

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Caesalpinia ebano* H. KARST. DE BOSQUE
SECO TROPICAL EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, COLOMBIA.**

JHON FERNANDO REINEL HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
MONTERÍA - CÓRDOBA
2020**

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Caesalpinia ebano* H. KARST. DE BOSQUE
SECO TROPICAL EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, COLOMBIA**

JHON FERNANDO REINEL HERNÁNDEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Biólogo

DIRECTORA:

ROSALBA RUIZ VEGA, Ph.D.

Docente, Programa de Biología, Universidad de Córdoba

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
MONTERÍA - CÓRDOBA
2020**

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del trabajo será solo de los autores (Artículo 61 del estatuto de investigación y extensión de la universidad de Córdoba, acuerdo No 093 del 26 de noviembre de 2002).

NOTA DE ACEPTACIÓN

ROSALBA RUIZ VEGA, Ph.D.

Directora de trabajo de grado

Universidad de Córdoba

MERLY YENEDITH CARRILLO FAJARDO, MSC.

Jurado Evaluador

Universidad de Córdoba

JORGE ENRIQUE ARIAS RIOS, MSc.

Jurado Evaluador

Universidad de Córdoba

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la profesora, Ph. D Rosalba Ruiz Vega por la orientación durante el proceso de desarrollo de este trabajo y por las puntuales revisiones a los escritos realizados.

A los jurados, Merly Carrillo Fajardo y Jorge Arias Ríos por sus correcciones y sugerencias en la formulación y ejecución de esta investigación.

A la bióloga Heidy Saab Ramos por el apoyo y guía para la elaboración de la investigación, a Fray y Julieth por el apoyo en el trabajo de campo.

Agradezco también a la administración del Parque Ecológico Jaguares de Montería, que permitió el acceso a la zona de estudio.

DEDICATORIA

“Dedico este trabajo de grado con mucho cariño y amor principalmente a mi madre por todo el apoyo incondicional que me brindó, a mis compañeros de universidad por los consejos, motivación y apoyo durante todo este proceso académico.”

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. ESTADO DEL ARTE	16
3.1 MARCO TEÓRICO	16
3.1.1 Estructura de la flor	16
3.1.2 Sistemas florales	16
3.1.3 Fenología reproductiva	17
3.1.4 Sistemas reproductivos	17
3.1.5 Visitantes florales	18
3.1.6 Síndrome de polinización	19
3.2 ANTECEDENTES	19
4. DISEÑO METODOLOGICO	23
4.1 AREA DE ESTUDIO	23
4.2 METODOLOGÍA	24
4.2.1 Biología floral.....	24
4.2.2 Sistemas de reproducción	25
4.2.3 Visitantes florales	26
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
5. RESULTADOS	28
5.1 Biología floral	28
5.2 Dinámica de floración	29
5.3 Sistemas reproductivos	30
5.4 Visitantes florales	35
6. DISCUSION	37
7. CONCLUSIONES	41
8. RECOMENDACIONES	42
9. BIBLIOGRAFIA	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Ubicación geográfica del parque ecológico Jaguares de Montería, Córdoba-Colombia	23
FIGURA 2. Ubicación de los árboles seleccionados dentro del área de estudio ..	24
FIGURA 3. Inflorescencia aislada	25
FIGURA 4. Morfología externa de una flor de <i>Caesalpinia ebano</i> . AB: hercogamia; C: filamento con tricomas; D: guía de néctar; E: pétalos y F: sépalos	29
FIGURA 5. Dinámica de floración de <i>Caesalpinia ebano</i> . A y B: Gineceo, androceo y corola cubiertos totalmente por el cáliz. C y D: Flor parcialmente abierta. E: Flor completamente abierta. F: Senescencia floral	30
FIGURA 6. Promedio de los frutos formados y frutos viables para cada tratamiento	31
FIGURA 7. A: Promedio del peso del fruto, B: número de semillas y C: peso de la semilla por tratamiento	33
FIGURA 8. Análisis de componente principal (ACP). FrP: flores polinizadas, FrV: frutos viables y FrF: frutos formados	35
FIGURA 9. Frecuencia de los visitantes florales de <i>Caesalpinia ebano</i> en los tres rangos de tiempo.....	36
FIGURA 10. A: Visita de <i>Trigona sp1</i> , B: Perforación del caliz.....	38

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Número de frutos formados, el porcentaje de frutos abortados y el porcentaje de fructificación por tratamiento	31
TABLA 2. Comparación del número frutos maduros entre los tratamientos (Dunn). (* Diferencias significativas)	34
TABLA 3. Visitantes florales de <i>Caesalpinia ebano</i>	35

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de caracterizar los patrones de la biología reproductiva de *Caesalpinia ebano*, endémica de los bosques secos de Colombia. El estudio se llevó a cabo en el parque ecológico Jaguares de Montería del departamento de Córdoba. Se describió la biología floral, se evaluaron diferentes tipos de polinización (autopolinización inducida, polinización cruzada, autopolinización espontánea, polinización abierta) y se registró la frecuencia de los visitantes florales. *C. ebano* presenta flores hermafroditas con una longitud de 1,3 cm desde el pedúnculo y un promedio de vida aproximado, desde la antesis hasta la dehiscencia, de tres días. Los resultados obtenidos indican que esta especie solo produce frutos por polinización cruzada y polinización abierta, aunque en la autopolinización inducida se formaron frutos, todos fueron abortados. Según el sistema reproductivo que presenta *C. ebano*, es estrictamente dependiente de los polinizadores para su éxito reproductivo. El peso de las semillas y frutos no fueron significativamente diferente entre los tratamientos; no obstante, hubo diferencias significativas respecto al número de semillas entre los tratamientos. Por otro lado, el visitante floral con mayor frecuencia de visitas fue *A. mellifera*.

Palabras claves: Biología reproductiva, autoincomtabilidad, visitantes florales, *Caesalpinia ebano*.

ABSTRACT

The present work was carried out in order to characterize the reproductive biology patterns of *Caesalpinia ebano*, endemic to the dry forests of Colombia. The study was carried out in the Jaguares de Montería ecological park in the department of Córdoba. Floral biology was described, different types of pollination were evaluated (induced self-pollination, cross-pollination, spontaneous self-pollination, open pollination) and the frequency of flower visitors was recorded. *C. ebano* presents hermaphrodite flowers with a length of 1.3 cm from the peduncle and an approximate average life span, from anthesis to dehiscence, of three days. The results obtained indicate that this species only produces fruits by cross pollination and open pollination, although in the induced self-pollination fruits were formed, all were aborted. According to the reproductive system that *C. ebano* presents, it is strictly dependent on pollinators for its reproductive success. The weight of the seeds and fruits were not significantly different between the treatments; however, there were significant differences regarding the number of seeds between the treatments. On the other hand, the floral visitor with the highest frequency of visits was *A. mellifera*.

Key words: Reproductive biology, self-incompatibility, floral visitors, *Caesalpinia ebano*

1. INTRODUCCIÓN

Debido a los procesos como la degradación del suelo por erosión, el inadecuado uso del mismo, el riesgo de incendios y la ejecución de proyectos de infraestructura, el bosque seco tropical (BsT) en Colombia, está categorizado en estado Crítico (1) y las interacciones entre las plantas y los polinizadores son vulnerables ante estas amenazas. Las actividades que reducen la cobertura y alteran el hábitat, fumigaciones aéreas o talas selectivas, inciden de manera directa sobre las posibilidades de persistencia de la especie y de forma indirecta, hacia las especies con las que interactúan. Los insecticidas que se aplican en las cosechas aledañas a los fragmentos de bosque pueden reducir las poblaciones de insectos en dichos lugares (2), esta situación pone en grave riesgo a la biodiversidad asociada al BsT y, por lo tanto, a los procesos ecológicos que aseguran la funcionalidad de este bioma y principalmente al proceso de polinización (3).

En el departamento de Córdoba se reportan dos especies pertenecientes a *Caesalpinia*, *C. pulcherrima* y *C. coriaria* (4), por lo tanto, *Caesalpinia ebano* no se encuentra reportado para este departamento en dicho registro; *C. ebano* pertenece a la familia Fabaceae y es endémica de los bosques secos de Colombia (5). De los estudios realizados de biología reproductiva en *Caesalpinia*, se tienen registros de que son especies autoincompatibles, aunque hay reportes de autocompatibilidad para este género (6); generalmente, se desconocen estos patrones de reproducción en las plantas de la zona de bosque seco tropical del departamento de Córdoba y principalmente en *C. ebano*.

Existen especies de plantas amenazadas por la extracción de recursos naturales y aprovechamiento no sostenible de los recursos forestales, esto causa un aumento en el deterioro de la diversidad biológica (7), afectando especies como *C. ebano* que es una planta fijadora de nitrógeno y es usada como forraje para el ganado vacuno; esta especie nativa y endémica de Colombia se conoce comúnmente como

Ebano o Granadillo, además de Córdoba, se encuentra en el Urabá antioqueño y en los departamentos de la Guajira, Magdalena y Bolívar de la región Caribe. Tolera suelos pobres y arenosos, bien drenados, y se logra adaptar a zonas húmedas; puede superar los 18 m de altura y en bosques poco intervenidos pueden llegar a los 40 m (8), presenta la corteza externa ligeramente marrón a gris, con placas escamosas y flores pequeñas amarillas (9).

Según Cárdenas y Salinas (10) se encuentra categorizada En peligro (EN A2cd), por lo que han sido registradas muy pocas poblaciones y principalmente han sido explotadas con fines madereros durante un gran periodo de tiempo (dos siglos pasados) en Riohacha, donde fue un importante centro de exportación de esta madera. También, ha sido usada en proyectos de restauración arquitectónica en Cartagena (11). A nivel regional, CORPOURABA, mediante la resolución 076395 del 4 de agosto de 1995, prohibió su aprovechamiento e impuso la veda sobre cualquier explotación en su jurisdicción (10).

Mesa *et al.*, (9) la establecen como especie objeto de conservación (OdC) para la región del Caribe colombiano, con un valor de riesgo de 144, en una escala de calificación de 56 a 300, basada en las vulnerabilidades de la especie, el área de distribución, el tamaño poblacional, el tipo de polinizador y las amenazas, entre estas: la sobreexplotación de recursos. Además, por la situación de amenaza, *C. ebano* se encuentra incluida en el listado de plantas priorizadas para la conservación en esta región (8).

En Colombia el mayor énfasis de los trabajos de biología reproductiva se ha enfocado en la fenología de especies con reconocido valor alimentario (14,15,16,17,18,19,20), es decir, se ha desarrollado una fenología utilitarista con fines económicos, por encima de una fenología con fines ecológicos de conservación de especies, de las estrategias reproductivas, de las interacciones con los animales, y en general, una fenología en la que prime el perfil científico y busque aproximaciones para entender la dinámica de poblaciones (21,22).

El síndrome de polinización ha sido un asunto fundamental en los estudios de biología reproductiva debido a su capacidad de predecir el tipo de polinizador de una especie dada, basado en las observaciones de ciertos rasgos florales (12). En este sentido, se ha planteado que el polinizador más eficaz y/o frecuente selecciona determinados rasgos florales (13), carácter considerable para la conservación de la especie. Una de las características particulares del bosque seco, es que varias especies del dosel presentan floración en masa, este patrón de floración es determinante para los polinizadores, sin embargo, es poca la información sobre los síndromes de polinización en los bosques secos tropicales (3).

El estudio de biología reproductiva en vegetales, es útil para la conservación de especies amenazadas, pues determina los sistemas reproductivos de las plantas y las interacciones con otras especies. Aun así, se desconocen este tipo de estudios para el departamento de Córdoba. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo: caracterizar los patrones de la biología reproductiva de *C. ebanum* de bosque seco tropical en el departamento de Córdoba.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los patrones de la biología reproductiva de *C. ebano* de bosque seco tropical en el departamento de Córdoba.

2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer la biología floral de *C. ebano*

Identificar los sistemas reproductivos de *C. ebano*

Determinar la frecuencia de los visitantes florales de *C. ebano*

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Estructura de la flor

Las flores son las estructuras reproductivas que caracterizan a las plantas angiospermas (23). Una flor típica está compuesta por cuatro verticilos florales, o conjunto de hojas modificadas con fines reproductivos. En la parte más externa se localiza el cáliz, conformado por sépalos que sirven de protección a las partes sexuales. Enseguida encontraremos la corola, que corresponde al conjunto de pétalos, generalmente asociados con la atracción de polinizadores. Al interior de estos se encuentra el androceo, que es el verticilo masculino integrado por un conjunto de estambres. Los estambres, a su vez, se dividen en filamento y antera, y es en esta última estructura donde se encuentra el polen o gametos masculinos. Finalmente, en la parte central de la flor se encuentra el gineceo, que está dividido en ovario, estilo y estigma. Dentro del ovario se encuentran los óvulos o gametos femeninos. Las flores pueden ser bisexuales, con estambres y pistilos, o unisexuales, con solo órganos funcionales masculinos (flor estaminada) o femeninas (flor pistilada) (24).

3.1.2 Sistemas florales

Los sistemas florales se refieren específicamente a las características de las flores bisexuales que optimizan el éxito reproductivo, a través de mecanismos que promueven la autopolinización o la polinización cruzada. Básicamente, los términos de los sistemas actuales que potencian la polinización cruzada se refieren a variaciones en la presentación espacial y temporal de los órganos sexuales en la flor que mejoran las funciones masculinas y femeninas. Sin embargo, las plantas también han desarrollado estrategias que aseguran su éxito reproductivo por sí mismas, generalmente asociadas con la limitación de los polinizadores, algunos tipos de sistemas florales son: hercogamia, heterostilia, enantiostilia, cleistogamia y dicogamia (24).

3.1.3 Fenología reproductiva

La fenología es el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año (25). En muchas especies se ha encontrado que su éxito depende de condiciones ambientales específicas que activan los procesos reproductivos. Las precipitaciones en muchos casos pueden favorecer la apertura de botones florales y optimizar así el rendimiento de la planta (26). Entre los factores bióticos que influyen en la expresión de patrones fenológicos se encuentran la disponibilidad e interacciones de polinizadores, dispersores, depredadores de semillas y herbívoros (27)

Los eventos fenológicos son conocidos como fenofases, es útil distinguir dos categorías para las fenofases del ciclo de vida de las plantas: vegetativas y reproductivas. La fenología reproductiva abarca en su estudio a los procesos de floración y fructificación, así como su relación con los factores bióticos y abióticos. Estos factores influyen en la expresión de las fenofases botón, flor y fruto. Generalmente, la descripción de las fenofases reconoce etapas de desarrollo, por ejemplo, el crecimiento de las yemas foliares, la expansión de la lámina, la senescencia de hojas o flores y la maduración de frutos (28).

3.1.4 Sistemas reproductivos

Las diferentes terminologías dentro de los sistemas de apareamiento o sistemas reproductivos consideran el modo de transferencia de genes de una generación a la siguiente a través de la reproducción sexual. Está relacionado con la relación genética entre los gametos involucrados, específicamente con respecto a la fuente del gameto masculino. Los determinantes importantes de los sistemas de apareamiento de una planta dada son la tasa de autogamia materna y el éxito masculino a través de la dispersión de granos de polen (29).

Los diferentes modos de apareamiento en las plantas son:

Autogamia (autofecundación): Consiste en la fertilización de los gametos femeninos por los masculinos de la misma flor después de la autopolinización, que

puede ocurrir solo en las flores bisexuales (30). Por lo tanto, siempre está asociada a la autocompatibilidad (24), **2) Geitonogamia**: Consiste en la fertilización entre gametos de diferentes flores del mismo individuo (31). La geitonogamia puede ocurrir en flores bisexuales y unisexuales (en este caso en especies monoicas) (24) y **3) Xenogamia** (fertilización cruzada): La xenogamia es la fertilización de gametos de flores de diferentes individuos después de la polinización cruzada (30). En este tipo de fertilización, las plantas no transmiten sus genotipos completos a la próxima generación (como en autogamia y geitonogamia), sino solo una parte de sus alelos. Esto promueve un aumento en la variabilidad genética a través de nuevas combinaciones. Cada generación, surgirán nuevos individuos con constituciones alélicas diferentes de la parental. Esta diversidad genética en la población puede permitir a los individuos adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales y aumentar la probabilidad de supervivencia y cambio evolutivo. Una desventaja de la xenogamia es que requiere un vector de polen para transferir gametos entre plantas (32).

3.1.5 Visitantes florales

Los visitantes florales se pueden definir como aquellos grupos de artrópodos y otros animales que interactúan, llegan y aprovechan un recurso de las partes florales de las plantas. Cabe aclarar que no todos los visitantes tienen una relación como polinizador y pueden tener otra relación con la planta (14).

El comportamiento de los visitantes florales depende tanto del tamaño, como de la densidad de flores dentro de una población. Una densidad baja de flores, puede reducir la atracción de los polinizadores y las distancias grandes entre las plantas pueden provocar que la transferencia de polen ocurra dentro de la misma planta (33). Además, la disponibilidad de recompensas florales también puede modular la conducta de los visitantes florales (34).

Maloof e Inouye (35), clasifican a los visitantes florales de acuerdo con su conducta, como: 1) Polinizador eficaz: cuando colectan siempre el recurso floral primario que

es el néctar, haciendo contacto con las estructuras reproductoras. 2) Polinizador ocasional: cuando los animales sólo colectan néctar o polen durante las visitas raras, o cuando los visitantes no hacen contacto de forma consistente con las estructuras reproductoras. 3) Ladrones de néctar o polen: cuando los visitantes siempre colectan néctar sin hacer nunca contacto con las estructuras reproductoras, y 4) visitantes florales que remueven el néctar de las flores a través de una perforación en la corola accediendo directamente a la cámara de néctar.

3.1.6 Síndrome de polinización

En las Angiospermas, las plantas que forman flores y semillas, la reproducción sexual es un proceso complejo. Se inicia con la polinización, la llegada del grano de polen procedente de las anteras masculinas a los tejidos femeninos organizados en el pistilo (36). Al conjunto de características florales que permite inferir la forma como se produce el traslado de polen, relacionadas con la atracción de uno o más grupos particulares de polinizadores, se le llama síndrome de polinización (12). Como ejemplo, las flores rojas de corola tubular larga y estrecha y abundante producción de néctar corresponden con el síndrome de polinización por aves u ornitófilico. Por otro lado, las flores de color amarillo o azul-morado con labio ancho y tubos florales cortos, generalmente corresponden con el síndrome de polinización por abejas o melitófilico (37).

3.2 ANTECEDENTES

La fenología reproductiva y la ecología de la polinización resultan de gran utilidad para la conservación de plantas amenazadas, de este modo Grases y Ramírez (38), caracterizaron la biología floral, biología de polinización y sistema de apareamiento de cinco especies ornitofilias de un fragmento de bosque caducifolio secundario en Venezuela, con la intención de conocer sus características individuales y sus interacciones planta-planta y planta-polinizador, así como evaluar comparativamente la eficiencia reproductiva entre especies naturales y exóticas, bajo condiciones de alteración secundaria de la vegetación.

Ochoa-Gaona *et al.*, (39), caracterizaron la fenología reproductiva de las especies de árboles más comunes de los bosques de Tabasco, México para sentar bases para su manejo y conservación. Los patrones fenológicos varían entre los individuos y entre los años, y no están correlacionados estacionalmente. Los datos que generaron son relevantes para programar los mejores períodos de recolección de semillas de acuerdo con individuos o grupos de especies, como parte del manejo forestal y las prácticas de conservación.

Gan *et al.*, (40), determinaron la biología floral, los sistemas de reproducción y la ecología polinización de un árbol en peligro de extinción: *Tetracentron sinense* Oliv. (Trochodendraceae) en provincia de Sichuan, China. Este trabajo fue estudiado con una perspectiva de conservación con el fin de profundizar en la comprensión de la biología reproductiva de *T. sinense*, e identificar los factores que resultan en peligro durante la floración y polinización, así como examinar las implicaciones de los resultados para su conservación.

Gonzales (34), caracterizó la fenología reproductiva y describió la ecología de la polinización de *Harpalyce macrocarpa* Brit. y Will. de la familia Fabaceae en Villa Clara, Cuba. Además, calculó un índice de sincronía de la floración y evaluó la eficiencia de la polinización mediante dos tasas (Fruto/Flor y Semilla/Óvulo). La mayoría de los visitantes florales se consideraron himenópteros y manifestaron conductas ilegítimas, lo que puede afectar el éxito reproductivo al no hacer contacto con las estructuras reproductoras.

Para los estudios realizados en Colombia se resalta el de Núñez-Avellaneda y Rojas-Robles (14), donde describieron la fenología, la biología floral, el sistema reproductivo y la ecología de la polinización, analizando atrayentes y recompensas ofrecidos por las flores, eficiencia de los visitantes florales en la polinización y composición química de los aromas florales de *Oenocarpus bataua* Mart., en los Andes colombianos del departamento de Antioquia. Esta información resulta importante y prioritaria debido al proceso de domesticación iniciado hace varios

años, al acelerado deterioro de los ecosistemas que alojan sus poblaciones y a los posibles planes de manejo requeridos para el aprovechamiento sostenible de esta especie económicamente promisoría.

Gómez (21), caracterizó la fenología reproductiva de un amplio número de especies de gran importancia ecológica en el departamento de Antioquia; algunas de ellas también con notable importancia económica y cultural, con la finalidad de propender por el conocimiento de los factores reproductivos que más afectan la conservación de dichas especies. Asimismo, hasta donde la información acerca de factores bióticos y abióticos lo hace posible, el trabajo relaciona los eventos fenológicos con dichos factores en la búsqueda de caminos hacia los determinantes de los sucesos reproductivos en los árboles tropicales. De igual manera, contiene aportes significativos para el estudio de la dinámica de poblaciones y comunidades naturales.

Ángel *et al.*, (17), estudiaron la biología floral y reproductiva de *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims en cultivos ubicados en la Cordillera Oriental en los Andes colombianos (Boyacá). La flor presentó antesis entre las 6 y las 8 hrs, la longevidad floral promedio fue de 25 hrs, los experimentos de polinización indican que la gulupa es una variedad altamente autocompatible, pero requiere de los polinizadores para producir una buena cosecha, pues sólo el 33% de los frutos se forma sin el acceso de éstos.

Corredor y García (15), evaluaron el desarrollo fenológico, caracterización morfológica, antesis, descripción del grano de polen y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena, Colombia. Los resultados muestran que los cultivares no difieren en los cambios fenológicos que presentan durante el desarrollo de la yema hasta la formación del fruto.

Pinilla-Gallego y Nates-Parra (41), determinaron la diversidad de visitantes florales y el nivel de polinización en cultivos de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.), gulupa (*P. edulis* f. *edulis*) y maracuyá (*P. edulis*), así como explorar la viabilidad de la cría de especies del género *Xylocopa* a través de nidos trampa, en Boyacá, Colombia. En cada cultivo se evaluó la frecuencia de visitas de este género y otros insectos durante dos periodos de floración, así como el porcentaje de formación de frutos y características de los frutos producidos. Se usaron nidos trampa de tubos de bambú y troncos de eucalipto. Los resultados muestran que en el cultivo de gulupa el porcentaje de formación de frutos es alto a pesar de la baja frecuencia de visitas de *Xylocopa*, mientras que en los cultivos de granadilla y maracuyá se podría incrementar el porcentaje de formación de frutos.

Cárdenas-Henao *et al.*, (22), evaluaron la fenología vegetativa y reproductiva de cuatro especies de árboles de bosque seco tropical (*Jacaranda caucana* Pittier, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Albizia saman* (Jacq.) Merr. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A. DC.), en el Jardín Botánico Universitario de la Universidad del Valle, Cali-Colombia. Se encontró que el muestreo quincenal es la frecuencia óptima para registrar la fenología de las cuatro especies en el área de estudio. Sólo se observó una tendencia bimodal en la floración de *J. caucana* y *A. saman*, y en la caída de follaje de *A. saman* y *T. rosea*. La producción de botones florales y flores en las especies estudiadas, incrementó cuando aumentó la precipitación o inmediatamente después. En *J. caucana*, la ocurrencia de botones florales, flores y frutos maduros tuvieron una correlación inversa con la precipitación y directa con la temperatura.

Téllez Pérez (16), describió los aspectos reproductivos de *Momordica charantia* L. de una población silvestre ubicada en la Orinoquia colombiana. Los resultados indican que es una especie monoica, con floración y formación de frutos durante todo el año, son morfológicamente parecidas las flores femeninas y masculinas, reproducida alogamicamente con el 58%, altamente eficiente con 83,5% de flores femeninas transformadas en frutos.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Parque Ecológico Jaguares de Montería, se encuentra ubicado en el km 7 de la vía Montería-Planeta Rica, al suroriente del casco urbano de Montería del departamento de Córdoba; se localiza en las coordenadas $8^{\circ}42'28''$ N $75^{\circ}49'44''$ W a 25 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). El Ecoparque comprende una población de *C. ebano* con más de 50 individuos, de los cuales fueron seleccionados siete para realizar el estudio (individuos en floración) por disponibilidad de la población (Figura 2).

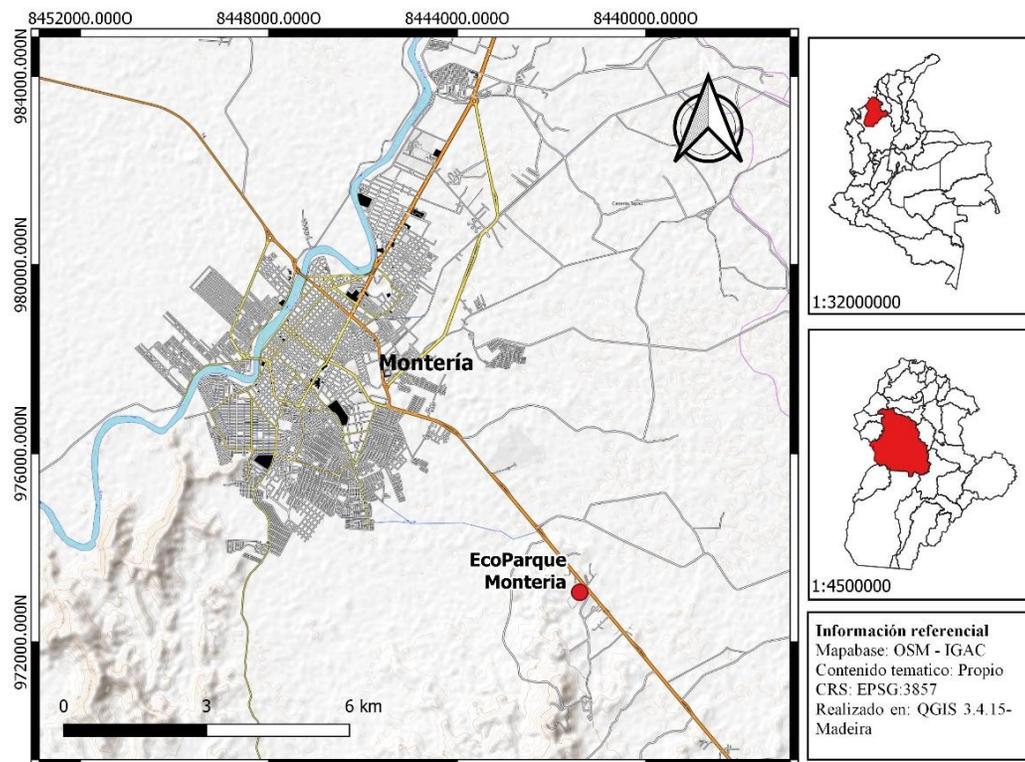


Figura 1: Ubicación geográfica del parque ecológico Jaguares de Montería, Córdoba-Colombia.

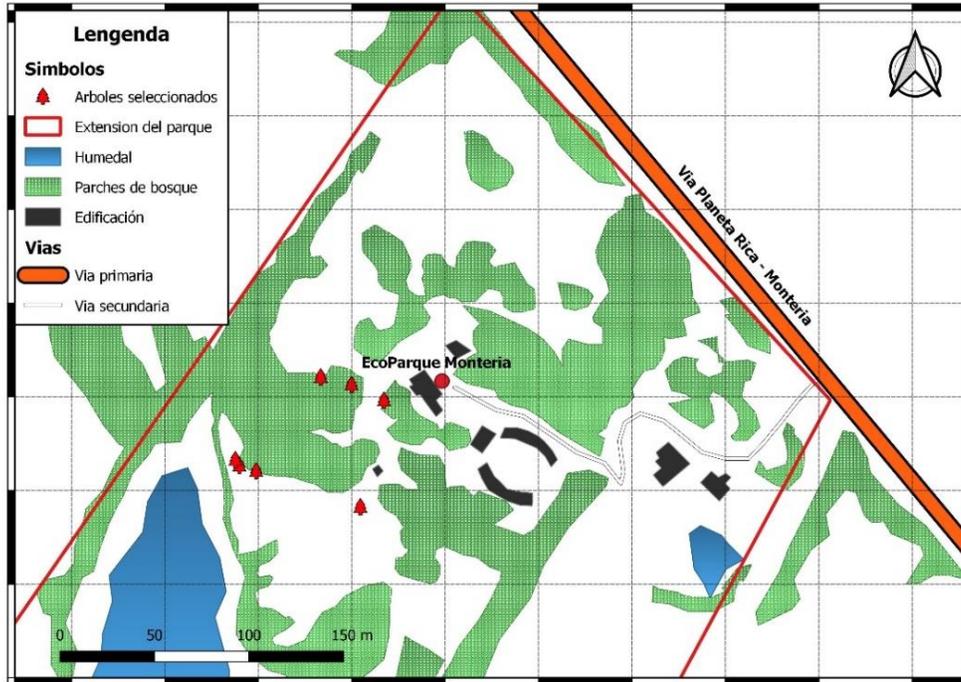


Figura 2: Ubicación de los árboles seleccionados dentro del área de estudio.

4.2 METODOLOGÍA

4.2.1 Biología floral

Las inflorescencias colectadas se llevaron al laboratorio de Botánica de la Universidad de Córdoba, se describió la coloración de los verticilos florales, se realizaron disecciones en el ovario de la flor para estimar el número de óvulos y describir el tipo de placentación. Con la ayuda de una regla milimétrica, se midió la longitud de la flor, de los estambres y del pistilo.

Durante el periodo de floración de la población de *C. ebano*, se determinó la dinámica de floración de la flor, realizando observaciones diarias y continuas durante cuatro días desde el momento de la antesis floral hasta la senescencia de la misma, registrando cambios morfológicos como la apertura de los sépalos y pétalos, cambios de posición y número de estambres, apertura de anteras y coloración de los verticilos florales.

4.2.2 Sistema de reproducción

En los árboles seleccionados de la población de *C. ebanum* con una altura aproximada de 10 a 12 metros y buenas condiciones fitosanitarias, se aplicaron cuatro tratamientos de polinización controlada, ubicados al Oeste y Suroeste del Ecoparque (Figura 2), donde los botones florales fueron aislados de los visitantes florales con bolsas de tela organza (Figura 3), para ello se seleccionaron cinco inflorescencias por tratamiento, modificado de Musicante y Galetto (42).



Figura 3. Inflorescencia aislada.

T1: El primer grupo de cinco inflorescencias, luego de producirse la apertura floral, se polinizó manualmente con polen del mismo individuo, pero de otra flor. (Autopolinización inducida, geitonogamia).

T2: Un segundo grupo de cinco inflorescencias, cuyos estigmas no tuvieron contacto con polen de la misma flor (flores previamente emasculadas, en el cual se eliminaron todas las anteras de la flor antes de la dehiscencia), fueron polinizadas con polen de otros individuos de la misma población (polinización cruzada, xenogamia).

T3: El tercer grupo de cinco inflorescencias fue mantenido dentro de las bolsas de tela organza durante toda su vida, para cuantificar la producción de frutos sin intervención de los polinizadores (autopolinización espontánea, autogamia).

T4: El cuarto grupo de cinco inflorescencias fue marcado y permaneció expuesto a los visitantes florales durante toda la anthesis (polinización abierta, control). Los frutos y semillas colectados por cada tratamiento fueron cuantificados y pesados en una balanza analítica.

4.2.3 Visitantes florales

Los visitantes florales de *C. ebano* fueron observados en 100 inflorescencias durante 12 horas, para ello se utilizó una escalera metálica de 2 m de altura y una distancia de 1 a 2 metros de las inflorescencias, se establecieron periodos de tiempo a diferentes horas del día (8 am - 10 am, 11 am - 1 pm y 2 pm - 4 pm) siguiendo la metodología usada por Nuñez y Carreño (43). Para coleccionar los visitantes florales se utilizó un método de captura directa (jameo). Los insectos capturados fueron colocados en frascos muestras con alcohol al 70 %, los cuales fueron identificados hasta el nivel taxonómico posible en el laboratorio de entomología de la Universidad de Córdoba.

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El porcentaje de fructificación fue obtenido de la siguiente relación: número de frutos producidos sobre número de flores tratadas por cien.

$$\% \text{ de fructificación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de frutos}}{\text{N}^\circ \text{ de flores}} \times 100$$

Para calcular el éxito reproductivo para cada uno de los tratamientos de acuerdo con Dafni (43), se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Éxito reproductivo} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de frutos obtenidos}}{\text{N}^\circ \text{ de flores tratadas}} \times \frac{\text{N}^\circ \text{ promedio de semillas obtenidas por fruto}}{\text{N}^\circ \text{ promedio de óvulos por flor}} \right)$$

La fructificación, la masa y número de semillas por tratamientos de polinización, al igual que la frecuencia de los visitantes florales, fueron analizados en el programa R, utilizando las pruebas de Shapiro – Wilks y Test de Bartlett para determinar la normalidad y homogeneidad de los datos. Como los supuestos no se cumplieron, es decir, los datos siguen una estadística no paramétrica, se utilizó la prueba De Kruskall Wallis para determinar la estadística inferencial de los datos.

H0: No existe diferencias significativas de las variables entre los tratamientos

Vs

H1: Existe diferencias significativas de las variables entre los tratamientos

5. RESULTADOS

5.1. Biología floral

C. ebano es una especie que presenta inflorescencia racemosa botrítica con flores hermafroditas, cada flor tiene un promedio de vida aproximado, desde la antesis hasta la dehiscencia, de tres días y una medida de longitud de 1,3 cm desde el pedúnculo. Presenta cinco sépalos libres (dialisépalos) de tono rojizo sobre el centro y de color amarillo hacia la margen del perfil abaxial, cinco pétalos libres (dialipétalos) de color amarillo y dentro de los mismos, un pétalo con puntos rojos en la zona central de la cara adaxial, característica denotada como posible guía de néctar o atracción para los polinizadores.

La flor tiene simetría zigomorfa, 10 estambres con un tamaño promedio de $0,92 \pm 0,042$ cm, de color verde claro en el filamento, con presencia de tricomas y de color rojizo claro en la antera cuando está inmadura; durante y después de liberar el polen, ésta se torna marrón oscuro, con dehiscencia longitudinal y extrorsa. El ovario es supero y presenta un número promedio de ($n=10$) $9 \pm 1,3$ óvulos por flor; el tipo de placentación es marginal, estilo y estigma de color verde claro y la longitud del pistilo presenta una media de ($n=10$) $0,86 \pm 0,052$ cm, presentando así una hercogamia de 0,06 cm (Figura 4).

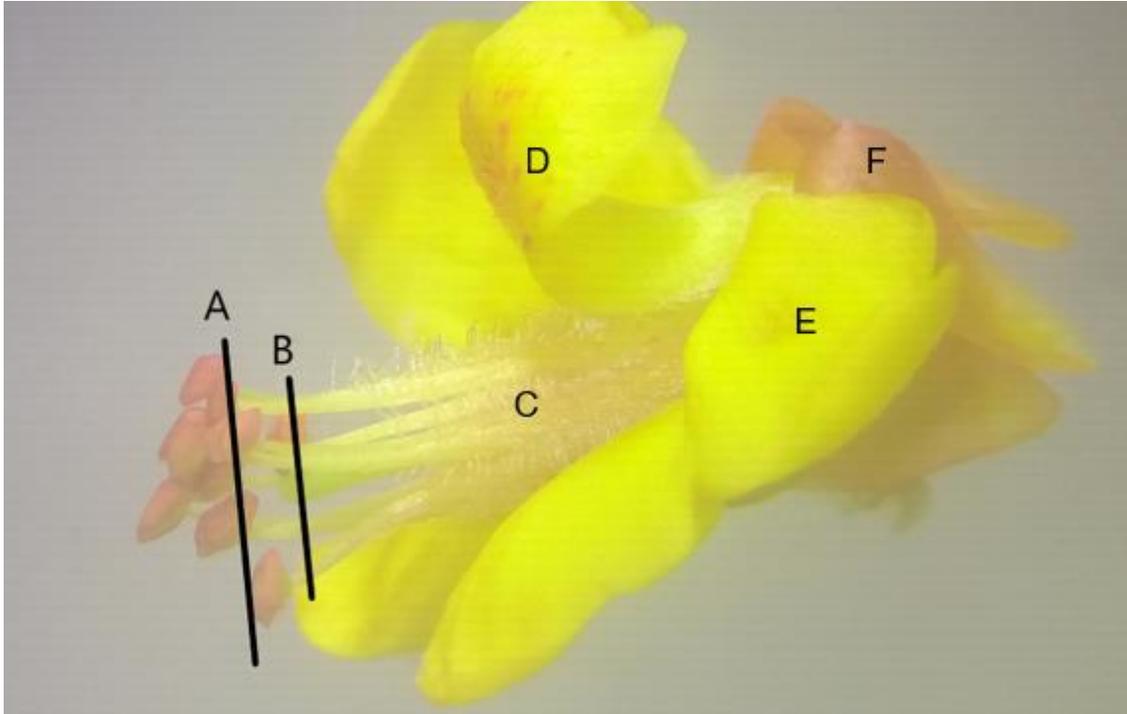


Figura 4. Morfología externa de una flor de *Caesalpinia ebano*. AB: hercogamia; C: filamento con tricomas; D: guía de néctar; E: pétalos y F: sépalos.

5.2 Dinámica de floración. La dinámica de floración de *C. ebano* se puede dividir en las siguientes etapas.

El gineceo, el androceo y la corola se encuentran totalmente cubiertos por el cáliz. Se observan los botones florales inmaduros (Fig.5A) y maduros (Fig. 5B), en esta fase, un sépalo converge hacia el centro hasta tocarse con la parte media de los otros, recubriendo así las demás estructuras de la flor; (2) Apertura de la flor, después de dos días de observar el botón floral maduro, los sépalos se empiezan a separar entre sí, dejando expuestos a los pétalos y a las estructuras reproductivas, inicialmente los estambres se encuentran recurvados hacia el centro y el estilo sale erecto (Fig. 5C-D); (3) al tercer día, la flor se encuentra completamente abierta, anteras dehiscentes, por lo que se observa liberar granos de polen. Los estambres presentan una leve inclinación hacia el pétalo que contiene los puntos rojos (Fig. 5E); (4) Senescencia floral, al cuarto día, los pétalos se marchitan, los cuales se doblan por sus bordes y los estambres cambian de color al igual que las demás estructuras, producto del marchitamiento (Fig. 5F).



Figura 5. Dinámica de floración de *Caesalpinia ebano*. **A y B:** Gineceo, androceo y corola cubiertos totalmente por el cáliz (botones florales). **C y D:** Flor parcialmente abierta. **E:** Flor completamente abierta. **F:** Senescencia floral.

5.3 Sistemas reproductivos.

De los diferentes tratamientos aplicados en *C. ebano*, el sistema xenogamia presentó un promedio de $2,20 \pm 1,30$ frutos por inflorescencia; seguido de control y geitonogamia, con 1 ± 0 y $0,40 \pm 0,55$ fruto formado por inflorescencia respectivamente; mientras que el tratamiento autogamia no hubo formación de frutos. De los frutos formados en xenogamia y control, se presentó $1 \pm 0,52$ y $0,67 \pm 0,52$ fruto viable por inflorescencia, respectivamente (Figura 6), ya que el resto de los frutos fueron abortados para estos dos casos, al contrario, en geitonogamia todos los frutos fueron abortados (Tabla 1). Por consiguiente, el tratamiento

xenogamia presentó el mayor porcentaje de fructificación (10,8%) y el mayor éxito reproductivo (0,04); en cuanto a la polinización abierta o control presentó el menor porcentaje de fructificación (9,5%) y el menor éxito reproductivo (0,03) (Anexo 1).

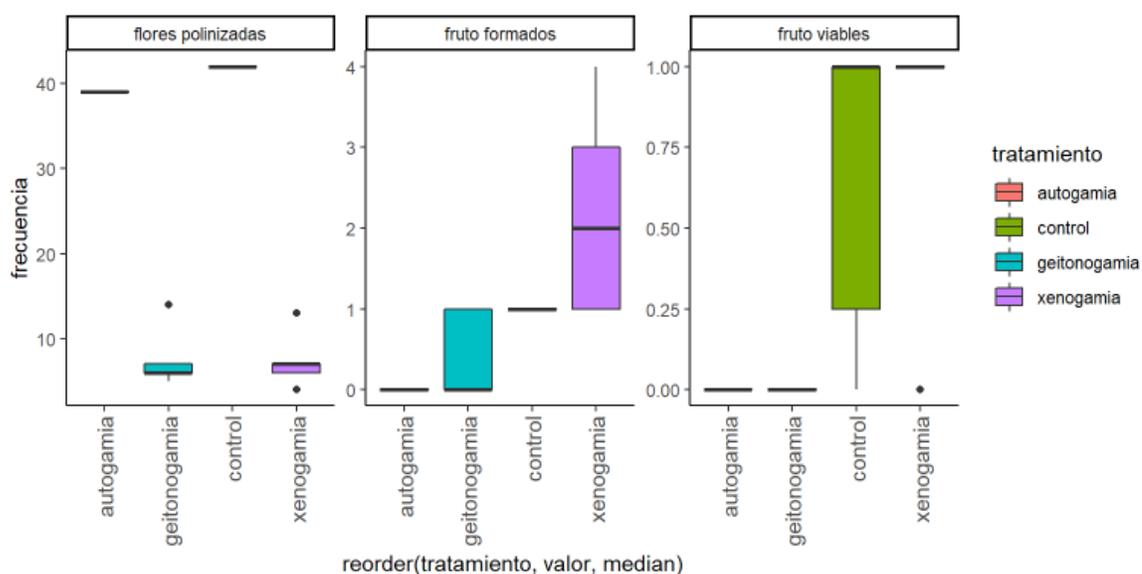


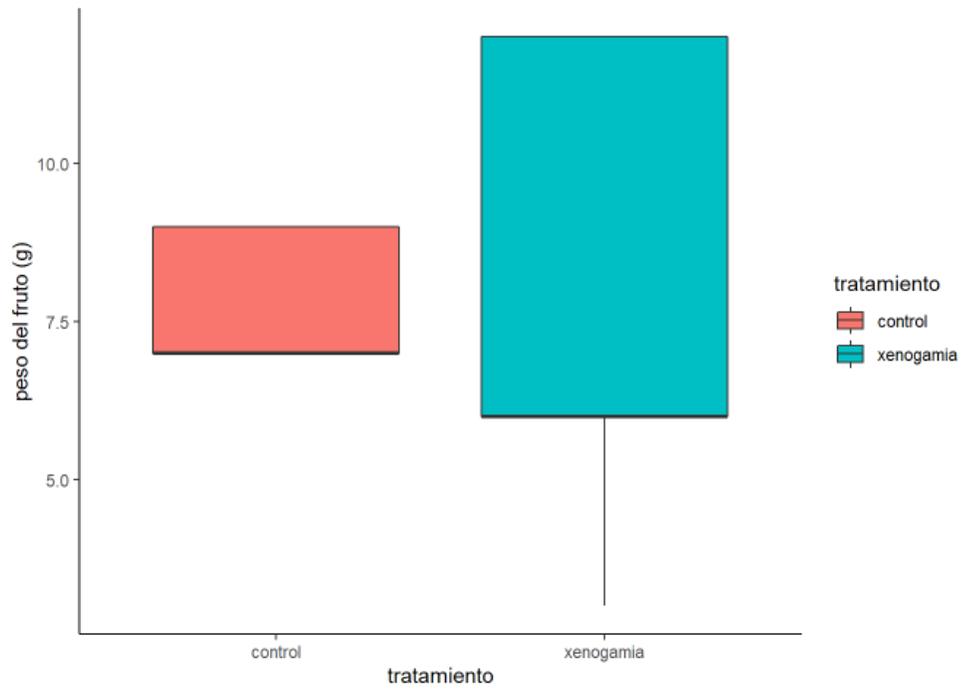
Figura 6. Promedio de los frutos formados y frutos viables para cada tratamiento.

Tabla 1. Número de frutos formados, el porcentaje de frutos abortados y el porcentaje de fructificación por tratamiento.

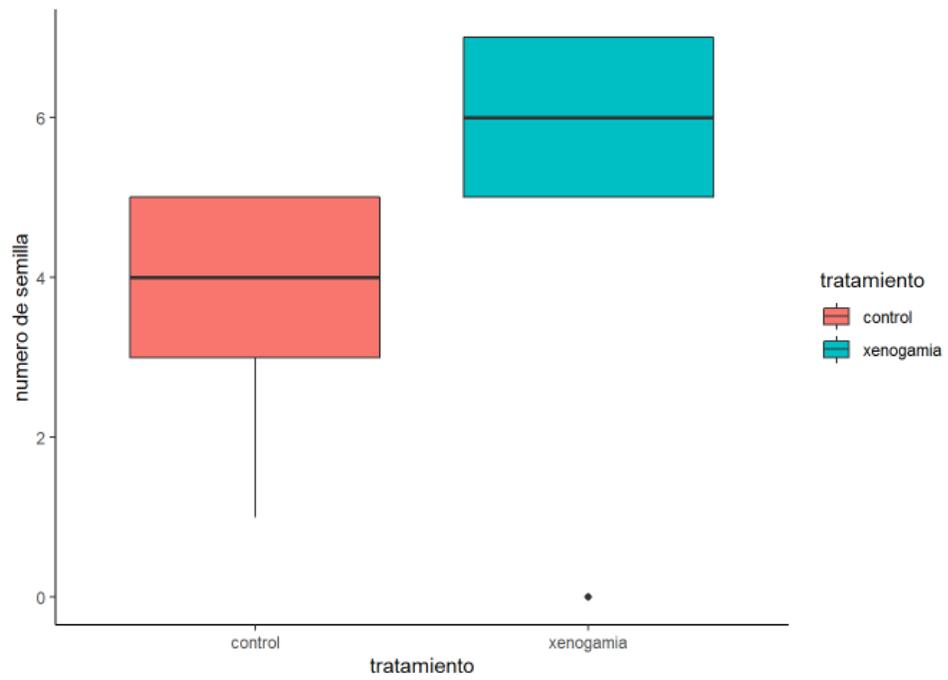
Tratamientos	Frutos formados (n)/ flores tratadas(n)	Frutos abortados %	Fructificación %
Control	6/42	33,3	9,5
Xenogamia	11/37	63	10,8
Geitonogamia	2/38	100	0
Autogamia	0/39	0	0

Para el sistema de xenogamia, los frutos presentaron un peso promedio de $6 \pm 3,38$ g y para polinización abierta fue de $7 \pm 1,01$ g; respecto al peso promedio de la semilla, fue de $0,07 \pm 0,04$ g y $0,06 \pm 0,04$ g, respectivamente. El tratamiento polinización abierta presentó una mediana de $4 \pm 1,19$ semillas por fruto y para el sistema xenogamia fue de $6 \pm 2,43$ semillas (Figura 7).

A.



B.



C.

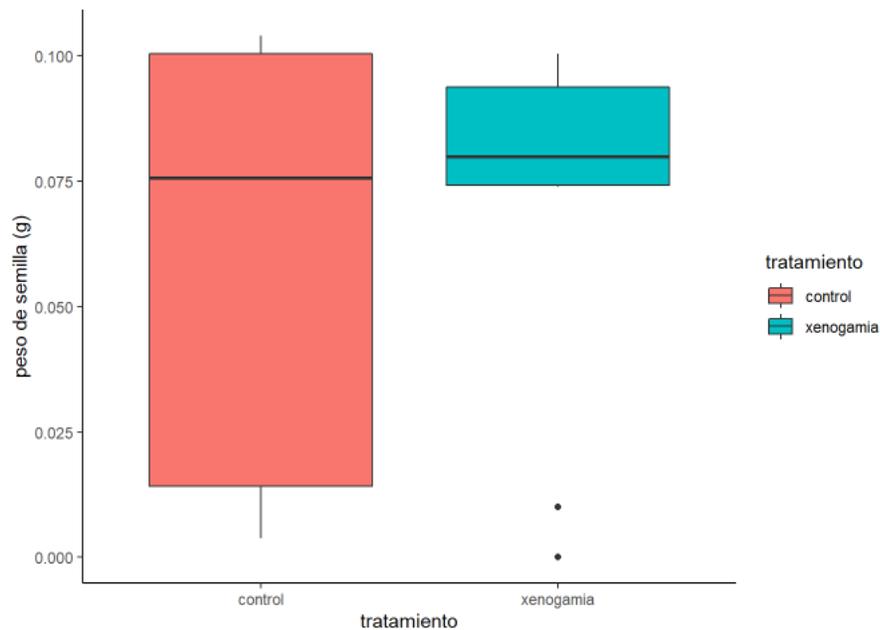


Figura 7. A: Promedio del peso del fruto, B: número de semillas y C: peso de la semilla por tratamiento.

El peso de las semillas (Kruskal-Wallis, p-valor = 0.752) y el peso de los frutos (Kruskal-Wallis, p-valor = 0.194) no fueron significativamente diferente entre los tratamientos; no obstante, las diferencias fueron significativas respecto al número de semillas (Kruskal-Wallis, p-valor = 0.008) (Anexo 3.2).

La variable frutos maduros, presentó estadísticamente diferencias significativas por tratamiento (Kruskal-Wallis, p-valor = 0.009). Sin embargo, en un análisis detallado entre cada una de las relaciones entre los tratamientos, se evidenció que no existe diferencias significativas en la relación geitonogamia-Autogamia (Dunn, p-valor = 0,500) y xenogamia-control (Dunn, p-valor = 0,329) (Anexo 3.1). Por el contrario, el resto de las relaciones entre tratamientos si presentaron diferencias significativas (Tabla 2). De igual forma, se determinó (chi-cuadrado, p-valor = 0.012) (Anexo 3.1.2) una dependencia de la viabilidad del fruto por los tratamientos xenogamia y polinización abierta.

Tabla 2. Comparación del número frutos maduros entre los tratamientos (Dunn).
(* Diferencias significativas).

	Autogamia	Control	Geitonogamia
Control	0.0135*		
geitonogamia	0.5000	0.0135*	
Xenogamia	0.0055*	0.3291	0.0055*

En un análisis de componente principal (ACP) con un porcentaje de información total del 90,84% (Figura 8) y con las variables que aportan de forma significativa para el análisis, (frutos formados: p-valor= 0,000000001, frutos viables: p-valor= 0,000003 y flores polinizadas: p-valor= 0,00000005) (Anexo 4) se demostró una relación inversa de frutos viables o maduros (FrV) con el tratamiento geitonogamia, así mismo, muestra una relación directa con el tratamiento control. Aunque autogamia presentó una relación directa con flores polinizadas o tratadas (FrP), no obtuvo ningún fruto formado; en cambio, xenogamia presentó un número menor de flores polinizadas, pero obtuvo un número mayor de frutos formados (FrF).

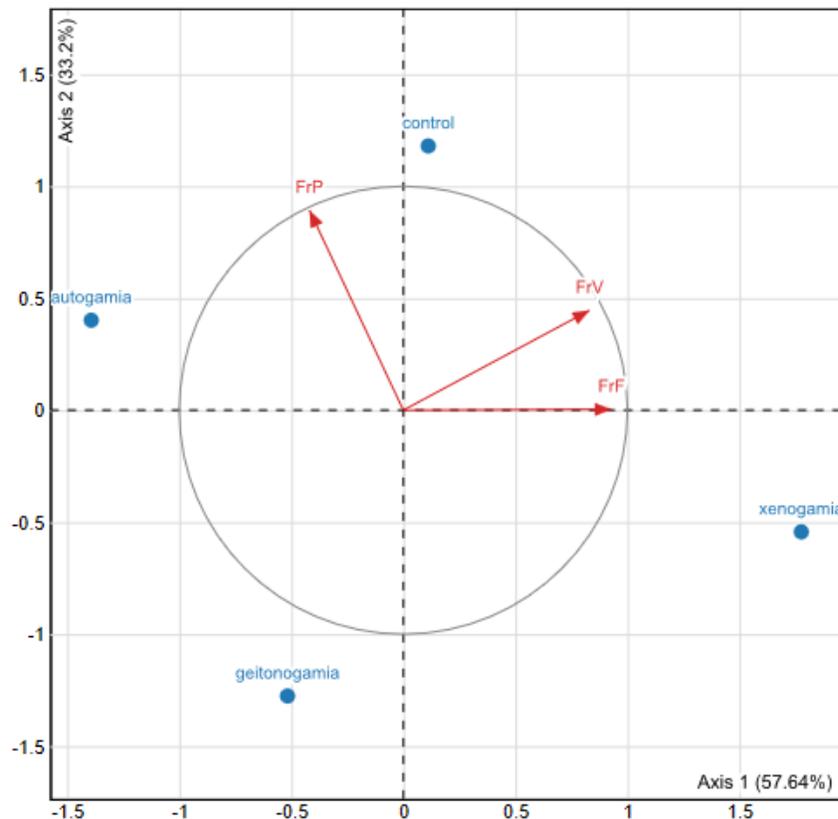


Figura 8. Análisis de componente principal (ACP). FrP: flores polinizadas, FrV: frutos viables y FrF: frutos formados.

5.4 Visitantes florales.

C. ebano fue visitada por tres órdenes taxonómicos en un total de 12 horas de observación, el orden que presentó el mayor número de especies fue Hymenoptera con ocho especies, seguido de Lepidoptera con tres y por último el orden Diptera con una especie (tabla 3). El rango de tiempo que presentó una mayor frecuencia de visitas fue el de 11 am – 1 pm (en adelante tiempo dos) con una media de $19,25 \pm 30,3$ visitas, seguido de 2 – 4 pm (tiempo tres) con $12 \pm 23,6$ visitas y por último de 8 – 10 am (tiempo uno) con $10,3 \pm 12,8$ visitas, para un total de 499 visitas.

Tabla 3. Visitantes florales de *Caesalpinia ebano*

Orden	Familia	Especie/morfoespecie
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>
		<i>Trigona sp1</i>
		<i>Trigona sp2</i>
		<i>Xylocopa sp1</i>
		<i>Morfo sp1</i>
		<i>Morfo sp2</i>
	Vespidae	<i>Polibia occidentalis</i>
		<i>Morfo sp1</i>
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Morfo sp1</i>
	No identificado	<i>Morfo sp2</i>
	No identificado	<i>Morfo sp3</i>
Diptera	Muscidae	<i>Morfo sp1</i>

El visitante floral que presentó una mayor frecuencia de visitas en el tiempo dos y tres fue *A. mellifera* con 81 y 72 visitas respectivamente, seguido de *Trigona sp1* con 77 visitas para el tiempo dos, y 51 visitas para el tiempo tres; mientras que en el tiempo uno, *Trigona sp1* fue la que presentó esta vez una mayor actividad con 38 visitas, seguido por *A. mellifera* con 26. La especie que presentó una menor frecuencia de visitas fue *Xylocopa sp1* con una visita durante todo el tiempo de muestreo y las morfoespecies pertenecientes al orden Lepidoptera, consideradas como visitantes ocasionales (Figura 9).

La frecuencia de visitas no presentó diferencias significativas (Kruskal-Wallis, p-valor = 0.8265) entre los distintos rangos de tiempo establecidos, al igual que entre los visitantes florales (Kruskal-Wallis, p-valor = 0.4662) (Anexo 6).

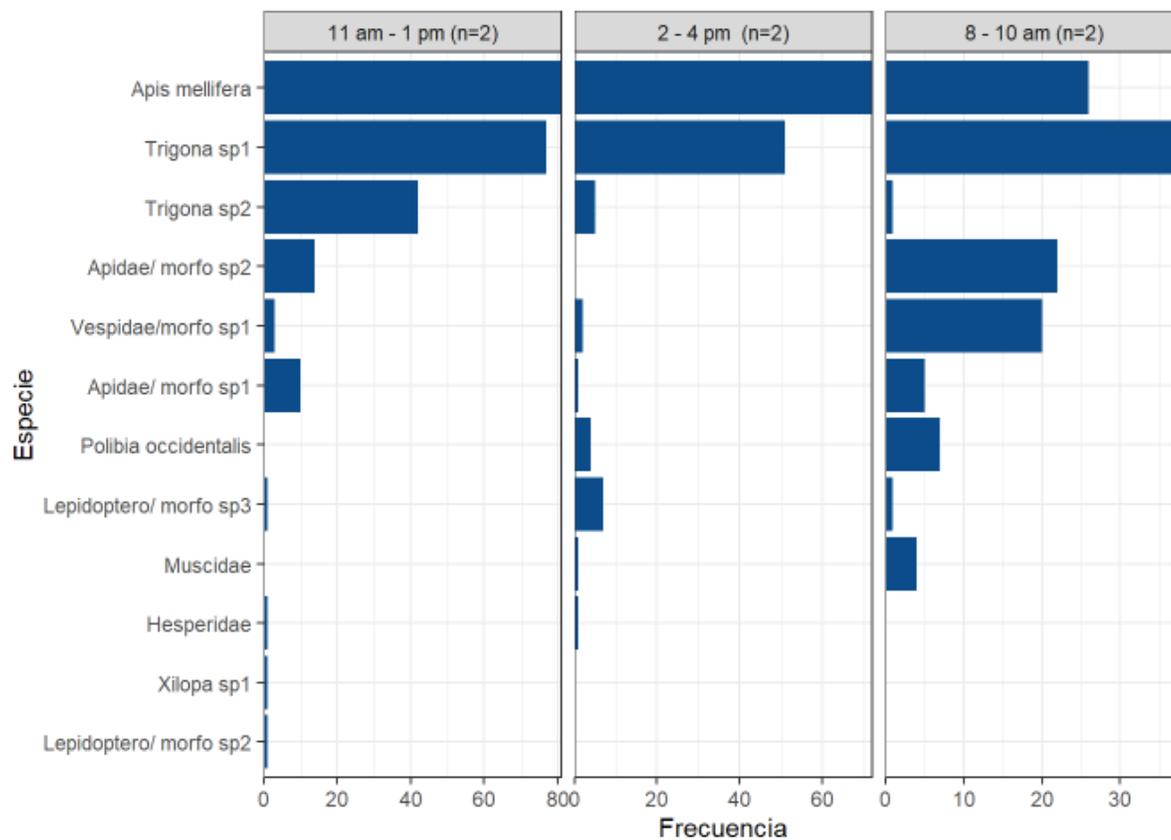


Figura 9. Frecuencia de los visitantes florales de *Caesalpinia ebano* en los tres rangos de tiempo.

6. DISCUSIÓN

La biología floral de *C. ebano*, en lo que se refiere al número y disposición de los estambres, corola amarilla, la zona de puntos rojos en uno de los pétalos y duración de la antesis, es parecida a *C. pyramidalis* (45). De acuerdo con Faegri y Van der Pijl (46), las flores de *C. ebano* tienen características del síndrome de polinización melitofilia, estos son: simetría zigomorfa, color amarillo y presencia de guía de néctar. Estos caracteres de la flor también son encontrados en otras especies del mismo género (47), Chávez (48) igualmente determinó que estas características son muy atractivas para las abejas, las cuales indican una recompensa para el visitante y es percibido por este insecto, debido al contraste del color de los pétalos con el fondo del follaje, así mismo la guía de néctar suele contrastar con los pétalos gracias a la absorción en la región ultravioleta del espectro (49).

Puesto que, el síndrome melitofilia está presente en varias especies de *Caesalpinia*, es probable que este sea el síndrome de polinización de carácter ancestral para este grupo (50). Sin embargo, dos especies, *C. pulcherrima* y *C. gilliesii*, han sido registradas con polinización por lepidópteros (47).

Por lo anterior, se puede entender que *A. mellifera* haya sido el visitante floral con mayor frecuencia de visitas en *C. ebano*, aunque el pico de actividad de forrajeo fue cerca del mediodía, lo que corresponde al tiempo dos y su baja frecuencia de visita fue en horas de la mañana, y esta variación de visitas durante el día, se debe posiblemente a la capacidad de termorregulación del visitante floral (51), generalmente, el tiempo dos presentó la mayor intensidad de visitantes florales, por lo que puede estar relacionado con la capacidad de termorregulación de los visitantes, además de la concentración de néctar en las flores, ya que la cantidad de néctar en una flor está influida por los factores del medio ambiente, por lo tanto, hay más secreción de néctar cuando el día es soleado (49). Estadísticamente el número de visitas no presentó diferencias significativas entre los distintos rangos de tiempo establecidos en este estudio, sin embargo, el comportamiento de visita de los polinizadores está influido por los factores ambientales externos, como la

temperatura y la iluminación (40), lo que conlleva a la variación del número de visitas durante el día. *Trigona sp1*, segundo insecto con mayor frecuencia de visitas, se considera una especie robadora de néctar debido a que siempre se observó perforando el cáliz (Figura 10) para alcanzar el néctar floral producido en la base de los estambres y el pistilo.

Xylocopa sp1, insecto con menor frecuencia de visitas durante el muestreo, de manera opuesta, se observó una mayor actividad de esta especie en la parte alta de la copa de los árboles, zona en la que no se registró la actividad de los visitantes florales debido al difícil acceso; mientras que Leite y Machado (45) determinaron que las especies de *Xylocopa* y *Centris* son los principales polinizadores con mayor número de visitas en *C. pyramidalis*. Además, se encontró una especie de la familia *Trochilidae* (colibrí) sobre el cual también evidenció una intensa interacción con las flores en la copa de los árboles (observación directa).



Figura 10. A: Visita de *Trigona sp1*, B: Perforación del cáliz.

Los resultados de los tratamientos de polinización controlada indican que *C. ebano* es una especie autoincompatible, es decir, solo se producen frutos por polinización cruzada, lo cual se puede explicar posiblemente porque es una especie de hábito de crecimiento arbóreo y/o leñoso, de acuerdo a las características señaladas por Arroyo (52) y, quien reporta una alta incidencia de autoincompatibilidad en estas especies vegetales, al igual que Jaimes y Ramírez (6), que además mencionan que

en bosques secos se ha evidenciado un alto porcentaje de xenogamia, produciendo altos niveles de recombinación genética, evento importante en ambientes con intensas interacciones bióticas.

Con la variación de la longitud del pistilo y de los estambres de las flores hermafroditas de *C. ebano* (Figura 4), se puede mencionar que presentan una separación espacial de las estructuras reproductivas femeninas de las masculinas dentro de la misma flor (hercogamia), lo que se considera una manera de evitar o reducir la probabilidad de autopolinización (24), otra forma de reducir la autopolinización, es la dehiscencia extrorsa de las anteras, lo que contribuye con evitar la contaminación del estigma con polen de la misma flor (53).

La autoincompatibilidad ha sido reportada en varias especies del género *Caesalpinia*, *C. coriaria* (Jacq.) Willd. y *C. sclerocarpa* Standl. (54), *C. eriostachys* Benth. (55), *C. pyramidalis* Tul. (45), *C. calycina* Benth. (50), y *C. spinosa* Kunt. (47).

El bajo porcentaje de fructificación (9,5%) encontrado en *C. ebano* es un carácter común en algunos árboles neotropicales, además, estos bajos porcentajes también son encontrados en otras especies de la familia Fabaceae (50). La autoincompatibilidad, la forma de vida arbórea, la función masculina de las flores hermafroditas y la alta producción de flores para la atracción de polinizadores son parámetros que pueden estar limitando la fructificación (53). Al igual que la calidad y cantidad de polen depositado sobre el estigma, que pueden también afectar la producción de frutos y semillas (56). Los robadores de néctar podrían estar asociados con la baja fructificación, por lo que, al robar el néctar, disminuyen el atractivo de las flores perforadas para los polinizadores legítimos, afectando negativamente la polinización (57).

Aunque hubo poca formación de frutos entre las flores de los tratamientos, el promedio de semillas producidas por frutos, principalmente en la polinización

cruzada, fue cercano al promedio de los óvulos por flor; mientras que la polinización abierta estuvo por debajo de la mitad del promedio, lo que puede deberse a conductas ilegítimas de los visitantes florales, pues el número de semillas por vaina es dependiente de la cantidad de polen depositado durante la visita (58), o bien sea, que podría estar acompañado por una disminución en la tasa de visitas de los polinizadores a las flores (56). Además, el bajo número de semillas en el tratamiento control respecto a la polinización manual cruzada, probablemente indica que la población estudiada presenta limitación de polen (37), también, es considerado prueba de una limitación reproductiva por falta de una adecuada polinización (56).

Otros aspectos que pueden afectar el éxito reproductivo de *C. ebano* es la homogeneidad del fragmento, la presencia frecuente de numerosos turistas y la ubicación de la población (al lado de una vía principal), ya que pueden estar actuando como disturbios, y según Aizen (56) los disturbios pueden tener un fuerte impacto sobre la reproducción de las plantas.

El alto porcentaje de frutos formado que no llegaron a su estado de maduración en el tratamiento xenogamia (63%), se le puede atribuir a la técnica de polinización manual utilizada, puesto que se pudo contaminar el estigma con los granos de polen de la misma planta. En la polinización abierta también presentó este fenómeno, pero con un menor porcentaje (33,3%) y puede ser por el comportamiento de los visitantes florales, ya que estos visitan varias flores en el mismo individuo, lo que reduce el flujo de polen, es decir, disminuye la xenogamia y favorece la geitonogamia. Por lo tanto, el desarrollo del fruto después de la autopolinización puede verse obstaculizado por un mecanismo de autoincompatibilidad de acción tardía (LSI, por sus siglas en inglés) o rechazo post-zigótico como lo señala Seavey y Bawa (59). Explicando así la baja producción de frutos por inflorescencia, tanto para polinización abierta como para polinización cruzada. LSI se ha reportado en algunas especies de la familia Fabaceae, *C. calycina* (50) y *Senna multijuga* (60).

Sin embargo, los estudios que sugieren LSI en la familia Fabaceae no descartan la posibilidad de depresión endogámica (61,62). Donde, la abscisión de los pistilos autopolinizados se debe a la acción de alelos perjudiciales de acción temprana que provocan el aborto de suficientes embriones para causar el rechazo del fruto (50).

7. CONCLUSIONES

Las características de la flor como el color amarillo de los pétalos, la simetría zigomorfa y la guía de néctar, indican que *C. ebanum* presenta el síndrome de polinización melitofilia. La hercogamia y la dehiscencia extrorsa de las anteras, son algunos de los sistemas florales que pueden reducir la autopolinización y promover la polinización cruzada.

C. ebanum es una especie autoincompatible, es decir, solo se producen frutos por xenogamia, lo que significa que es estrictamente dependiente de un vector biótico para la polinización, por lo tanto, no hay producción de frutos si se excluyen los polinizadores.

Los visitantes florales que presentaron una mayor frecuencia de visitas en las flores de *C. ebanum*, pertenecen al orden Hymenoptera, principalmente *A. mellifera*, seguido de las especies pertenecientes al género *Trigona*. Por otro lado, la mayor intensidad de visitas se presentó en horas del mediodía.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar este estudio en individuos de *C. ebano* con menores intervenciones antrópicas, para comparar su éxito reproductivo.

Realizar estudios relacionados con la dispersión y germinación de semillas en *C. ebano*.

Determinar la relación polen-ovulo y la dicogamia, ya que son variables que apoyan la xenogamia obligatoria en las plantas.

Evaluar la concentración de néctar en *C. ebano* durante el día.

Determinar el visitante floral como polinizador eficaz de *C. ebano*.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Etter A, Andrade A, Saavedra K, Amaya P. y Arévalo P. Estado de los Ecosistemas Colombianos: una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas (Vers2.0). Informe Final. Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional Colombia. Bogotá. 2017. 138 pp.
2. Guariguata M. y Kattan G. Ecología y conservación de bosques neotropicales, 1ª ed. ISBN 9968-801-11-9. 2002.
3. Pizano C y H. García (Editores). El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia. 2014.
4. Rangel-Ch O. (ed.). Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad-Ecología y manejo ambiental. ISBN: 978-958-719-406-7. 816pp. 2010.
5. IAvH (Instituto Alexander von Humboldt). El bosque seco tropical en Colombia. Programa de Inventario de la Biodiversidad. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. 1998. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/inventarios/bst/Doc3.pdf>.
6. Jaimes I. y Ramírez N. Autoincompatibilidad, autogamia y agamospermia en angiospermas tropicales. Acta Biológica Venezuelica. 1998. 18:59-80.
7. Navarro L. y Guitián J. The role of floral biology and breeding system on the reproductive success of the narrow endemic *Petrocoptis viscosa* Rothm (Caryophyllaceae). Biological Conservation. 2002. 103: 125-132.
8. López CR, Sarmiento C, Espitia L, Barrero AM, Consuegra C y Gallego CB. 100 plantas del Caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco. Fondo Patrimonio Natural, Bogotá D.C. Colombia. 240 pp. 2016.
9. Mesa-S LM, Santamaría M, García H y J. Aguilar-Cano (Eds.). Catálogo de biodiversidad de la región caribe. volumen 3. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. Bogotá D.C., Colombia. 452p. 2016.

10. Cárdenas LD y Salinas NR. (eds.). Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas: primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazonico de Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Vol. 4, 232 pp. 2007.
11. Devia CA, Moncaleano AM. y Niño LM. Flora del bosque seco de los Archipiélagos Islas del Rosario y San Bernardo. Incoder- Universidad Jorge Tadeo Lozano. Cartagena, Colombia. 99 p. 2014.
12. Fenster CB, Armbruster WS, Wilson P, Dudash MR. y J.D. Thomson. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 2004. 35: 375-403.
13. Stebbins GL. Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 1970. 1: 307-326.
14. Núñez-Avellaneda LA. y Rojas-Robles R. Biología reproductiva y ecología de la polinización de la palma milpesos *Oenocarpus bataua* en los Andes colombianos. *Caldasia*. 2008. 30(1), 101-125.
15. Corredor JP. y García J. Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2011. 12(1), 21-32.
16. Téllez Pérez LJ. Biología reproductiva de *Momordica charantia* (Cucurbitaceae) en un bosque de galería en la Orinoquia colombiana. [tesis] 2018. Retrieved from. <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/42>.
17. Ángel C, Nates G, Ospina R, Melo C, y Amaya M. Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. *Caldasia*. 2011. 33(2), 433-451.
18. CIFUENTES L, MORENO F. y ARANGO DA. Reproductive phenology and fruit productivity of *Oenocarpus bataua* (Mart.) in flooded forests in the Chocó Biogeographic region, Colombia. *Biota Neotrop*. 2010. 10(4).

19. Rendón JS, Ocampo J y Urrea R. Estudio sobre polinización y biología floral en *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims, como base para el premejoramiento genético. *Acta Agronómica*, 2013. vol. 62, núm.3., pp. 232-241.
20. Chamorro y Nates-Parra. Biología floral y reproductiva de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) en los Andes orientales de Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 2015. vol.63 n.4.
21. Gómez M. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. 2010. Volumen I CORANTIOQUIA. ISBN: 978-958-99363-3-7.
22. Cárdenas-Henao, Londoño-Lemos, Llano-Almario, González-Colorado, Rivera-Hernández, Vargas-Figueroa, Duque-Palacio, Torres-González, Jiménez-Taquinas y Moreno-Cavazos. Fenología de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia. *Actual Biol* 2015. Volumen 37 / Número 103, 2015. ISSN 0304-3584.
23. Barrett SCH. The evolution of plant sexual diversity. *Nature* 2002. 3:274- 284.
24. Cardoso JC, Lacerda VM, Matias R, Furtado MT, Souza CP, Consolaro H. y Garcia de Brito VL. Hacia una terminología unificada para los sistemas reproductores de angiospermas. *Acta Botánica Brasileira*. 2018. 32(3): 329-348.
25. Mantovani M, Ruschel M, Sedrez dos Reis, Puchalski A. y Nodari RO. Fenologia reproductiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. *Rev. Árvore*. 2003. 27: 451-458.
26. Vílchez B, Chazdon R. y Alvarado W. Fenología reproductiva de las especies del dosel en bosques secundarios y primarios de la región Huetar Norte de Costa Rica y su influencia en la regeneración vegetal. *Revista Forestal*. 2008.
27. Elzinga JA, Atlan A, Biere A, Gigord L, Weis AE. y Bernasconi G. Time after time: flowering phenology and biotic interactions. *Ecology and Evolution*. 2007. 22: 389-440.

28. Williams-Linera G, y Meave J. Patrones fenológicos. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Editorial Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica, 2002. 407-431.
29. Neal PR y Anderson GJ. ¿Are 'mating systems' 'breeding systems' of inconsistent and confusing terminology in plant reproductive biology? or is it the other way a round? *Plant Systematics and Evolution*. 2005. 250: 173-18.
30. Richards AJ. Sistemas de fitomejoramiento. 2do. edn. Londres, Chapman y Hall. 1997.
31. Eckert CG. Contribuciones de la autogamia y la geitonogamia a la autofecundación en una planta clonal de floración masiva. *Ecología*. 2000. 81: 532-542.
32. Simpson MG. Sistemática de plantas. Burlington, Elsevier Academic Press. 2006.
33. Brys R, Jacquemyn H. y Hermy M. Pollination efficiency and reproductive patterns in relation to local plant density, population size, and floral display in the rewarding *Listera ovata* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2008. 157: 713-721.
34. Gonzales L. Fenología reproductiva y polinización de *Harpalyce macrocarpa* (Fabaceae). Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. [tesis] 2017.
35. Maloof JE. y Inouye DW. ¿Are nectar robbers cheaters or mutualists? *Ecology*. 2000. 81: 2651-2661.
36. Goldraj A. Control molecular de la polinización. De los distintos granos de polen que recibe una planta, ¿cómo elige el más apropiado? Facultad de ciencias químicas de la universidad de Córdoba- Argentina. Investigación y ciencia. 2014. 8 pp.
37. Espino J, Baños Y. y Cuevas E. Biología reproductiva y visitantes florales de dos especies de *Salvia* con síndrome de polinización por aves y abejas. *Ciencia Nicolaita*. 2012. No. 55.

38. Grases C, y Ramírez N. Biología reproductiva de cinco especies ornitófilas en un fragmento de bosque caducifolio secundario en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 1998. 46(4), 1095-1108.
39. Ochoa-Gaona S, Pérez-Hernández I, y De Jong BH. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 2008. 56(2), 657-673.
40. Gan X, Cao L, Zhang X. y Li H. biología floral, los sistemas de reproducción y la ecología polinización de un árbol en peligro de extinción: *Tetracentron sinense* Oliv. (Trochodendraceae). *Botanical Studies* 2013, 54:50.
41. Pinilla-Gallego y Nates-Parra. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. *Actual Biol.* 2015. Volumen 37 / Número 103. ISSN 0304-3584.
42. Musicante ML, y Galetto L. Biología reproductiva de *Cologania broussonetii* (Fabaceae, Faboideae). *Darwiniana, nueva serie.* 2008. 46(1), 07-16.
43. Dafni A. *Pollination ecology, a practical approach.* Oxford: Oxford University Press. 1992.
44. Núñez Avellaneda LA. y Carreño JI. Polinización por abejas en *Syagrus orinocensis* (Arecaceae) en la Orinoquia colombiana. *Acta biol. Colomb.* 2017; 22(2):221-233.
45. Leite A. y Machado I. Biología reproductiva de "catingueira" (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., Leguminosae Caesalpinioideae), una especie endémica de la Caatinga. 2009. ISSN 1806-9959.
46. Faegri, K, y van der Pijl, L. *The principles of pollination ecology.* Third Edition. Pergamon Press. Oxford. 1979.
47. Sánchez O, Molinari-Novoa E, Núñez-Linares E. y Arista A. Avances en la morfología floral de *caesalpinia spinosa* (feuillée ex molina) kuntze "tara", un árbol nativo de la flora peruana. *The Biologist (Lima).* 2016. Vol. 14, Nº1, ISSN 1994-9073.

48. Chávez F. "Biología reproductiva de la tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze). EN PAQUECC 2418 m.s.n.m HUANTA, AYACUCHO. Tesis para obtener el título profesional de: ingeniero agrónomo. 2012.
49. Reyes Carrillo JL, y Cano Ríos P. Manual de Polinización Apícola. La polinización de los cultivos por abejas. Secretaría de Agricultura, Ganadería. Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Gobierno de México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. 2000. 52p.
50. Lewis G. y Gibbs P. Reproductive biology of *Caesalpinia calycina* and *C. pluviosa* (Leguminosae) of the caatinga of north-eastern Brazil. P1. Syst. Evol. 1999. 217:43-53.
51. PINILLA-GALLEGO y NATES-PARRA. Visitantes florales y polinizadores en poblaciones silvestres de agraz (*Vaccinium meridionale*) del bosque andino colombiano. Revista Colombiana de Entomología. 2015. 41 (1): 112-119.
52. ARROYO MTK. Breeding systems and pollination biology in Leguminosae. In: R.M. Polhill & P.H. Raven (eds.), Advances in legume systematics, Part 2: 723-769. Royal Botanic Gardens. Kew. 1981.
53. Ramírez N. y Briceño H. Sistema reproductivo de *Dimorphandra macrostachya* Benth. ssp. *macrostachya* (Fabaceae, Caesalpinioideae). Memorias del Instituto de Biología Experimental. 2016. vol. 8: 113-116.
54. Bullock S. H. Breeding system in the floral of tropical deciduous forest in Mexico. Biotropica. 1985. 17:287-301.
55. Bawa KS. Breeding system of tree species of a lowland tropical community. Evolution. 1974. 28:85-92.
56. AIZEN A. Enfoques en el estudio de la reproducción sexual de las plantas en ambientes alterados: limitaciones y perspectivas. DISTURBIOS ANTRÓPICOS Y POLINIZACIÓN: ENFOQUES. Ecología Austral. 2007. 17:7.
57. Zhang YW, Robert Y, Wang Y, Guo Y. Nectar robbing of a carpenter bee and its effects on the reproductive fitness of *Glechoma longituba* (Lamiaceae). Plant Ecology. 2007. 193: 1-13.

58. Jauker F, Bondarenko B, Becker HC. y Steffan-Dewenter I. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology*. 2012. 14: 81-87.
59. Seavey R. y Bawa S. Late-Acting Self-Incompatibility in Angiosperms. *The Botanical Review*. 1986. 52: 195-219.
60. Wolowski M. y Freitas L. Sistema reprodutivo e polinização de *Senna multijuga* *Senna multijuga* (Fabaceae) em Mata Atlântica Montana. *Rodriguésia*. 2010. 61(2): 167-179.
61. Gibbs P, Oliveira PE. y Bianchi MB. Postzygotic control of selfing in *Hymenaea stigonocarpa* (Leguminosae-Caesalpinioideae), a bat-pollinated tree of the Brazilian cerrados. *International Journal of Plant Sciences*. 1999. 160: 72–78.
62. Freitas CV. y Oliveira PE. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*. 2002. 25: 311-321.

ANEXOS

1. Formulas del porcentaje de fructificación y éxito reproductivo por tratamiento.

1.1 Xenogamia

$$\% \text{ de fructificación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de frutos}}{\text{N}^\circ \text{ de flores}} \times 100$$

$$\% \text{ de fructificación} = \frac{4}{37} \times 100 = 10,8$$

$$\text{Éxito reproductivo} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de frutos obtenidos}}{\text{N}^\circ \text{ de flores tratadas}} \times \frac{\text{N}^\circ \text{ promedio de semillas obtenidas por fruto}}{\text{N}^\circ \text{ promedio de óvulos por flor}} \right)$$

$$\text{Éxito reproductivo} = \left(\frac{4}{37} \times \frac{3}{9} \right) = 0,036$$

1.2 Polinización abierta

$$\% \text{ de fructificación} = \frac{4}{42} \times 100 = 9,5$$

$$\text{Éxito reproductivo} = \left(\frac{4}{42} \times \frac{3,25}{9} \right) = 0,034$$

2 Estadística descriptiva de sistemas reproductivos

2.1 Medidas de tendencia central

2.1.1 Inflorescencia

	Ítem	group1	Vars	n	meansd	median	trimmed	mad	min	max	range	
flores polinizadas1	5	autogamia	3	5	39.00	0.00	39	39.00	0.00	39	39	0
flores polinizadas2	6	control	3	6	42.00	0.00	42	42.00	0.00	42	42	0
flores polinizadas3	7	geitonogamia	3	5	7.60	3.65	6	7.60	1.48	5	14	9
flores polinizadas4	8	xenogamia	3	5	7.40	3.36	7	7.40	1.48	4	13	9
fruto viables1	9	autogamia	4	5	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0	0
fruto viables2	10	control	4	6	0.67	0.52	1	0.67	0.00	0	1	1
fruto viables3	11	geitonogamia	4	5	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0	0
fruto viables4	12	xenogamia	4	5	0.80	0.45	1	0.80	0.00	0	1	1

	Ítem	group1	Vars	n	meansd	median	trimmed	mad	min	max	range	
fruto formados1	13	autogamia	5	5	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0	0
fruto formados2	14	control	5	6	1.00	0.00	1	1.00	0.00	1	1	0
fruto formados3	15	geitonogamia	5	5	0.40	0.55	0	0.40	0.00	0	1	1
fruto formados4	16	xenogamia	5	5	2.20	1.30	2	2.20	1.48	1	4	3

2.1.2 Fruto

	item	group1	vars	n	meanSd	median	trimmed	mad	min	max	range	
peso del fruto1	1	control	2	13	7.77	1.01	7.00	7.73	0.00	7.00	9.00	2.0
peso del fruto2	2	xenogamia	2	14	7.79	3.38	6.00	7.83	1.48	3.00	12.00	9.0
numero de semilla1	3	Control	3	13	3.92	1.19	4.00	4.09	1.48	1.00	5.00	4.0
numero de semilla2	4	xenogamia	3	14	5.29	2.43	6.00	5.58	1.48	0.00	7.00	7.0
peso de semilla1	5	Control	4	13	0.06	0.04	0.08	0.06	0.04	0.00	0.10	0.1
peso de semilla2	6	xenogamia	4	14	0.07	0.04	0.08	0.07	0.02	0.00	0.10	0.1

2.2 Normalidad

2.2.1 Inflorescencia

Shapiro-Wilk normality test

```
data: tabla_inflorescencia$`flores polinizadas`  
W = 0.72922, p-value = 6.515e-05
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: tabla_inflorescencia$`fruto viables`  
W = 0.61975, p-value = 3.207e-06
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: tabla_inflorescencia$`fruto formados`  
W = 0.75064, p-value = 0.0001265
```

2.2.2 Fruto

Shapiro-Wilk normality test

```
data: tabla_fruto$`peso del fruto`  
W = 0.88269, p-value = 0.005493
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: tabla_fruto$`numero de semilla`  
W = 0.86888, p-value = 0.002788
```

Shapiro-Wilk normality test

```
data: tabla_fruto$`peso de semilla`  
W = 0.8017, p-value = 0.0001465
```

2.3 Homocedasticidad

2.3.1 Inflorescencia

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: tabla_inflorescencia$`flores polinizadas` and tabla_inflorescencia$tratamiento
```

```
Bartlett's K-squared = Inf, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: tabla_inflorescencia$`fruto viables` and tabla_inflorescencia$tratamiento
```

```
Bartlett's K-squared = Inf, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: tabla_inflorescencia$`fruto formados` and tabla_inflorescencia$tratamiento
```

```
Bartlett's K-squared = Inf, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

2.3.2 Fruto

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: tabla_fruto$`peso del fruto` and tabla_fruto$tratamiento
```

```
Bartlett's K-squared = 13.996, df = 1, p-value = 0.0001832
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: tabla_fruto$`numero de semilla` and tabla_fruto$tratamiento
```

```
Bartlett's K-squared = 5.6012, df = 1, p-value = 0.01795
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: tabla_fruto$`peso de semilla` and tabla_fruto$tratamiento
```

```
Bartlett's K-squared = 0.37563, df = 1, p-value = 0.54
```

3 Estadística inferencial de sistemas reproductivos

3.1 Inflorescencia

3.1.1 kruskall-wallis (kw)

Kruskal-Wallis rank sum test

```
data: tabla_inflorescencia$`fruto viables` by tabla_inflorescencia$tratamiento
Kruskal-Wallis chi-squared = 11.385, df = 3, p-value = 0.009818
```

3.1.1.1 Dunn test

Comparison of x by group
(No adjustment)

Col Mean-			
Row Mean	autogami	control	geitonog
control	-2.212488		
	0.0135*		
geitonog	0.000000	2.212488	
	0.5000	0.0135*	
xenogami	-2.541955	-0.442497	-2.541955
	0.0055*	0.3291	0.0055*

alpha = 0.05

Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

3.1.2 Chi-cuadrado

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)

```
data: tabla_inflorescencia$tratamiento and tabla_inflorescencia$`fruto viables`
X-squared = 11.954, df = NA, p-value = 0.01249
```

3.1.2.1 Valores observados

```

          0 1
autogamia  5 0
control    2 4
geitonogamia 5 0
xenogamia  1 4

```

3.1.2.2 Valores teoricos

```

          0      1
autogamia  3.095238 1.904762
control    3.714286 2.285714
geitonogamia 3.095238 1.904762
xenogamia  3.095238 1.904762

```

3.1.2.3 Residuos

```

          0      1
autogamia  1.0826639 -1.3801311
control    -0.8894992  1.1338934
geitonogamia 1.0826639 -1.3801311
xenogamia  -1.1909303  1.5181442

```

3.2 Fruto

3.2.1 Kruskal-Wallis (kw)

3.2.1.1 Peso fruto

```

Kruskal-Wallis rank sum test

data:  tabla_fruto$`peso del fruto` by tabla_fruto$tratamiento
Kruskal-Wallis chi-squared = 1.6844, df = 1, p-value = 0.1943

```

3.2.1.2 Numero de semilla

Kruskal-Wallis rank sum test

data: tabla_fruto\$`numero de semilla` by tabla_fruto\$tratamiento

Kruskal-Wallis chi-squared = 6.9942, df = 1, p-value = 0.008177

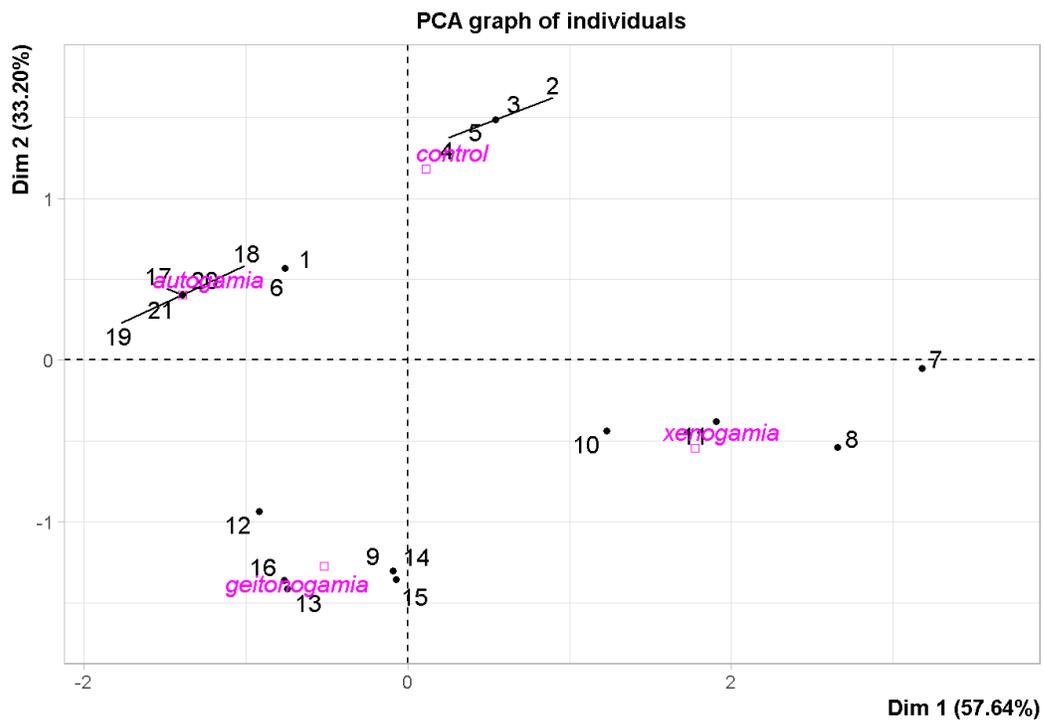
3.2.1.3 Peso semilla

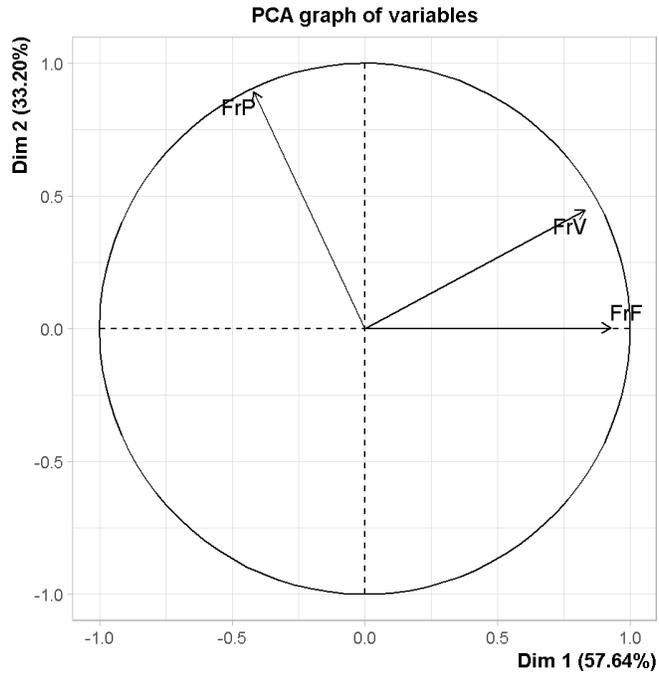
Kruskal-Wallis rank sum test

data: tabla_fruto\$`peso de semilla` by tabla_fruto\$tratamiento

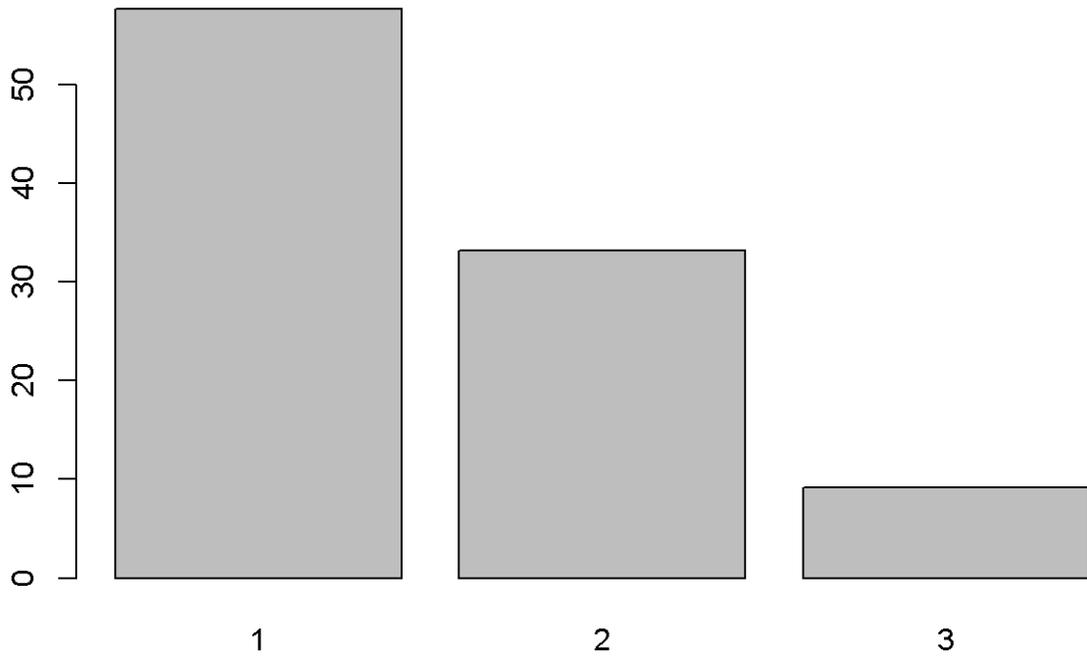
Kruskal-Wallis chi-squared = 0.099551, df = 1, p-value = 0.7524

4 Análisis de componente principal





Varianza explicada (%)



Şcoord

	Dim.1	Dim.2	Dim.3
FrP	-0.4193919	0.892875372	0.1639634
FrV	0.8313481	0.445802156	-0.3318444
FrF	0.9285602	0.004143956	0.3711587
\$cor			
	Dim.1	Dim.2	Dim.3
FrP	-0.4193919	0.892875372	0.1639634
FrV	0.8313481	0.445802156	-0.3318444
FrF	0.9285602	0.004143956	0.3711587
\$cos2			
	Dim.1	Dim.2	Dim.3
FrP	0.1758896	7.972264e-01	0.0268840
FrV	0.6911397	1.987396e-01	0.1101207
FrF	0.8622241	1.717237e-05	0.1377587
\$contrib			
	Dim.1	Dim.2	Dim.3
FrP	10.17142	80.044167215	9.784416
FrV	39.96752	19.954108623	40.078369
FrF	49.86106	0.001724163	50.137215

dim 1

	correlation	p.value
FrF	0.9285602	0.000000001282147
FrV	0.8313481	0.000003026720954
	R2	p.value
tratamiento	0.7400031	0.00003200977

dim 2

	correlation	p.value
FrP	0.8928754	0.00000005218485
FrV	0.4458022	0.04281817282305
	R2	p.value

tratamiento 0.7400031 0.00003200977

5 Estadística descriptiva de visitantes florales.

	item	group1	vars	N	mean	sd	Median	trimmed	mad	min	max	range
X11	1	11 am - 1 pm (n=2)	1	12	19.25000	30.32588	2.0	15.0	2.9652	0	81	81
X12	2	2 - 4 pm (n=2)	1	12	12.00000	23.65279	1.5	7.2	2.2239	0	72	72
X13	3	8 - 10 am (n=2)	1	12	10.33333	12.84405	4.5	8.6	6.6717	0	38	38

visitantes florales	total	tiempo de visita	valor
Apis mellifera	179	8 - 10 am (n=2)	26
Trigona sp1	166	8 - 10 am (n=2)	38
Trigona sp2	48	8 - 10 am (n=2)	1
Apidae/ morfo sp2	36	8 - 10 am (n=2)	22
Lepidoptero/ morfo sp2	1	8 - 10 am (n=2)	0
Apidae/ morfo sp1	16	8 - 10 am (n=2)	5
Xilocopa sp1	1	8 - 10 am (n=2)	0
Hesperidae	2	8 - 10 am (n=2)	0
Vespidae/morfo sp1	25	8 - 10 am (n=2)	20
Polibia occidentalis	11	8 - 10 am (n=2)	7
Muscidae	5	8 - 10 am (n=2)	4
Lepidoptero/ morfo sp3	9	8 - 10 am (n=2)	1
Apis mellifera	179	11 am - 1 pm (n=2)	81

visitantes florales	total	tiempo de visita	valor
Trigona sp1	166	11 am - 1 pm (n=2)	77
Trigona sp2	48	11 am - 1 pm (n=2)	42
Apidae/ morfo sp2	36	11 am - 1 pm (n=2)	14
Lepidoptero/ morfo sp2	1	11 am - 1 pm (n=2)	1
Apidae/ morfo sp1	16	11 am - 1 pm (n=2)	10
Xilopa sp1	1	11 am - 1 pm (n=2)	1
Hesperidae	2	11 am - 1 pm (n=2)	1
Vespidae/morfo sp1	25	11 am - 1 pm (n=2)	3
Polibia occidentalis	11	11 am - 1 pm (n=2)	0
Muscidae	5	11 am - 1 pm (n=2)	0
Lepidoptero/ morfo sp3	9	11 am - 1 pm (n=2)	1
Apis mellifera	179	2 - 4 pm (n=2)	72
Trigona sp1	166	2 - 4 pm (n=2)	51
Trigona sp2	48	2 - 4 pm (n=2)	5
Apidae/ morfo sp2	36	2 - 4 pm (n=2)	0
Lepidoptero/ morfo sp2	1	2 - 4 pm (n=2)	0
Apidae/ morfo sp1	16	2 - 4 pm (n=2)	1
Xilopa sp1	1	2 - 4 pm (n=2)	0
Hesperidae	2	2 - 4 pm (n=2)	1
Vespidae/morfo sp1	25	2 - 4 pm (n=2)	2
Polibia occidentalis	11	2 - 4 pm (n=2)	4
Muscidae	5	2 - 4 pm (n=2)	1
Lepidoptero/ morfo sp3	9	2 - 4 pm (n=2)	7

5.1 Normalidad

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: tidy_visita$valor
```

```
W = 0.64798, p-value = 4.727e-08
```

5.2 Homocedasticidad

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: tidy_visita$valor and tidy_visita$`tiempo de visita`
```

```
Bartlett's K-squared = 7.0019, df = 2, p-value = 0.03017
```

6 Estadística inferencial de visitantes florales.

6.1 Especie vs # de visita

6.1.1 kw

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: tidy_visita$`visitantes florales` by tidy_visita$valor
```

```
Kruskal-Wallis chi-squared = 16.826, df = 17, p-value = 0.4662
```

6.2 Tiempo de vista vs # de visita

6.2.1 kw

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: tidy_visita$valor by tidy_visita$`tiempo de visita`
```

```
Kruskal-Wallis chi-squared = 0.38102, df = 2, p-value = 0.8265
```