cada cinco especies de plantas en el país pertenece a la familia Orchidaceae; este diverso ensamble incluye a los tres géneros más diversos y cinco de los diez géneros más grandes de orquídeas en el mundo (Jørgensen & León- Yáñez, 1999).

Las orquídeas en muchos aspectos son plantas muy interesantes, siendo éstas el grupo evolucionado más avanzado. No sólo es una familia rica en número de especies, sino también diversidad de formas, tamaños y colores (Mulder, *et al.* 1990), tal es caso del género *Sobralia* que se produce desde el nivel del mar hasta los 3300

m. distribuyéndose desde el sur México hasta el norte de Argentina y Chile (Rach, 2010, 26 de abril). Se caracteriza por tener flores efímeras, que rara vez duran más de un día, incluso muchas plantas de estas especies florecen en forma gregaria, los mismos días en una zona determinada, con flores que duran varias horas. Al parecer, siguen el patrón de *Dendrobium crumenatum*, en los cuales los brotes alcanzan una determinada fase de desarrollo y se detienen hasta que un factor ambiental estimula el crecimiento continuo (eMonocot, 2010, 1 de noviembre).

Sobralia rosea posee un rango de distribución que abarca los bosques montanos húmedos y bosques de sucesión de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, a lo largo de carreteras y en zonas con elevada pendiente (Orchidspecies, 2006, 11 de octubre). En el Ecuador esta especie terrestre crece sobre las estribaciones orientales y occidentales de los Andes, desde los 0 a 2.000 m.s.n.m. Sus tallos pueden alcanzar una altura de hasta 3 metros, sus largas flores son llevadas hacia el ápice, tienen sépalos y pétalos de color blanco-rosa y un labelo rosado oscuro a púrpura con una coloración púrpura o rojo-púrpura y con un margen ondulado (Rach, 2007, 22 de marzo).

Visitantes florales y polinizadores

La inmensa diversidad de especies que posee la familia Orchidaceae, es también equiparable con su diversidad de polinizadores y mecanismos de reproducción (Carvalho & Machado 2006). Las orquídeas son las angiospermas en las que quizá se ha detectado la mayor diversidad de sistemas de polinización y polinizadores (Dodson, 1962). Sin embargo únicamente alrededor del 3% de las especies de orquídeas pueden autopolinizarse con algún mecanismo adaptativo, haciendo que el tallo de la polinia crezca curva hacia abajo forzando a los polinios llegar al estigma (Shuttleworth, *et al.*, 1970; Dressler, 1990). Charles Darwin (1921) en su libro *El origen de las especies por medio de la selección natural*, indica que casi todas las orquídeas requieren de visitas de insectos que trasladen sus masas polínicas y de este modo las fecunden.

Las adaptaciones morfológicas (formas, colores) y fisiológicas (olores) de las flores de orquídeas son los aspectos más sorprendentes de este grupo (Gravendeel, *et al.*, 2004). Aunque la mayoría de especies de orquídeas son hermafroditas, la evolución ha modificado la estructura de sus flores, típicamente poseen tres sépalos externos, tres pétalos internos (uno modificado en una plataforma de aterrizaje para los polinizadores: el labelo). Las flores de orquídeas se han desarrollado de modo que la polinización cruzada es normalmente necesaria; los insectos son usualmente los polinizadores más frecuentes, pero los pájaros están involucrados en la polinización de algunas especies, sin embargo un sinnúmero de orquídeas requieren un tipo particular de insecto como polinizador (Shuttleworth, *et al.*, 1970).

Las flores han desarrollado mecanismos que las defienden de visitantes no adaptados para realizar la polinización, algunos visitantes devoran partes de la flor para alimentarse sin cumplir las funciones de polinización (Maloof & Inouye 2000). Sin embargo los visitantes florales reciben recompensas nutritivas de néctar, polen, tejidos florales, fluidos del estigma y aceites. Por otra parte reciben recompensas no nutritivas que utilizan para el apareamiento (feromonas sexuales) y materiales en la construcción de sus nidos (tricomas, resinas, ceras y partes de la corola), también las flores brindan refugio, calor, lugares de descanso y sitios de apareamiento (Diez, 2002).

Al parecer las relaciones entre los diferentes componentes bióticos y abióticos que influyen sobre las comunidades de orquídeas en las regiones montañosas neotropicales no han sido completamente examinadas (Frieberg & Frieberg, 2000). Incluso los factores ambientales como la caída de la temperatura provocada por una tormenta de lluvia pueden imposibilitar la floración de las orquídeas, sin embargo no hay estudios realizados sobre de la floración del género *Sobralia* (Monocot, 2010, 1 de noviembre).

En el Ecuador Calaway Dodson ha llevado más de treinta y cinco años estudiando sus orquídeas con énfasis en poblaciones de planta vivas en su hábitat (Dodson & Escobar, 1993). Mientras que en los bosques húmedos del noroccidente del Ecuador existe un estudio dirigido por Endara, Grimaldi & Roy (2010) sobre el sistema de

polinización de dos especies del género *Dracula*, mientras que en las estribaciones sur orientales de los Andes ecuatorianas no existen registros de estudios sobre la polinización de orquídeas, por ende éste estudio pretende cumplir con los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Analizar el sistema de polinización y la riqueza de visitantes florales de *Sobralia rosea* (Orchidaceae) en una estribación sur-oriental de los Andes Ecuatorianos.

Objetivos Específicos:

- Estimar el tiempo de durabilidad de las flores de *Sobralia rosea*, desde botones florales hasta la formación del fruto.
- Analizar el sistema de reproducción de *Sobralia rosea*, utilizando polinización asistida, cruzada y natural.
- Determinar la riqueza de visitantes florales y polinizadores de *Sobralia rosea*.

CAPÍTULO 1

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Área de estudio

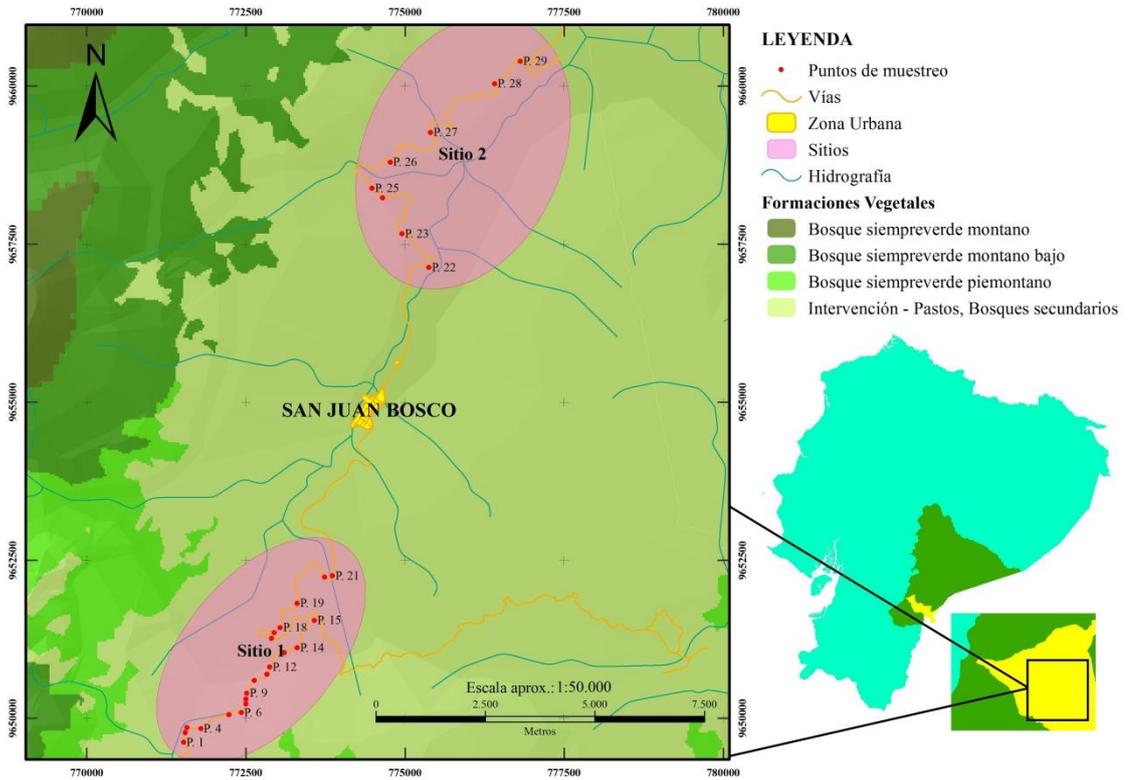
El estudio se realizó junto a las vías de las parroquias San Juan Bosco y Pan de Azúcar, del cantón San Juan Bosco provincia de Morona Santiago (Figura 1). El área de trabajo corresponde a una zona andina de estribaciones orientales, en donde se localiza los bosques siempreverde piemontano del sur de la cordillera oriental de los Andes, aquí la variación de temperatura oscila a lo largo del día y varía dependiendo de la altura y estación climática. Su precipitación promedio anual es de 2000 mm aproximadamente, incluso llegando hasta los 2800 mm en ciertas épocas del año (Guevara, *et al.*, 2013).

En este ecosistema existe un recambio gradual de especies de tierras bajas que se hace más evidente conforme incrementa la altitud, influenciado por el descenso de la temperatura y una humedad atmosférica creciente. El conjunto de especies que provienen de la Amazonía baja en esta región, posee algunas diferencias y encuentran el límite superior de su distribución, existiendo un mayor número de especies andinas (Guevara, *et al.*, 2013).

En el presente estudio se ubicaron dos sitios de trabajo, en los cuales se marcaron un total 29 puntos (Figura 1) de muestro; el sitio 1 (Santo Blanco) posee un clima mesotérmico con frecuentes lluvias y neblina, una temperatura que oscila entre 16 – 22 °C y una altitud de 1600 a 1250 msnm; sitio 2 (Pan de Azúcar) posee un clima tropical húmedo con una temperatura promedio de 18 – 24 °C y una altitud de 1000 a 1100 msnm.

La cobertura vegetal de la zona de estudio presenta cambios drásticos con diferentes grados de intervención, debido a que la vegetación original ha sido reemplazada a causa de actividades antrópicas principalmente la ganadería, siendo así los pastizales la mayor parte de cobertura del suelo. Mientras que los bosques primarios se mantienen en zonas con pendientes pronunciadas, riberas de fuentes hídricas y áreas de conservación.

Figura 1. Área de estudio de trabajo.



Fuente: Instituto Geográfico Militar 2012 250k WGS84 (Vías, Zona Urbana, Hidrología), Ministerio del Ambiente 2013 100k WGS84 (Formaciones vegetales).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los diferentes sitios y puntos de muestreo, provincia de Morona Santiago, Ecuador.

Coordenadas geográficas 17 S – UTM – WGS84									
Punto	Latitud	Longitud	Altitud	Punto	Latitud	Longitud	Altitud		
Sitio 1	P 1	771523	9649623	1603	Sitio 1	P 16	772901	9651268	1456
	P 2	771548	9649777	1605		P 17	772947	9651354	1414
	P 3	771573	9649856	1609		P 18	773038	9651437	1408
	P 4	771793	9649838	1612		P 19	773307	9651823	1370
	P 5	772232	9650061	1629		P 20	773736	9652236	1299
	P 6	772429	9650093	1615		P 21	773859	9652256	1291
	P 7	772500	9650230	1606		P 22	775377	9657134	1045
	P 8	772499	9650306	1601	Sitio 2	P 23	774953	9657667	1057
	P 9	772514	9650401	1594		P 24	774649	9658238	1094
	P 10	772630	9650601	1575		P 25	774484	9658387	1085
	P 11	772830	9650699	1556		P 26	774768	9658801	1091
	P 12	772874	9650812	1547		P 27	775403	9659269	1081
	P 13	773101	9651043	1519		P 28	776408	9660040	1064
	P 14	773305	9651118	1506		P 29	776811	9660395	1032
	P 15	773575	9651552	1467					

Fuente: Autores

1.2. Fase de campo

El trabajo de campo se realizó entre los meses de marzo y julio, en dos sitios de muestreo. Éste estuvo constituido en dos partes: (i) etiquetando 200 flores de 200 individuos para analizar el tiempo de durabilidad de las flores y los sistemas de reproducción (polinización natural, asistida y cruzada) en las cuales se trabajó con 50 flores para cada tratamiento, y (ii) observación directa en un sólo punto de muestreo de visitantes florales y polinizadores para la determinar su riqueza.

1.2.1. Durabilidad de flores

Se buscaron individuos que presentaran botones florales para controlarles su tiempo de duración, éstos se etiquetaron desde botones y se contabilizaron el número de días hasta el final de la fase campo.

1.2.2. Análisis de sistemas de reproducción.

De acuerdo a la metodología propuesta por Carvalho & Machado (2006) los datos obtenidos se midieron en número de días y su resultado fue expresado en la producción de frutos, los cuales se anotaron en fichas de campo (Anexo 1) asignándoles códigos: B (botón floral), AB (aparición del botón), A (flor abierta), M (flor marchita) y F (fruto).

No se probó autopolinización ya que la bibliografía consultada indica que la mayoría de orquídeas son dependientes de los polinizadores y que únicamente 3% pueden autopolinizarse. Las flores se revisaron a diario hasta la formación del fruto, posterior a esto se revisaron con frecuencia de 3 a 5 días. Para cosechar los frutos se esperó hasta las primeras eclosiones previas a la dispersión de semillas.

Para el sistema de polinización natural se trabajó con flores que estuvieran polinizadas naturalmente, a esto revisamos si sus pistilos tenían polinias o polen adheridos al estigma. En los sistemas de polinización asistida y cruzada se trabajaron con flores nuevas o que no hayan sido polinizadas, en éstos tratamientos no se evaluó la maduración de las polinias ni la recepción del estigma.

En el sistema de polinización asistida se trabajó con la ayuda de una pinza, se retiró las polinias de la antera y colocamos en el estigma de la misma flor. Para descartar que los polinizadores naturales intervengan en nuestro proceso se cubrió las flores con una malla (Anexo 2). Mientras que en el sistema de polinización cruzada se colectaron y transportaron polinias en cajas Petri de una población (sitio 1), para ser tratadas con flores de una población diferente (sitio 2) distanciada a unos 8 km. aproximadamente. De igual forma las polinias se insertaron dentro del estigma y se cubrieron las flores.

1.2.3. Observación de visitantes florales y polinizadores.

Esta parte comprendió en la observación directa de los visitantes florales (Borba & Braga 2003), esto se realizó en un punto único de muestreo en todo el estudio, desde las 08H00 hasta las 17H00. Se apuntó datos cualitativos del clima para analizar la riqueza y abundancia de los visitantes. Se registraron datos de todos los visitantes florales en fichas de campo (Anexo 3), sus valores registrados constó de: fecha, código de flor, tiempo de observación (hora de inicio y finalización) de las flores al día, número de visita a la flor, formación de fruto (Si o No), tipo de visitante de acuerdo a su taxonomía, duración de la visita, hora de visita, entrada y salida de polinias (Si o No) y el comportamiento de los visitantes.

1.2.4. Colecta de visitantes florales y polinizadores.

Los visitantes florales y polinizadores fueron fotografiados *in situ*, al momento de su visita en la flor, colectados con redes entomológicas después de haber terminado su visita, sacrificados en cámaras mortíferas de formol y conservados en frascos de alcohol al 70% debidamente etiquetados, para su identificación taxonómica,

1.3. Fase de laboratorio

Esta fase comprendió en identificar la taxonomía de los visitantes florales y polinizadores mediante literatura especializada, claves taxonómicas y digitales, fotografías, y con la ayuda de un especialista del Museo de Zoología de Invertebrados de la Universidad del Azuay. Del mismo modo se tomaron parámetros biométricos de los frutos cosechados, con el fin de evaluar el tratamiento con mayor producción de semillas, se midió su peso, diámetro y longitud.

1.4. Análisis de datos

Los datos conseguidos para los análisis de durabilidad de las flores, sistemas de polinización y observación directa de los visitantes florales y polinizadores; fueron tratados de manera independiente con estadística descriptiva e inferencial.

1.4.1. Durabilidad de las flores.

En este tratamiento se utilizó estadística descriptiva con valores cualitativos y cuantitativos, los datos obtenidos se expresaron en tablas con número de días (máximo, mínimo y promedio), las fases de floración (botón floral, aparición del botón, flor abierta, flor marchita) y tiempo total de floración (desde botón floral hasta flor marchita).

1.4.2. Sistemas de reproducción.

Para evaluar los diferentes sistemas de reproducción estudiados, se realizó un conteo de frutos producidos para cada tratamiento, el porcentaje de éxito de reproducción y una revisión de los valores máximos, mínimos, promedios y desviación estándar de las mediciones tomadas (peso, longitud y diámetro).

Se aplicó una prueba de Chi Cuadrado para evidenciar la existencia de diferencias en la producción de frutos de cada tratamiento. Para comprobar los diferentes tratamientos en una variable cuantitativa se aplicó un análisis de varianza (ANOVA)

con los pesos obtenidos de todos los frutos cosechados, previo a esto se realizó una normalización de los datos con logaritmo natural. Los datos se trabajaron y analizaron con Microsoft Excel 2010 y el programa estadístico XLSTAT 2014 versión de prueba.

1.4.3. Riqueza de visitantes florales y polinizadores.

La riqueza fue analizada mediante estadística descriptiva en donde se realizó una curva de acumulación basado en la aparición de especies en los números de días muestreados. Los visitantes florales se clasificaron de acuerdo a sus gremios tróficos, de la misma manera para cada especie se contabilizó el número de flores visitadas, número de individuos, número de visitas, tiempo total de visitas, promedio de tiempo visitas, frecuencia relativa. Se definió como visita al número de veces que un individuo o grupo de individuos acuden a una flor. Además clasificó a los visitantes en rangos de frecuencias de visitas (Pansarin, 2003) como: muy raros (< a 2 visitas), raros (3 a 10 visitas), ocasionales (10 a 20 visitas) y frecuentes (> a 20 visitas).

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

2.1. Durabilidad de las flores

Las fases de floración se midieron en número de días (Tabla 2); como botón floral se registró un lapso de 2 a 7 días y un promedio de duración de 4 días. En la aparición del botón floral hubo menos días de desarrollo, donde 20 flores duraron 1 día y 27 flores 2 días (Tabla 3). Se registró flores que permanecieron abiertas hasta 8 días; donde el número mayor flores abiertas (15) fue a los 6 días. Mientras que se registra un rango de 1 a 4 días en la fase de flor marchita, de esta manera dando paso a la formación del fruto. El tiempo total más alto de duración de la flores desde botón floral hasta que se marchitarse es registrado en 20 días, de igual manera se evidencia que 11 flores permanecieron vivas por 12 días (Tabla 4).

Tabla 2. Tiempo de duración de las diferentes fases de floración de *Sobralia rosea*.

Fases	Número de días		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Botón floral	7	2	4
Aparición del botón	3	1	2
Flor Abierta	8	2	6
Flor marchita	4	1	2

Fuente: Autores

Tabla 3. Número de flores presentes en el tiempo y fases de floración de *Sobralia rosea*.

Número de días	Numero de flores			
	Botón floral	Aparición del botón	Flor abierta	Flor marchita
0		2	1	27
1	4	20		5
2	16	27	2	7
3	6	1	3	6
4	11		6	5
5	6		6	
6	3		15	
7	4		7	
8			10	

Fuente: Autores

Tabla 4. Tiempo total de duración de las flores de *Sobralia rosea* desde botón floral hasta flor marchita.

Número total de días	Número de flores
7	1
8	3
9	8
10	6
11	4
12	11
13	5
14	4
15	1
16	1
17	4
19	1
20	1

Fuente: Autores

2.2. Sistemas de reproducción

Se determinó una fecha de cosecha al observar los primeros frutos eclosionados. Al haber transcurrido 124 días del inicio de las primeras flores tratadas. Se cosecharon un total de 101 frutos; 33 de asistida, 31 de cruzada y 37 de natural; obteniendo un mayor éxito reproductivo la polinización natural con un 74%. Analizamos la producción de frutos con la prueba Chi-cuadrado a un nivel de significancia de 0,05; donde su resultado fue de 1,6973, lo cual podemos decir que no existen diferencias en la tasa de fructificación (Anexo 4). Las medidas evaluadas (Tabla 5) nos muestran que la polinización natural obtuvo mejores valores en peso y diámetro, mientras que la polinización asistida tuvo un valor más alto longitud y la polinización cruzada consiguió frutos con los valores más bajos de todas las mediciones.

Tabla 5. Mediciones de frutos cosechados de *Sobralia rosea*.

Sistemas de reproducción	Número de frutos	Éxito reproductivo (%)	Peso (g)				Longitud (cm)				Diámetro (cm)			
			Mín.	Máx.	Prom.	Desv. Esta	Mín.	Máx.	Prom.	Desv. Esta	Mín.	Máx.	Prom.	Desv. Esta
Asistida	33	66	5,18	22,86	13,52	5,32	6,95	13,72	9,35	1,76	1,14	2,08	1,69	0,25
Cruzada	31	62	2,69	19,96	10,01	4,37	6,01	11,90	8,41	1,56	1,06	2,04	1,64	0,25
Natural	37	74	4,41	32,62	14,44	5,43	5,57	13,38	9,35	1,82	1,20	2,41	1,75	0,23

Fuente: Autores

Al comprobar los pesos en los tres tratamientos con un análisis de varianza observamos diferencias significativas ($p=0,003$). Consecuentemente el test a posteriori de Tukey (Anexo 5) evidencia que existe un peso significativamente menor de los frutos obtenidos por la polinización cruzada. Con estos resultados podemos decir los frutos obtenidos en la polinización natural y asistida fueron más efectivos en relación a la polinización cruzada.

Tabla 6. Tabla de Anova de los sistemas de polinización de *Sobralia rosea*.

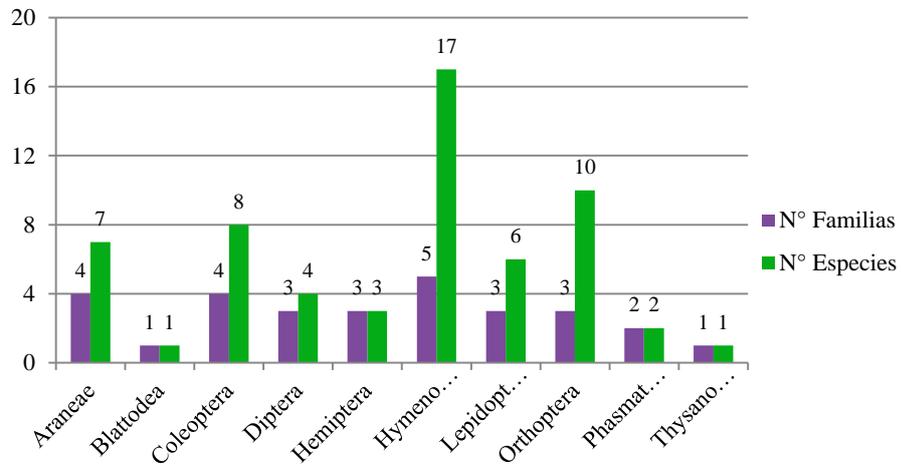
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	0,428	0,214	6,410	0,003
Error	83	2,770	0,033		
Corrección Total	85	3,198			

Fuente: Autores

2.3. Visitantes florales y polinizadores

Se encontró un total de 59 especies de visitantes florales registradas en 171 horas de 28 días de trabajo de campo, observando 67 flores con un esfuerzo de muestreo de 4 a 14 flores por día, que varió según la disponibilidad de las flores. Se registra un total de 10 órdenes, donde el más diverso es Hymenoptera con 17 de especies pertenecientes a 5 familias. Las observaciones de campo revelaron que el orden Hymenoptera, especialmente la tribu Euglossini son los principales polinizadores de *Sobralia rosea*. De la misma manera se registra 10 especies de Orthoptera, 8 de Coleoptera, 7 de Araneae, 6 de Lepidoptera, 4 de Diptera, (Figura 2).

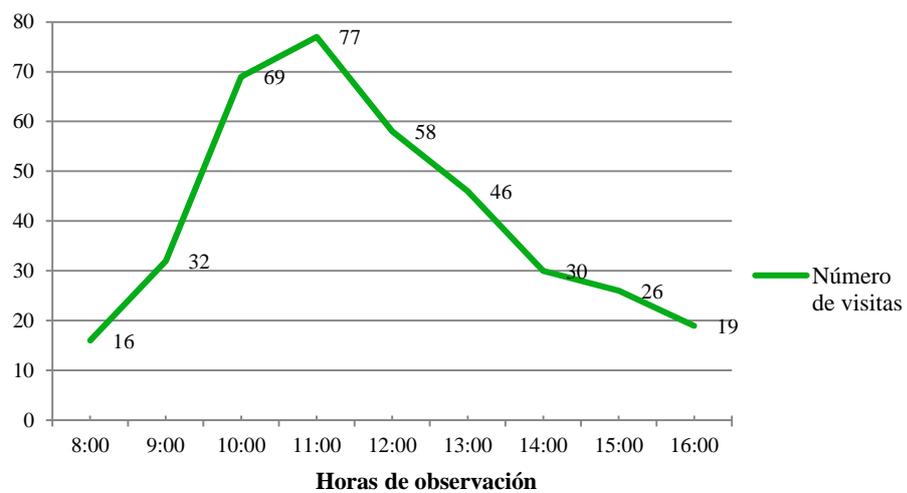
Figura 2. Número de grupos taxonómicos registrados en *Sobralia rosea*.



Fuente: Autores

Se evalúa la actividad de visitas en las diferentes horas de muestreo, esto tuvo una variación a lo largo del día (Figura 3); en horas de la mañana (08H00 a 10H00) existía una baja actividad, mientras que se evidenció que existe una mayor concentración de visitas de 10H00 a 13H00, en tanto que en horas de la tarde de 13H00 a 17H00 las visitas disminuyen.

Figura 3. Horas de observación de visitantes florales con mayor frecuencia de visitas de *Sobralia rosea*.



Fuente: Autores

Las visitas con mayor frecuencia relativa (35,96%) estuvo en individuos (1346) de Thysanoptera y Coleoptera (Staphylinidae), a estos se consideró como *fauna florícola* debido a su tamaño corporal, puesto que en las observaciones de campo se registraron como trips, los cuales comúnmente viven dentro de flores y tienen hábitos fitófagos (Calixto, 2005), mientras que en la fase de laboratorio se identificó que eran especies distintas.

Se evidencia a otros visitantes con altas frecuencias de visitas conformados por especies de: Orthoptera (*Conocephalus versicolor*), Coleoptera (Curculionidae - Sp. 2 y Sp. 1) e Hymenoptera (*Dorymyrmex sp.* *Mischocyttarus sp.*), los mismos que poseían gremios fitófagos y depredadores (Tabla 6). De igual manera se registraron visitas ocasionales de *Pseudomyrmex sp.*, *Hermeuptychia sosybius*, *Conocephalus equatorialis*, inclusive se evidencia a *Eulaema cingulata* la misma que se registró como especie polinizador (Tabla 7). Mientras que las frecuencias del resto de especies se indican en el anexo 6.

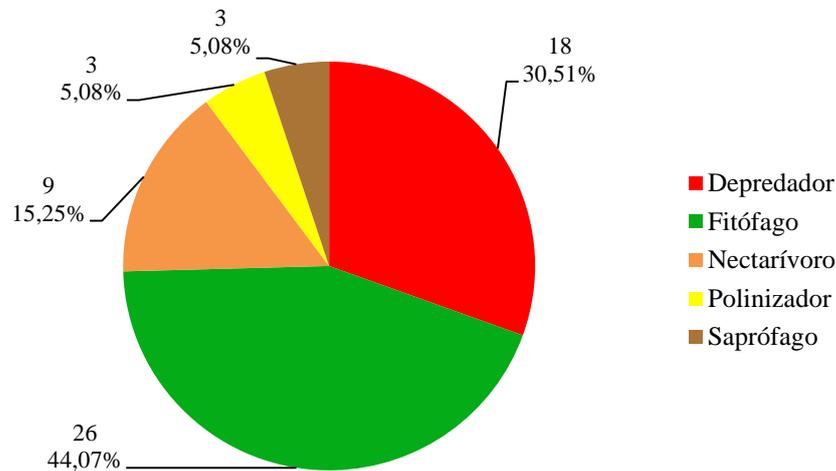
Tabla 7. Principales visitantes florales con sus respectivas frecuencias de visita de *Sobralia rosea*.

Orden-Familia	Nombre científico	Gremio trófico	Número de Flores	Número de individuos	Número total de visitas	Tiempo total de visitas	Tiempo promedio	Frecuencia relativa	Frecuencia
Coleoptera y Thysanoptera - Staphylinidae	Fauna florícola	Fitófago	67	1346	187	1170:15:43	6:15:29	35,96	Frecuente
Coleoptera - Curculionidae	Curculionidae - Sp. 1	Fitófago	19	37	43	136:20:29	3:10:15	8,27	Frecuente
Orthoptera - Tettigoniidae	<i>Conocephalus versicolor</i>	Fitófago	13	22	35	05:24:10	0:09:16	6,73	Frecuente
Coleoptera - Curculionidae	Curculionidae - Sp. 2	Fitófago	17	23	30	98:43:00	3:17:26	5,77	Frecuente
Hymenoptera - Formicidae	<i>Dorymyrmex sp.</i>	Depredador	17	23	27	02:26:01	0:05:24	5,19	Frecuente
Hymenoptera - Vespidae	<i>Mischocyttarus sp.</i>	Depredador	14	14	21	00:42:07	0:02:00	4,04	Frecuente
Hymenoptera - Formicidae	<i>Pseudomyrmex sp.</i>	Fitófago	16	17	20	03:12:04	0:09:36	3,85	Ocasional
Lepidoptera - Nymphalidae	<i>Hermeuptychia sosybius</i>	Nectarívoro	16	13	16	00:33:42	0:02:06	3,08	Ocasional
Orthoptera - Tettigoniidae	<i>Conocephalus equatorialis</i>	Fitófago	5	9	14	15:03:51	1:04:34	2,69	Ocasional
Diptera	Diptera - Sp. 1	Fitófago	8	13	10	21:05:57	2:06:36	1,92	Ocasional
Hymenoptera - Apidae	<i>Eulaema cingulata</i>	Polinizador	10	8	10	00:04:21	0:00:26	1,92	Ocasional

Fuente: Autores

Los gremios tróficos se definieron de acuerdo a los comportamientos observados y a la ecología de cada especie de visitantes florales (Figura 5), principalmente fueron:

Figura 4. Gremios tróficos de los visitantes florales registrados de *Sobralia rosea*.



Fuente: Autores

26 especies fitófagas representando un 44,07%, siendo éste el gremio más abundante con especies de Orthoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Phasmatodea y Thysanoptera. Sus comportamientos fueron similares, excepto en fauna florícola, éstos vivían dentro de las flores alimentándose de las paredes internas del labelo y las polinias, y abandonan al marchitarse; en cambio las demás especies devoraban pétalos, sépalos y labelo.

De igual forma se registró 18 especies de depredadores (arañas, avispa y hormigas) con un 30,51%. Las arañas se desplazaban por toda la flor cazando y se ocultaban en la base de los sépalos a la espera de sus presas, sus frecuencias de visitas eran muy raras registrándose 1 visita por cada especie, pero la duración de visita de Pisauridae - Sp. 1, Salticidae - Sp. 1 y *Misumena sp.* fue por más de 3 horas, mientras que *Phidippus sp.*, Salticidae - Sp. 2, Salticidae - Sp. 3, y *Misumenoides sp.* se demoraban menos de 30 minutos. Las avispa tenían visitas rápidas desplazándose por todo la flor en 1 a 2 minutos, pero se registra a: *Polistes sp.*, 2 *Mischocyttarus sp.*, 2 *Pepsis sp.*, y *Pepsis sp. 2* con frecuencias muy raras de visitas, de igual forma

se registró a *Polistes sp.*, *Sphex sp.* y *Polistes sp. 3* con frecuencias raras y a *Mischocyttarus sp.* con visitas frecuentes. El comportamiento de las hormigas fue desplazarse en la flor cerca de 10 minutos, las frecuencias de visitas fueron diferentes en cada especie: *Solenopsis sp.* (Muy raro), *Pseudomyrmex sp.* (Ocasional) y *Dorymyrmex sp.* (Frecuente).

Se registra un 15,25%, de nectarívoras en 9 especies; 3 de Hymenoptera (*Apis sp.*, *Euglossa sp.* y *Xylocopa sp.*) y 6 de Lepidoptera (*Hermeuptychia sosybius*, *Pompeius pompeius*, *Perichares adela*, *Urbanus spp.*, *Tosta niger* y *Heraclides sp.*). Las frecuencias de Hymenoptera fueron muy raras, sus comportamientos fueron posar y entrar al labelo, y salir de inmediato permaneciendo menos de 30 segundos. Las mariposas fueron raras y muy raras demorando en sus visitas entre 1 a 2 minutos, posando sobre el labelo e introduciendo su probóscide en la base de la columna.

Simultáneamente se registró 3 especies de saprófagos representando el 5,08%. Sus frecuencias de visitas fueron raras (*Parcoblatta sp.*) y muy raras (Hybosoridae - Sp. 1 y *Drosophila sp.*) con una duración de hasta 12 minutos en donde se alimentaban de partes marchitas y podridas de la flor.

Finalmente se registran 3 especies de polinizadores (5,08%), éstos fueron abejorros pertenecientes a la tribu Euglossini (Hymenoptera): *Eulaema cingulata*, *Eulaema meriana* y una especie no determinada (Euglossini - Sp. 1). Éstos se consideraron como polinizadores por sus comportamientos, al remover las polinias y adherir en el estigma al momento de ingresar dentro del labelo. Los abejorros poseen comportamientos similares: posar y caminar sobre el labelo, entrar y salir del labelo, introducir su probóscide en la base de la columna, y desplazarse a una flor cercana. Sus visitas fueron rápidas de no más de 30 segundos en cada flor. Se registró 8 individuos de *Eulaema cingulata* en 10 flores realizando un total de 10 visitas, teniendo frecuencias de visitas ocasionales. *Eulaema meriana* se registra como raro, observando 7 individuos de 7 visitas a 6 flores. Por último se registró a Euglossini - Sp. 1 siendo considerada como un visitante muy raro, debido a que sólo se pudo observar un individuo el mismo que visitó 2 flores.

CAPÍTULO 3

DISCUSIÓN

Varios autores (Bechtel & Cribb, 1981; Orchidspecies, 2006; Rogers & Parsons, 2007; Dressler, 2009; Neubig, *et al.* 2011) sustentan que la mayoría de especies del genero *Sobralia* poseen flores efímeras y gregarias, Rogers & Parsons (2007) manifiesta que las flores de *S. callosa*, *S. fimbriata* y *S. klotziana* pueden durar un día o menos, mientras que en ciertas especies como *S. macrantha*, *S. xantholeuca* y *S. caloglossa* pueden permanecer de 2 a 10 días. Sin embargo los resultados de nuestro estudio sobre *Sobralia rosea* sugieren que sus flores perpetúan abiertas hasta una semana (2 a 8 días) con un promedio de 6 días.

Otros estudios demuestran la duración de las flores de ciertas especies de la familia Orchidaceae; Carvalho & Machado (2006) respaldan que las flores de *Rodriguezia bahiensisfoi* duran 6 días en flores que no fueron polinizadas, pero sus polinias fueron removidos, y 8 días para las flores que permanecieron con polinias. En cambio Dos Santos (2007) estudió tres especies del genero *Acianthera*, en su sustento manifiesta que las flores de *A. aveniformis* duran 4 a 7 días, *A. hygrophila* de 9 a 13 días y *A. sonderana* tienen una mayor duración de 20 hasta 31 días.

Mediante los sistemas de polinización experimentados en *Sobralia rosea* fue posible detectar diferentes sistemas de entrecruzamiento, revelando que es una especie tanto auto-compatible como alógama. La tasa de fructificación en los diferentes tratamientos no tuvo diferencias significativas, pero al comparar sus pesos, los resultados fueron mejores en el sistema de polinización natural, mientras que en la polinización asistida y cruzada se obtuvo pesos menores, siendo su reproducción favorable para condiciones bajo invernadero.

Tremblay, *et al.* (2005) indica que la mayoría de las orquídeas son auto-compatibles; y que la auto-incompatibilidad ha sido reportado en orquídeas de linajes diversos, siendo común en la subfamilia Epidendroideae, aunque con una muestra tan pequeña y la poca literatura sobre el tema, es prematuro llegar a una conclusión; sin embargo

Sobralia rosea perteneciente a la subfamilia anteriormente mencionada, demostró que es una especie auto-compatible. En cambio la subtribu Pleurothallidinae es principalmente miofíllica, auto-incompatibles y dependiente de los polinizadores para la fructificación y la producción de semillas, pero CaraDonna & Ackerman (2012) reportan a *Pleurothallis ruscifolia* como una especie totalmente auto-compatible. Chung & Chung (2003) reportan a *Cremastra appendiculata*, y *Cymbidium goeringii* como especies altamente auto-compatibles. Además, la auto-compatibilidad fue reportada en *Cattleya luteola*, *Prosthechea vespa* y *Schomburgkia undulata* (Quiroga, *et al.* 2010).

A través de observaciones directas pudimos registrar diferentes especies de visitantes florales, de acuerdo con Ospina, *et al.* (2007) la mayoría de visitantes voladores aterrizaron sobre los bordes del labelo, pétalos y sépalos. Se registraron hormigas quienes fueron depredadoras, Pereira (2011) reporta en *Elleanthus brasiliensis* visitas de hormigas actuando como cazadores. Dos Santos (2007) observó casualmente hormigas en *Acianthera aveniformis* con visitas muy rápidas, los cuales buscaban alimento en las cavidades formadas entre el labelo y la columna.

Las frecuencias de visitas de las mariposas fueron raras y muy raras con un promedio de visita de 2 minutos, principalmente en la familia Hesperidae, al igual que Pereira (2011) observó a mariposas de la misma familia que visitaron a *Elleanthus brasiliensis* y *Elleanthus crinipes* con visitas rápidas en menos de un minuto, mientras Carvalho y Machado (2006) reporta en *Rodriguezia bahiensis* a 17 especies de la familia Hesperidae como posibles polinizadores incluyendo a dos especies del género *Urbanus*.

Las pocas visitas de abejorros de la tribu Euglossini (*Eulaema cingulata*, *Eulaema meriana* y Euglossini - Sp. 1) los comúnmente llamadas abejas de las orquídeas, juegan un papel importante en la reproducción de *Sobralia rosea* siendo sus principales polinizadores. Van der Pijl & Dodson (1966) sostienen que el 60% de las especies de Orquídeas son polinizadas por himenópteros. Neubig, *et al.* (2011) explica la gran variedad del tamaño de las flores en la tribu Sobralieae, donde existen

cambios en las formas de polinización, de esta manera las grandes flores de *Sobralia* son polinizadas principalmente por grandes abejas del género *Eulaema*, como también lo demuestra el presente estudio.

Al parecer los abejorros son atraídos por el mimetismo, néctar y fragancias químicas; estas últimas son recompensas producidas en el labelo, las cuales son colectadas por los machos y liberadas en el cortejo de sus hembras (Zimmerman, *et al.*, 1989; Starr & Hook, 2003; Padrón, 2013). Kimsey (1982) citado por Tremblay, *et al.* (2005), manifiesta que el género *Stanhopea* es polinizada por abejas del género *Eulaema*. Dodson, *et al.* (1969) reporta poblaciones de *Stanhopea tricornis* en Santo Domingo (Ecuador) y Turbo (Colombia) con una combinación un poco diferente en los componentes del olor en cada población, las mismas que son polinizadas por *Eulaema meriana*. De igual forma Zimmerman, *et al.* (1989) reporta en Panamá a *Eulaema cingulata* como polinizador exclusivo de *Catasetum viridiflavum*. Milet-Pinheiro & Schlindwein. (2005) registraron con frecuencia a machos de *Eulaema cingulata* demostrando una gran flexibilidad y capacidad de adaptación a las áreas perturbadas.

CONCLUSIONES

- La longevidad de las flores abiertas fue de 2 a 8 días, siendo *Sobralia rosea* una especie con flores duraderas lo cual se descarta que sea una especie efímera.
- En los sistemas de polinización analizados se observó que el tratamiento de polinización cruzada es menos eficiente, produciéndose frutos con menos peso y longitud que en los tratamientos de polinización asistida y natural. La fecundación natural es melitófila, siendo ésta la más eficiente. En el tratamiento de polinización asistida se constató que *Sobralia rosea* es una especie auto-compatible, lo cual ésta puede ser una alternativa viable para su reproducción *ex-situ*, aplicándose especialmente en ambientes cerrados como invernaderos donde los polinizadores naturales están ausentes.
- El gremio ecológico más abundante fueron fitófagos con especies de Orthoptera y Coleoptera, mientras que los polinizadores fueron tres especies de la tribu Euglossini (*Eulaema cingulata*, *Eulaema meriana* y Euglossini - Sp. 1).

RECOMENDACIONES

- *Sobralia rosea* tienen una amplia distribución espacial, encentrándose en diversos hábitats a diferentes altitudinales, por ende, es necesario que futuras investigaciones amplíen el área de estudio y consideren estas variables que podrían influir en el sistema de reproducción de estas poblaciones. Además, que se debe contar con información básica sobre época de floración y biología floral de la planta para definir la maduración de las polinias y saber cuándo el estigma está listo para receptar el polen, para tener una experiencia básica previa sobre polinización artificial de orquídeas.
- Debido a las diversas variables como la altitud, factores ambientales, estructura y grado de alteración de hábitat, es necesario aumentar el número de puntos de muestreo con énfasis en los polinizadores. También se debe realizar un mayor esfuerzo de muestreo a lo largo de la etapa de floración y una colección preliminar de especímenes de visitantes florales y polinizadores.
- Finalmente, es necesario fomentar las investigaciones *in situ* de orquídeas, los cuales hay pocos trabajos en nuestro país y en particular de *Sobralia rosea*, se debería replicar estudios de ecología de ésta especie en sitios con diferentes altitudinales y composición vegetal, con el fin de determinar la existencia de patrones similares en la riqueza de visitantes florales y polinizadores, y investigar si existe diferencias significativas en los sistemas de reproducción, inclusive experimentando con tratamientos de autopolinización.

BIBLIOGRAFÍA

- BECHTEL, H.,** Cribb P., Edmund, L. (1981). The manual of cultivated orchid species. The MIT Press. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts. p 396.
- BORBA, E. L.,** Braga PIS. (2003). Biología Reproductiva de *Pseudolaelia corcovadensis* (Orchidaceae): melitofilia e autoincompatibilidade em uma *Laeliinae* basal. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 541-549.
- CADEVALL, M.** (2009). Darwin naturalista: el caso de la fecundación de las orquídeas. *Teorema*. Vol. XXVIII/2, 2009, pp. 95-105.
- CALIXTO, C. L.** (2005). Trips del suborden Terebrantia (Insecta: Thysanoptera) en la Sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2), 207-213.
- CARADONNA, P. & Ackerman, J.** (2012) Reproductive assurance for a rewardless epiphytic orchid in Puerto Rico: *Pleurothallis ruscifolia* (Orchidaceae, Pleurothallidinae). *Caribbean Journal of Science*, Vol. 46, No. 2-3, 249-257.
- CARVALHO, R. & Machado, I. C.** (2006). *Rodriguezia bahiensis* Rchb. f.: biología floral, polinizadores e primeiro registro de polinização por moscas Acroceridae em Orchidaceae. *Brazilian Journal of Botany*, 29(3), 461-470.
- CHUNG, M. Y. & Chung M. G.** (2003). The breeding systems of *Cremastra appendiculata* and *Cymbidium goeringii*: high levels of annual fruit failure in two self-compatible orchids. *Annales Botanici Fennici* 40: 81–85.
- DARWIN, C.** (1921). El origen de las especies por medio de la selección natural, Traducción del Inglés hecha por Antonio Zulueta, traducción de la 6ª edición inglesa (3 volúmenes). Madrid.

- DOS SANTOS, J.** (2007). Polinização e biologia reprodutiva de três espécies do gênero *Acianthera* Scheidw. (Orchidaceae) em floresta ombrófila mista. Directora: Isabela Galarda Varassin. PósGraduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- DIEZ, M. C.** (2002). Biología reproductiva de las plantas de los bosques tropicales. Departamento de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. p. 41.
- DODSON, C. H.** (1962). The importance of pollination in the evolution of the orchids of tropical America. *American Orchid Society Bulletin*. 31: 525-534.
- DODSON, C., Dressler, R., Hills, H., Adams, R. & Williams N.** (1969). Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science*, vol. 164: 1243-1249.
- DODSON, C. H. & Escobar, R.** (1993) Orquídeas Nativas del Ecuador. Volumen I. AA-Dracula. Editorial Colina, Medellín.
- DODSON, C. H. & Escobar, R.** (2004). Native Ecuadorian Orchids, Volume V. Missouri Botanical Garden Library. Dodson Publishing. Sarasota, Florida. USA.
- DRESSLER, R.** (1990). The orchids. Natural history and classification. Cambridge, USA. Harvard University Press. 332 p.
- DRESSLER, R.** (2009). Can Sobralias be classified? The problems of identifying ephemeral flowers. *Orchids* Vol. 78 No. 11 pp. 658-663.
- DRESSLER, R.** (2011). ¿Las Sobralias se pueden clasificar? – El complejo de *Sobralia warszewiczii*. Universidad de Costa Rica. Jardín Botánico Lankester, Cartago, Costa Rica. *Lankesteriana* 11(3): 239 - 243.
- eMONOCOT.** (2010, 1 de noviembre). *Sobralia* Ruiz & Pav. Obtenida el 18 de febrero de 2014, de: <http://e-monocot.org/taxon/urn:kew.org:wcs:taxon:192602>

- ENDARA, L., D. A. Grimaldi, B. A. Roy.** (2010). Lord of the flies: Pollination of *Dracula* orchids. *Lankesteriana*. 10(1):1-11
- FREIBERG, S. & Freiberg, E.** (2000) Epiphyte diversity and biomass in the canopy of lowland and montane forests in Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 16: 673-688.
- GRAVENDEEL, B., Smithson, A., Slik, F. J., Schuiteman, A.** (2004). Epiphytism and pollinator specialization: drivers of orchid diversity?. *Philosophical Transactions, The Royal Society, Biological Sciences* 359:1523-1535.
- GUEVARA, J., Josse, C. & PVM.** (2013). Páginas 117-119 en: Ministerio del Ambiente del Ecuador 2012. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.
- IBISCH, P. L., Boegner, A., Nieder, J., Barthlott, W.** (1996). How diverse are neotropical epiphytes? An analysis based on the "Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru". *Ecotropica* 2:13-28.
- JØRGENSEN, P.M. & S. León-Yáñez (eds.).** (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 75: i–viii, 1–1182.
- LEÓN-YÁNEZ, S., R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa Ulloa et H. Navarrete (eds.).** 2011. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia, Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- MILET-PINHEIRO, P. & Schlindwein, C.** (2005). Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures?. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (4): 853–858.
- MINISTERIO del Ambiente del Ecuador.** (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

- MULDER, D.**, Mulder-Roelfsema, T. & Schuiteman, A. (1990). Orchids travel by air a pictorial safari. *Het Houten Hert, Hertenkaan* 8, 6705 CB. Wageningen, the Netherlands.
- NEUBIG, K.**, Whitten, M., Blanco, M., Endara, L., Williams, N. & Koehler, S. (2011). Preliminary molecular phylogenetics of *Sobralia* and relatives (Orchidaceae: Sobralieae). *Lankesteriana* 11(3): 307—317.
- ORCHIDSPECIES**, (2006, 11 de octubre). *Sobralia rosea*. Obtenida el 18 de febrero de 2014, de: <http://www.orchidspecies.com/sobrosea.htm>
- OSPINA, N.**, Diazgranados, M. & Viveros, P. (2007). Observaciones de la polinización y fenología reproductiva de *Brassia cf. antherotes rchb.f.* (Orchidaceae) en un relicto de selva subandina en la reserva natural la montaña del ocaso en Quimbaya. *Universitas Scientiarum. Revista de la Facultad de Ciencias. Edición especial I, Vol. 12, 83-95.* Quindío, Colombia.
- PADRÓN, S.** (2013, 22 de julio). Las abejas que conquistan a sus parejas con fragancias. Obtenida el 30 de noviembre de 2014, de: <http://sebastianpadron.blogspot.com/2013/07/las-abejas-que-conquistan-sus-parejas.html>.
- PANSARIN, E. R.** (2003). Biología reproductiva e polinização em *Epidendrum paniculatum* Ruiz & Pavón (Orchidaceae). *Revista Brasil. Bot.*, V.26, n.2, p.203-211.
- PEREIRA, C.** (2011). Biología da reprodução e polinização de duas espécies de *Elleanthus* C.Presl. (Orchidaceae: Sobralieae) na Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo. Brasil, Campinas.
- QUIROGA, D.**, Martínez, M. & Larrea-Alcázar D. (2010). Sistemas de polinización de cinco especies de orquídeas creciendo bajo condiciones de invernadero. *Ecología en Bolivia* 45(2): 131-137.
- RACH, N.** (2007, 22 de marzo). *Sobralia rosea*, Obtenida el 18 de febrero de 2014, de: http://sobralia.autrevie.com/Sobralia_rosea.html

- RACH, N.** (2010, 26 de abril). The Sobralia Pages. General Distribution of the Genus. Obtenida el 15 de enero de 2015, de: http://sobralia.autrevie.com/Sobralia_TheDistribute.html
- ROGERS, B. & Parsons, R.** (2007). Growing Sobralias. American Orchid Society. Obtenida el 24 de octubre de 2014, de: http://www.aos.org/images/img_content/PDFs/sobralias.pdf
- SHUTTLEWORTH, F. S., Zim, H. S., Dillon, G. W.** (1970). A Golden Guide Orchid. New York. Golden Press, Library of Congress Catalog Card Number: 74-79142.
- STARR, C. & Hook, A.** (2003). The aculeate Hymenoptera of Trinidad, West Indies. Occasional Papers of the Department of Life Sciences, University of the West Indies (12):1-31
- TREMBLAY, R., Ackerman J., Zimmerman J. & Calvo, R.** (2005). Variation in sexual reproduction in orchids and its evolutionary consequences: a spasmodic journey to diversification. *Biological Journal of Linnean Society*84: 1-54
- TREMBLAY, R., Pomales, G., & Méndez, M.** (2006). Flower Phenology and Sexual Maturation: Partial Protandrous Behavior in Three Species of Orchids. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 42, No. 1, 75-80, 2006.
- VAN DER PILJ L, & Dodson C.** (1966). Orchid flowers: their pollination and evolution. Coral Gables, FL: University of Miami Press.
- ZIMMERMAN, J., Roubik, D., Ackerman J.,** (1989). Asynchronous phenologies of a neotropical orchid and its euglossine bee pollinators. *Ecological Society of America. Ecology*, Vol. 70, No. 4, pp. 1192-1195.

Anexo 2. Ejemplares de *Sobralia rosea* cubiertos con malla en las pruebas de sistemas de polinización.



Fuente: Autores

Anexo 4. Pruebas de Chi Cuadrado de la producción de frutos a un nivel de significancia de 0,05.

Resultados observados	Frutos			Resultados esperados	Frutos		
	Si	No	Total		Si	No	Total
Asistida	33	17	50	Asistida	33,67	16,33	50
Cruzada	31	19	50	Cruzada	33,67	16,33	50
Natural	37	13	50	Natural	33,67	16,33	50
Total	101	49	150	Total	101	49	150

Chi-cuadrado			
	Si	No	Total
Asistida	0,0132	0,0272	0,0404
Cruzada	0,2112	0,4354	0,6466
Natural	0,3300	0,6803	1,0103
Total	0,5545	1,1429	1,6973

Fuente: Autores

Anexo 5. Diferencias significativas de Tukey entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%.

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
N vs C	0,173	3,461	2,387	0,002	Si
N vs A	0,035	0,752	2,387	0,733	No
A vs C	0,138	2,749	2,387	0,020	Si
Valor critico de Tukey			3,375		

Categorías	LS medias	Grupos	
Asistida	1,096	A	
Cruzada	0,958		B
Natural	1,131	A	

Fuente: Autores

Anexo 6. Lista general de especies de visitantes florales registrados y sus respectivos análisis.

Orden	Familia	Nombre científico	Gremios tróficos	Numero de flores visitadas	Número de individuos	Número de visitas	Tiempo total de visitas	Promedio de tiempo de visitas	Frecuencias relativa	Frecuencia de visitas
Araneae	Pisauridae	Pisauridae - Sp. 1	Depredador	1	1	1	03:10:00	3:10:00	0,19	Muy raro
Araneae	Salticidae	<i>Phidippus sp.</i>	Depredador	1	1	1	00:28:00	0:28:00	0,19	Muy raro
Araneae	Salticidae	Salticidae - Sp. 1	Depredador	1	1	1	03:44:00	3:44:00	0,19	Muy raro
Araneae	Salticidae	Salticidae - Sp. 2	Depredador	1	1	1	00:03:19	0:03:19	0,19	Muy raro
Araneae	Salticidae	Salticidae - Sp. 3	Depredador	1	1	1	00:00:15	0:00:15	0,19	Muy raro
Araneae	Thomisidae	<i>Misumena sp.</i>	Depredador	1	1	1	04:00:00	4:00:00	0,19	Muy raro
Araneae	Thomisidae	<i>Misumenoides sp.</i>	Depredador	1	1	1	00:15:00	0:15:00	0,19	Muy raro
Blattodea	Blattellidae	<i>Parcoblatta sp.</i>	Saprófago	3	4	4	09:20:00	2:20:00	0,77	Raro
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Cerotoma sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:01:00	0:01:00	0,19	Muy raro
Coleoptera	Chrysomelidae	Chrysomelidae - Sp. 1	Fitófago	2	1	2	00:26:00	0:13:00	0,38	Muy raro
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Diabrotica sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:25:00	0:25:00	0,19	Muy raro
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Halticus sp.</i>	Fitófago	3	3	3	00:12:35	0:04:12	0,58	Raro
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Platyphora sp.</i>	Fitófago	2	1	3	00:10:15	0:03:25	0,58	Raro
Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae - Sp. 1	Fitófago	19	37	43	136:20:29	3:10:15	8,27	Frecuente
Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae - Sp. 2	Fitófago	17	23	30	98:43:00	3:17:26	5,77	Frecuente
Coleoptera	Hybosoridae	Hybosoridae - Sp. 1	Saprófago	1	1	1	00:07:00	0:07:00	0,19	Muy raro
Coleoptera y Thysanoptera	Staphylinidae	Fauna florícola	Fitófago	67	1346	187	1170:15:43	6:15:29	35,96	Frecuente
Diptera	Diptera	Diptera - Sp. 1	Fitófago	8	13	10	21:05:57	2:06:36	1,92	Ocasional
Diptera	Drosophilidae	<i>Drosophila sp.</i>	Saprófago	1	1	1	00:11:17	0:11:17	0,19	Muy raro
Diptera	Syrphidae	<i>Salpingogaster sp. 1</i>	Fitófago	7	6	7	00:18:59	0:02:43	1,35	Raro
Diptera	Syrphidae	<i>Salpingogaster sp. 2</i>	Fitófago	4	3	4	00:05:51	0:01:28	0,77	Raro
Hemiptera	Cicadellidae	Cicadellidae - Sp. 1	Fitófago	1	1	1	00:01:00	0:01:00	0,19	Muy raro
Hemiptera	Coreidae	<i>Gonocerus sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:19:00	0:19:00	0,19	Muy raro
Hemiptera	Reduviidae	Reduviidae - Sp. 1	Depredador	1	1	1	00:07:00	0:07:00	0,19	Muy raro
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis sp.</i>	Nectarívoro	2	2	2	00:00:11	0:00:05	0,38	Muy raro
Hymenoptera	Apidae	<i>Euglossa sp.</i>	Nectarívoro	1	1	1	00:00:23	0:00:23	0,19	Muy raro
Hymenoptera	Apidae	Euglossini - Sp. 1	Polinizador	2	1	2	00:00:17	0:00:09	0,38	Muy raro

Hymenoptera	Apidae	<i>Eulaema cingulata</i>	Polinizador	10	8	10	00:04:21	0:00:26	1,92	Ocasional
Hymenoptera	Apidae	<i>Eulaema meriana</i>	Polinizador	6	7	7	00:02:52	0:00:25	1,35	Raro
Hymenoptera	Apidae	<i>Xylocopa sp.</i>	Nectarívoro	1	1	1	00:00:01	0:00:01	0,19	Muy raro
Hymenoptera	Formicidae	<i>Dorymyrmex sp.</i>	Depredador	17	23	27	02:26:01	0:05:24	5,19	Frecuente
Hymenoptera	Formicidae	<i>Pseudomyrmex sp.</i>	Fitófago	16	17	20	03:12:04	0:09:36	3,85	Ocasional
Hymenoptera	Formicidae	<i>Solenopsis sp.</i>	Depredador	1	4	1	02:00:00	2:00:00	0,19	Muy raro
Hymenoptera	Pompilidae	<i>Pepsis sp.</i>	Depredador	1	1	1	00:00:10	0:00:10	0,19	Muy raro
Hymenoptera	Pompilidae	<i>Pepsis sp. 2</i>	Depredador	2	2	2	00:00:56	0:00:28	0,38	Muy raro
Hymenoptera	Sphecidae	<i>Sphex sp</i>	Depredador	2	6	6	00:06:02	0:01:00	1,15	Raro
Hymenoptera	Vespidae	<i>Mischocyttarus sp.</i>	Depredador	14	14	21	00:42:07	0:02:00	4,04	Frecuente
Hymenoptera	Vespidae	<i>Mischocyttarus sp. 2</i>	Depredador	2	1	2	00:00:10	0:00:05	0,38	Muy raro
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes sp.</i>	Depredador	4	4	4	00:22:10	0:05:33	0,77	Raro
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes sp. 2</i>	Depredador	1	1	1	00:00:05	0:00:05	0,19	Muy raro
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes sp. 3</i>	Depredador	4	4	4	00:04:28	0:01:07	0,77	Raro
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Perichares adela</i>	Nectarívoro	3	2	5	00:12:14	0:02:27	0,96	Raro
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Pompeius pompeius</i>	Nectarívoro	6	6	7	00:18:45	0:02:41	1,35	Raro
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Tosta niger</i>	Nectarívoro	1	1	1	00:00:09	0:00:09	0,19	Muy raro
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Urbanus spp.</i>	Nectarívoro	4	4	4	00:01:07	0:00:17	0,77	Raro
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Hermeuptychia sosybius</i>	Nectarívoro	16	13	16	00:33:42	0:02:06	3,08	Ocasional
Lepidoptera	Papilionidae	<i>Heraclides sp</i>	Nectarívoro	1	1	1	00:00:01	0:00:01	0,19	Muy raro
Orthoptera	Acrididae	<i>Abracris flavolineata</i>	Fitófago	5	5	5	01:10:00	0:14:00	0,96	Raro
Orthoptera	Acrididae	<i>Aptoceras sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:08:00	0:08:00	0,19	Muy raro
Orthoptera	Acrididae	<i>Episomacris sp.</i>	Fitófago	3	3	3	03:59:22	1:19:47	0,58	Raro
Orthoptera	Acrididae	<i>Eulampiacris sp.</i>	Fitófago	2	3	3	00:34:17	0:11:26	0,58	Raro
Orthoptera	Acrididae	<i>Orphulella sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:25:00	0:25:00	0,19	Muy raro
Orthoptera	Acrididae	<i>Syntomacris sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:00:30	0:00:30	0,19	Muy raro
Orthoptera	Tetrigidae	<i>Batrachidea sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:50:00	0:50:00	0,19	Muy raro
Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Ceraia sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:07:00	0:07:00	0,19	Muy raro
Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Conocephalus equatorialis</i>	Fitófago	5	9	14	15:03:51	1:04:34	2,69	Ocasional
Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Conocephalus versicolor</i>	Fitófago	13	22	35	05:24:10	0:09:16	6,73	Frecuente
Phasmatodea	Heteronemiidae	<i>Oreophoetes peruana</i>	Fitófago	1	1	1	00:02:26	0:02:26	0,19	Muy raro
Phasmatodea	Phasmatidae	<i>Acanthomenexenus sp.</i>	Fitófago	1	1	1	00:08:00	0:08:00	0,19	Muy raro

Fuente: Autores

