

1-1-2018

Biología reproductiva de Momordica charantia Cucurbitaceae en un bosque de galería en la Orinoquía colombiana

Linda Julieth Téllez Pérez
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia>

Citación recomendada

Téllez Pérez, L. J. (2018). Biología reproductiva de Momordica charantia Cucurbitaceae en un bosque de galería en la Orinoquía colombiana. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/42>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Departamento de Ciencias Básicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Biología by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *Momordica charantia* (CUCURBITACEAE) EN
UN BOSQUE DE GALERÍA EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA.**

LINDA JULIETH TÉLLEZ PÉREZ

**Universidad De La Salle
Departamento de Ciencias Básicas
Bogotá D.C., Colombia 2018**

BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *Momordica charantia* (CUCURBITACEAE) EN UN BOSQUE DE GALERÍA EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA.

LINDA JULIETH TÉLLEZ PÉREZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGA

DIRECTOR

LUIS ALBERTO NÚÑEZ AVELLANEDA

Biólogo M.Sc.Ph.D
Profesor Asociado

Universidad de la Salle
Departamento de Ciencias Básicas
Programa de Biología
Bogotá D.C., Colombia
2018

Nota de aceptación:

Jurado

Jurado

Director: Luis Alberto Núñez Avellaneda
Bogotá, 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de la Salle por brindarme el acceso a los bosques de la sede Utopía en Yopal Casanare, para la toma de los datos, al programa de biología por acceso a los laboratorios. Al profesor Luis Alberto Nuñez Avellaneda por despertar en mí el amor por las relaciones que existen entre las plantas y los animales también por compartir conmigo la experiencia de la investigación, a mis padres por permitirme la oportunidad acceder a la educación y por el apoyo moral de no abandonar esta retrógrada formación universitaria, a la naturaleza que me permitió encontrarme conmigo misma y darme cuenta lo insignificante que soy en esta corta existencia.

CONTENIDO

Lista de Figuras.	6
Lista de Tablas	7
Resumen	8
Introducción.....	9
Materiales y métodos.....	11
Resultados.....	16
Discusión.	29
Conclusiones.....	32
Referencias	33

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio en la Orinoquía colombiana, bosque de galería y sede utopía de la Universidad de La Salle.....	11
Figura 2. Forma de crecimiento de <i>Momordica charantia</i> . A individuos con flores de <i>Momordica charantia</i> . B Crecimiento trepador de <i>Momordica charantia</i> C Crecimiento rastrero de <i>Momordica charantia</i> D Abundancia de <i>Momordica chrantia</i>	12
Figura 3: Metodología del diseño del experimento A Flores con fruto en campo B Reconocimiento de las Biología reproductiva de <i>Momordica charantia</i> en campo	13
Figura 4: Morfología floral de <i>Momordica charantia</i> . Flor masculina (estaminada) (A-C), Flor femenina (D-F)	16
Figura 5: Biología floral de <i>Momordica charantia</i> (A) Biología floral de la flor masculina (A1 A2) Presencia del polen en flores masculinas (B) Biología floral de la flor femenina (B1) Presencia de la receptividad estigmática (B2) Polen en los pistilos en las flores femeninas.....	17
Figura 6: Producción de néctar (A) y concentración de sacarosa (B) en flores de <i>Momordica charantia</i>	18
Figura 7: fases desarrollo floral y fructificación de <i>Momordica charantia</i> . Botón floral (A, B, C) anthesis de la flor abierta (D, E), desarrollo del fruto (F, G), madurez del fruto (H, I), dispersión del fruto (J).....	19
Figura 8. Expresión sexual de <i>Momordica charantia</i> , (A) Número de flores femeninas y masculinas totales, (B) Número de flores femeninas y masculinas durante un año, (C) flores femeninas y masculinas por días.	20
Figura 9. Eficiencia reproductiva de <i>Momordica charantia</i> . El cual contempla el número de frutos por cada flor femenina evaluada, numero de semillas por fruto evaluado y el peso total de las semillas por fruto.....	22
Figura 10. Visitantes florales de <i>Momordica charantia</i> en un bosque de galería, Hymenoptera (A-K); Lepidoptera (L- R); Díptera (S, T). Fotos Luis Nuñez.	24
Figura 11. Variación temporal de las abundancias de los principales ordenes de insectos visitantes de <i>Momordica charantia</i> , para los años 2015 y 2016 (A) abundancias por género, (B) abundancias de los géneros por cada año, (C) abundancias de las familias del género hymenoptera visitantes de <i>M.charantia</i> ,(D) abundancias de las familias del género Lepidoptera visitantes de <i>M.charantia</i> , (E) abundancias de las familias del género Díptera que visitaron las flores de <i>M.charantia</i>	26
Figura 12. Variación temporal de las abundancias en flores femeninas de los principales ordenes de insectos visitantes de <i>Momordica charantia</i> , para los años 2015 y 2016 (A)	

abundancias por género, (B) abundancias de las familias del género hymenoptera, (C) abundancias de las familias del género Lepidoptera, (D) abundancias de las familias del género Díptera. 28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sistema reproductivo de *Momordica charantia*. 21

Tabla 2: Insectos visitantes de las flores de *Momordica charantia*. 23

BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *Momordica charantia* (CUCURBITACEAE) EN UN BOSQUE DE GALERÍA EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA.

Resumen

Se describe los aspectos reproductivos de *Momordica charantia* de una población silvestre ubicada en la Orinoquia colombiana. Para ello, se realizaron cuatro salidas de campo entre los años 2015 y 2016 con una duración de diez días cada una., las observaciones se realizaron siguiendo 30 plantas de *M. charantia* que se encontraban en alguna fase reproductiva. Se presenta información para la especie para determinar la morfología floral a través de observaciones directas de los órganos reproductores de cada flor por cada individuo ii. la biología floral a través de observaciones directas sobre las estructuras reproductivas y pruebas para determinar la receptividad estigmática, presentación de polen, concentración de sacarosa, producción de néctar; iii.la eficiencia reproductiva en la cual se evaluó la relación entre flores femeninas y la formación de frutos; la expresión sexual la cual se contó en individuos de *M.charantia* el número de flores femeninas vs el de flores masculinas; con esto se determinó la proporción de las flores durante seis días, general y durante un año, sistema reproductivo el cual por medio de cuatro tratamientos (alogamia inducida, alogamia control, getonogamia y apomoxis) se determinó su método de reproducción, eficiencia reproductiva la cual por medio de la relación entre flores femeninas y la producción de frutos se evaluó el éxito reproductivo, para la apreciación de sus mecanismo de polinización se tomaron datos de abundancias y frecuencias de los visitantes florales, también se observó cuáles de ellos iban a flores femeninas y con esto se determinó su función como polinizadores. Los resultados indican que *M. charantia* es una especie monoica, con floración y formación de frutos durante todo el año, son morfológicamente parecidas las flores femeninas y masculinas, con producción y concentración de sacarosa no constante y con mayor predominancia entre las siete y 11:00 de la mañana, reproducida alogamicamente con el 58%, altamente eficiente con 83,5% de flores femeninas transformadas en frutos. presento visitas florales de Hymenopteros con 50% lepidópteros 40.7% y dípteros con 9.3%, de estas abundancias de grupos de insectos el 68,9% son Hymenopteros principalmente de la familia Halictidae, 27,6% de lepidópteros y 3.5% de dípteros llegan a flores femeninas y se convierten en polinizadores. *M.charantia* se convierte en un buen modelo de estudio ya que crece abundantemente en varios ecosistemas, sus flores permiten hacer evaluaciones fácilmente de la morfología, biología, fenología, expresión sexual, eficiencia reproductiva, sistema reproductivo, visitantes florales y polinizadores.

Palabras clave: Morfología floral, Biología floral, sistema reproductivo, Eficiencia reproductiva, Fenología reproductiva Polinización.

INTRODUCCIÓN

La familia Cucurbitaceae pertenece a las plantas con flores y se caracteriza por su alta diversidad con cerca de 118 géneros, y con 825 especies distribuidas principalmente en los trópicos [1]. En Colombia actualmente se encuentran 28 géneros y 92 especies que se distribuyen a lo largo de todo el país [2]. Diferentes comunidades: indígenas, campesinos, y personas rurales, siembran y utilizan ampliamente los frutos, semillas y hojas, los cuales se consumen como verduras, frutas, aceites grasos insaturados, en producción de alcohol, almidón, y fabricación de objetos [3].

Adicionalmente el cultivo y producción de especies de la familia Cucurbitaceae en Colombia se estima que *Curcubita máxima* es la especie de mayor importancia ya que su producción ocurre en casi todos los departamentos del país con cerca de 60.633 toneladas/año [4]. A su vez los frutos de Cucurbitaceae componen el segundo principal producto de participación de abastecimiento en diferentes mercados mayoristas [5], para el 2015 fueron el segundo tipo de producción más importante, de hortalizas en especies como *Cucurbita máxima* (calabaza), *Cucumis melo* (melón), *Citrullus lanatus* (patilla), *Cucumis sativus* (pepino cohombro) [6].

Plantas silvestres del género *Momordica* el cual cuentan con 60 especies en diferentes partes del mundo [7], aportan beneficios medicinales, alimentarios y económicos que merecen ser evaluados para mejorar su aprovechamiento. En temas de salud, por ejemplo *Momordica charantia*, resulta ser importante para el tratamientos de diabetes [8,9], para la regulación de los niveles de colesterol [10], de leucemia o mieloides aguda [11], para combatir el dengue [12], reducir la adipogénesis [13], como neuroprotectores en pacientes obesos [14], además se ha detallado que los frutos y semillas contienen aceites esenciales [3]; en Colombia esta especie crece de manera silvestre, se encuentra ampliamente distribuida en los bordes de los bosques y no se aprovecha [15].

La producción abundante de la cantidad de polen y frutos en especies de cucurbitaceae para *Cucurbita maxima* está asociada con la probabilidad de tener un mayor número de flores estaminadas, la posibilidad de producir frutos viables y contar con polinizadores eficientes esto se da por su estrategia altamente reproductiva [16]. Además estudios sobre el comportamiento y la diversidad de los polinizadores en plantas de *Momordica charantia* en Kenya demostró que en condiciones silvestres la producción de frutos es mayor [17].

Por otra parte, la biología reproductiva de las plantas con flores, describe las estrategias de intercambio de gametos o reproducción sexual y evalúa los resultados del éxito biológico alcanzado por las especies en cada periodo reproductivo. Los estudios en este tema deben abordar: la descripción de la morfología floral, la cual permite distinguir cómo se organizan las estructuras reproductivas [18]; la fenología reproductiva, en la que se registra los tiempos de la antesis, [19]; la biología floral, que permite conocer el momento exacto y la duración de la receptividad de los estigmas, la exposición, viabilidad y longevidad del polen al igual que las características asociadas a la presentación de las recompensas florales [20]; el sistema reproductivo, que permite evaluar las diferentes alternativas de intercambio génico, el grado de autoincompatibilidad genética y las barreras reproductivas de cada especie; el estudio de

estos procesos ayuda a evidenciar estrategias y patrones que son importantes para una reproducción eficiente y por lo tanto a mantener en curso frutos, semillas y hojas que son esenciales para la promisión de todos sus beneficios.

Estudios de polinización en Cucurbitaceae detallan que los principales grupos que polinizan son *Apis* y *Peponopsis* [21]. Además, los estudios en polinización demuestran que los generos *Eulaema*, *Trigona* y *Peponopsis* polinizan con mayor eficiencia en especies como, *Cucumis sativus*, *Ecballium elaterium*, *Cucurbita máxima*, *Cucurbita moschata* y *foetidissima* Kunth [22,23,24].

En Colombia, los estudios relacionados con la biología reproductiva y los mecanismos de polinización en la familia Cucurbitaceae se han centrado en plantas cultivas (*Cucurbita moschata*) [26]. Sin embargo, y pese a la alta diversidad de las Cucurbitaceae silvestres (92 especies) son pocos los estudios que detallan mecanismos reproductivos o de polinización para especies silvestres [27].

Por otro lado, la polinización es la transferencia del polen desde las anteras hasta el estigma; también es el primer paso en la reproducción sexual de las plantas; muchos cultivos requieren de los servicios de la polinización como lo es la producción de frutos, generalmente la polinización es mutuamente beneficiosa entre el polinizador y las plantas ya que el polinizador recibe una recompensa por la visita y la planta que el polen sea entregado [28].

En la familia Cucurbitaceae la mayoría de las flores sus partes reproductivas se encuentran localizadas en flores diferentes [29], por lo tanto, es esencial la transferencia de granos de polen a las anteras en las flores femeninas en la superficie del estigma, en este acople intervienen insectos como las, abejas los cuales son los polinizadores más estudiados y utilizados en todo el mundo para cultivos de cucurbitáceas [30,31].

Para realizar un aprovechamiento real y sostenible de las especies silvestres con potencial es importante conocer aspectos de su historia natural de su biología [32] y la asociación e interacción con otros organismos [33], debido a que en las especies de Cucurbiatecae su mayor importancia se radica en la producción de frutos debido a interacciones ecológicas con polinizadores y dispersores de frutos y semillas [34], es indispensable realizar estudios de biología reproductiva en su estado silvestre.

Es por esto que este estudio presenta información relevante en aspectos reproductivos de esta especie, que incluye la representación de la morfología floral, biología floral, fenología floral, producción de néctar, concentración de sacarosa, expresión sexual sistema reproductivos, eficiencia reproductiva y frecuencias y abundancias de insectos polinizadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El presente estudio se realizó en un bosque de Galería (Figura 1), de la sede Utopía de la Universidad de La Salle en el municipio de Yopal en el departamento de Casanare, Colombia (5.32395; -72,292819).

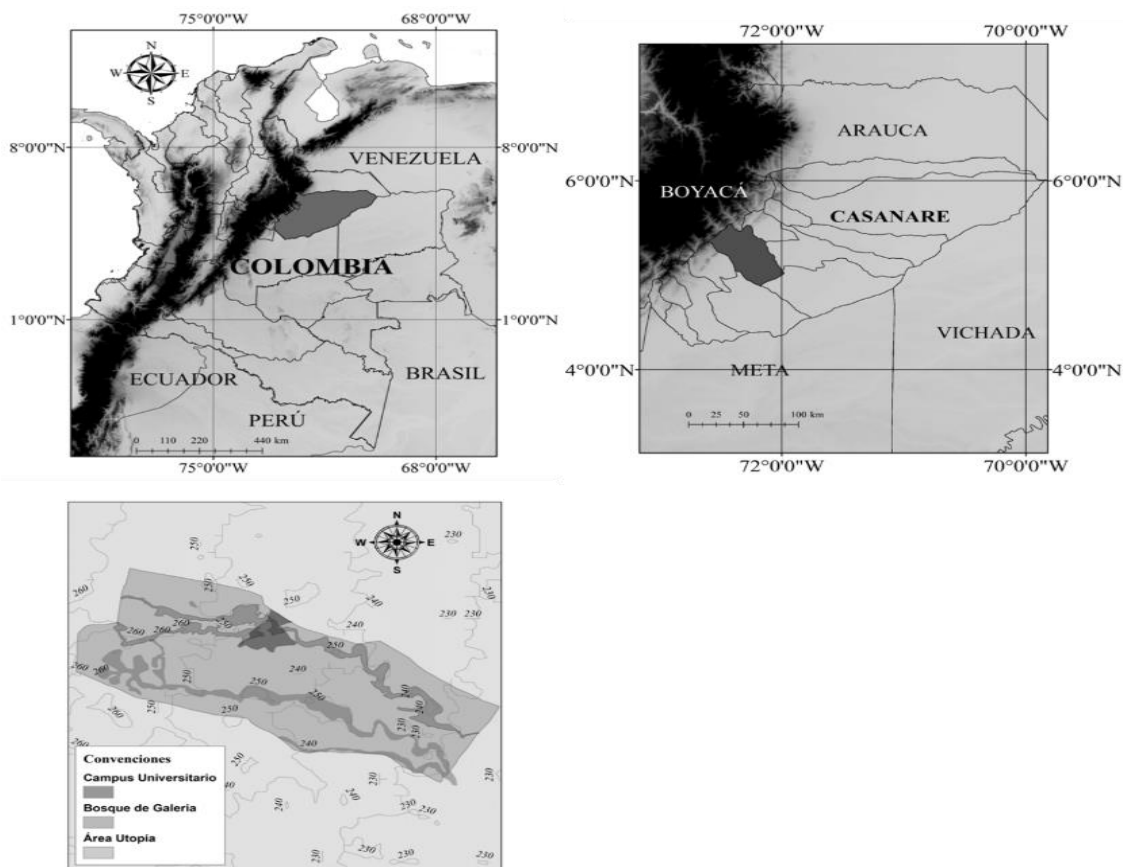


Figura 1. Localización del área de estudio en la Orinoquía colombiana, bosque de galería y sede utopía de la Universidad de la Salle.

La zona de estudio (Figura 1), se encuentra ubicada a una altura de 350 msnm, con temperaturas medias desde 18°C para época de invierno y con 31°C para época de verano. Presenta una humedad relativa mayor del 75% en los meses de abril a julio y una humedad relativa menor del 60% entre los meses de diciembre a marzo [28]. La sede está ubicada en el piedemonte llanero el cual cuenta con bosques de galería y zonas de vegetación húmeda

Especie de estudio

Momordica charantia es una planta con un hábito de crecimiento herbáceo, rastrero o colgante, se le conoce como balsamina o pepino amargo, se distribuye principalmente en zonas tropicales [35]. Por otra parte, el uso medicinal tradicional de *Momordica charantia* es bastante amplio en países como Trinidad y Tobago [36, 37, 38] India [39, 40], Cuba [41], Tailandia [42], Brasil [43], Perú [44], Malasia [45]. en donde se manifestó el uso tradicional de esta planta para combatir enfermedades

varias como lo es la diabetes, obesidad, insomnio, potencial citotóxico, malaria, diarrea, parásitos intestinales, fiebre entre otras.

Figura 2. Forma de crecimiento de *Momordica charantia*. **A** individuos con flores de *Momordica charantia*. **B** Crecimiento trepador de *Momordica charantia* **C** Crecimiento rastrero de *Momordica charantia* **D** Abundancia de *Momordica charantia*. Fotografía: Linda Julieth Tellez Perez y Luis Alberto Nuñez.

En Colombia esta especie se encuentra distribuida en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Caldas, Casanare, Cesar, Choco, Cordoba, Cundinamarca, Guania, la Guajira, Huila, Magdalena, Norte de Santander, Quindio, San Andrés y Providencia, Santander, Sucre, Tolima, Valle y Vichada [46]. Son plantas con floración constante (Figura 2A), trepadoras (Figura 2B), rastreras (Figura 2C), y con abundantes flores (Figura 2 D).

Métodos: Para hacer la evaluación de la biología reproductiva de *Momordica charantia*, se hizo una evaluación (Figura 3A) de la morfología floral, biología floral, fenología floral, (Figura 3B) y visitantes florales, se tomaron datos de abundancia en campo, estos datos se sometieron a estadísticos descriptivos y pruebas paramétricas y no paramétricas.

Diseño del experimento: Se tomaron datos en campo en cuatro salidas durante 10 días en 2 años (2015-2016). Se ubicaron y marcaron 30 individuos de plantas adultas a lo largo de senderos preestablecidos del campus Utopía de La Universidad de La Salle. Cada planta marcada fue seguida dependiendo de los aspectos morfológicos, fenológicos, biología floral, sistemas reproductivos, expresión sexual, eficiencia reproductiva, visitantes florales y polinizadores principales a evaluar.

Figura 3: Metodología del diseño del experimento **A** Flores con fruto en campo **B** Reconocimiento de las Biología reproductiva de *Momordica charantia* en campo

Morfología floral: Se hizo un registro fotográfico a la morfología de las estructuras reproductivas de las flores masculinas (anteras) y femeninas (ovulo) para 10 flores femeninas y 10 flores masculinas de 5 individuos, durante 6 días en la primera salida de campo del 2015, se seleccionaron las mejores apreciaciones y se generó una Figura en donde se detallaron las estructuras principales de cada sexo (estambres, pistilos).

Biología floral: Se realizaron cuatro ensayos (receptividad estigmática, presentación de polen, producción de néctar, concentración de sacarosa) para determinar aspectos florales de la especie *Momordica charantia*; para esto se siguieron 10 individuos, de los cuales se escogieron al azar 5 flores femeninas y 5 flores masculinas, para receptividad estigmática. En el análisis de producción de néctar y sacarosa se escogieron 19 flores masculinas de los 10 individuos y finalmente para la presentación de polen se escogieron 15 individuos, esto en la segunda salida de campo del 2015.

-Receptividad estigmática: Se registraron fotográficamente los cambios morfológicos en las estructuras reproductivas (anteras, estigmas) durante los tiempos de apertura de la flor. Se realizaron pruebas de receptividad con peróxido de hidrógeno, la cual por medio de burbujas representaba la receptividad, esto para 20 flores de la especie para un total de 60 flores muestreadas. Este método se realizó siguiendo la metodología propuesta por Dafni (1992), [18].

-Presentación del polen: para determinar el momento de la liberación de granos de polen de la flor se realizaron observaciones directas de las fases de la fenología floral. Se registraron los períodos de presentación de polen, para lo que se tomaron 15 individuos de la especie *M.charantia* se marcaron con fecha y hora, estos datos se representaron en Figuras que detallan los pasos que sigue *Momordica charantia* para la liberación de polen. Además la presentación de polen en insectos se observó y se anotó las familias de especies de insectos que visitaban flores femeninas de *M.charantia* y si mostraban alguna carga de polen en su cuerpo.

Producción de néctar: Para evaluar las recompensas que ofrecen las flores a los insectos visitantes, se midió el volumen de néctar producido por flores masculinas. El procedimiento se realizó en campo en 19 flores durante un día de la segunda salida de campo del 2015 estas flores se aislaron con tela de nylon desde botón floral hasta apertura de la flor masculina.

Para saber el volumen de néctar por flor se utilizaron microjeringas para comatografía Hamilton 250 5 μ L para líquidos serie 600, se midió según la extracción el volumen de néctar, esto en el momento de la apertura de la flor y en lapsos de tiempo de 2 horas hasta cuando la flor se cerraba, Cada flor se marcó individualmente siguiendo el parámetro de especie, se graficó las abundancias de los volúmenes de néctar, se estimó la hora con mayor volumen de néctar y se aplicaron pruebas en el software Graphpath [47] no paramétricas de Kruskal-Wallis.

Concentración de sacarosa: Para evaluar la concentración de sacarosa se utilizó un refractómetro de mano Atago de (45° a 85° Brx) modelo master RI (K (RE 99010) para evaluar por medio de la extracción de volumen del néctar las concentraciones para 19 flores cada dos horas, durante un día de la segunda salida de campo del 2015, se graficó la relación entre el número de horas y la concentración de sacarosa, se estimó la hora con mayor y menor concentración. Se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis usando el software Graphpath [47].

Fenología floral: Se realizó una caracterización fotográfica de los cambios fenológicos que presento *Momordica charantia*, como lo son los tiempos y manifestaciones desde botón floral cerrado, hasta la exposición de las semillas en frutos maduros, esto en veinte flores femeninas y masculinas durante los 20 días de la segunda salida de campo del 2016. Se hizo una selección de los mejores registros y estos cambios se representaron en una imagen compuesta en donde se muestra de forma consecuente los cambios y tiempos que presenta *Momordica charantia* desde botón cerrado hasta la formación y maduración del fruto.

Eficiencia reproductiva: Para determinar la eficiencia reproductiva de la especie de estudio se seleccionaron y marcaron con cinta de mascarad 40 individuos en diferentes zonas del campus. en cada planta se ubicó, marco y conto todas las flores femeninas producidas durante la segunda salida de campo del 2016. Cada flor femenina marcada fue seguida hasta el desarrollo y maduración del fruto, con este seguimiento se calculó la eficiencia reproductiva a partir de la relación entre las flores féminas y la formación de fruto. se hizo una una relación de éxito reproductivo $ER = [(Fr) \text{frutos formados} / (Fp) \text{flores producidas}] * 100$ Nuñez (2017) [48]

Expresión sexual: Se tomaron datos de *M. chrantia* del número de flores femeninas y masculinas durante 6 días en la primera salida de campo del 2016 para un total de 90 flores, esto con el fin de precisar la expresión sexual temporal, mensual y diaria. Para determinar los datos mensualmente se siguió a un individuo y se contó mensualmente un día el número de flores masculinas y femeninas. Para la expresión sexual diaria se tomaron datos en los 6 individuos todos los días. Finalmente, para la expresión sexual temporal se sumaron las abundancias de flores femeninas y masculinas, todas estas representaciones (general, temporal y anual) se sometieron a pruebas estadísticas no paramétricas Kruskal-Wallis y se representaron en diagramas de abundancias.

Sistema reproductivo: Se hicieron cuatro tratamientos (apomixis, alogamia inducida,

alogamia control y geitonogamia) en la segunda salida de campo del 2016. Para cada tratamiento se siguieron 30 flores femeninas de *M. charantia* en 2 individuos. Se realizó transferencia de polen de un individuo a otro para el caso de geitonogamia, para alogamia inducida en un mismo individuo se transfirió el polen con un pincel de la flor masculina a la flor femenina, para el tratamiento (apomixis) se marcaron las flores femeninas y se aislaron para evitar el ingreso de polen de cualquier fuente, el cuarto tratamiento alogamia control se marcaron las flores y no se hizo ninguna intervención, para todos los tratamientos se contó el número de semillas por fruto y se hizo la relación N/ F (semillas) y se calculó el índice de autocompatibilidad de sistema reproductivo según Dafni (1992) [18].

Visitantes florales: Se hicieron observaciones de los insectos que durante el periodo de apertura floral visitaron los 10 individuos evaluados de *M. charantia*. Se tomó registro fotográfico de las especies más frecuentes para dos años en 2 salidas de campo durante 10 días en el 2015 y 2016, se registró la abundancia con la que llegaban los individuos. Se identificaron los insectos hasta género con ayuda de entomólogos. Se determinó el porcentaje de cada uno de los grupos taxonómicos dentro del total de visitantes florales para orden y familia, estos datos se mostraron en una tabla de composición la cual detalla la abundancia de visita en flores de *M. charantia* para los años 2015 y 2016.

Polinizadores: Se hicieron observaciones directas y registro fotográfico de los insectos que en flores femeninas reportaban cargas de polen. Se anotaron las abundancias de los insectos para el 2015-2016, esto para 10 individuos en 10 flores masculinas y femeninas durante 10 días en 2 salidas de campo para cada año. Se generó una tabla de composición en la que se mostró la presencia del insecto en la flor femenina junto con si presentaron carga de polen, en una gráfica se relacionó las abundancias de los polinizadores de *M. charantia* por órdenes y familias. Se determinó por medio de estadística descriptiva la abundancia por órdenes y familias de los insectos, se hicieron pruebas paramétricas ANOVA en el software Graphpath [47] para estimar si existían diferencias significativas en los grupos de polinizadores

RESULTADOS

Morfología floral: Las flores de los 30 individuos de *M. charantia*, presentan un hábito rastrero y trepador, son abundantes ya que se encuentran en las laderas de bosques de galería y carreteras

Figura 4: Morfología floral de *Momordica charantia*. Flor masculina (estaminada) (A-C), Flor femenina (D-F)

Momordica charantia es una especie monoica con flores unisexuadas, con flores femeninas y masculinas, pentámera, ambos sexos de color amarillo; la flor masculina (Figura 4A) presenta cinco estambres, los pétalos (Figura 4C) se encuentran unidos en la base del receptáculo. La flor femenina (Figura 4D) no produce néctar, presenta un ovario ínfero y es largo-peciolada, posee caminos de néctar destacadas por el un color amarillo más intenso (Figura 4E), la flor femenina presenta un órgano reproductor ovario (Figura 4F).

Biología Floral: *M. charantia* es una especie con flores de sexos separados, las flores masculinas (Figura 5A) presentan dos fases marcadas: la primera (Figura 5A1) en la que los estambres se exponen; la segunda (Figura 5A2) los estambres se encuentran con presencia de polen, las flores de *M. charantia* se mantienen receptivas durante todo el día.

Figura 5: Biología floral de *Momordica charantia* (A) Biología floral de la flor masculina (A1 A2) Presencia del polen en flores masculinas (B) Biología floral de la flor femenina (B1) Presencia de la receptividad estigmática (B2) Polen en los pistilos en las flores femeninas.

La (Figura 5) detalla los cambios morfológicos que presentan las flores para su receptividad. Estigmática. En la (Figura 5A, B) se muestra la diferencia que presentan las flores masculinas y femeninas en sus órganos reproductores. La flor masculina (Figura 5A) presenta sus anteras unidas, la apertura de las anteras (Figura 5 A2) manifiesta la receptividad para la reproducción. Las flores femeninas (Figura 5B1) presenta los estambres receptivos ya que no se ven unidos. La presencia de polen en los estambres (Figura 5 B2) de las flores femeninas se visualiza.

Estas flores (Figura 5) abre desde las 5:00 am hasta las 11:00 am, ya que después de esta hora las flores de *M. charantia* cierran sus pétalos, sin espacio para la dispersión del polen hacia las flores femeninas.

Producción de néctar: La producción no constante de néctar en *Momordica charantia*, se consideran una estrategia que adoptan las plantas, ya que la permanencia del insecto no será tan larga, lo que requiere que el vector de polen se traslade a otra flor o individuo.

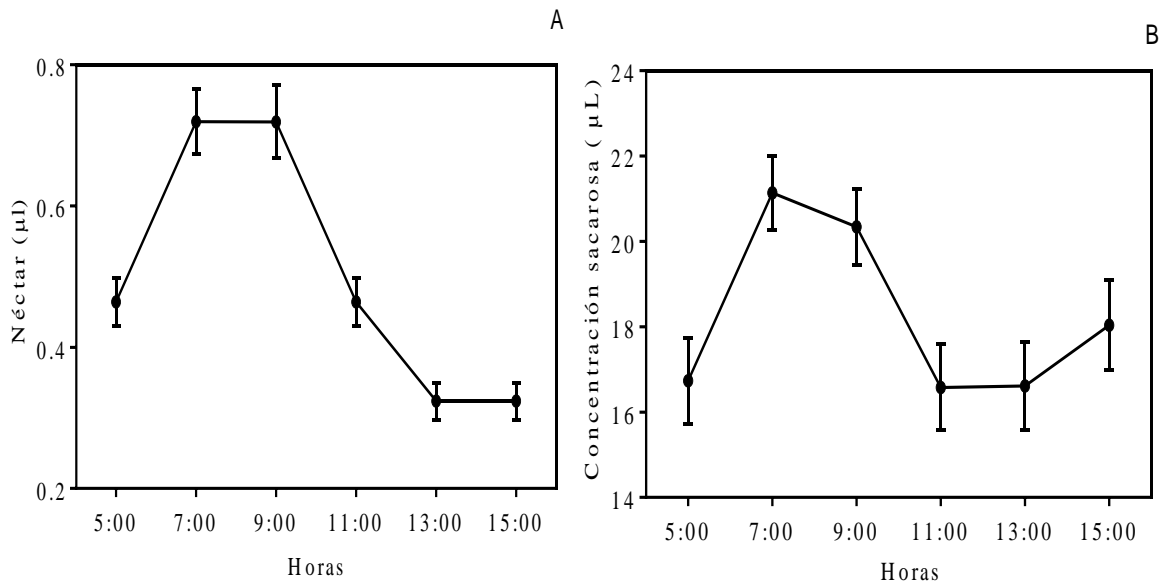


Figura 6: Producción de néctar (μL) (A) y concentración de sacarosa (μL) (B) en flores de *Momordica charantia*.

La mayor producción de néctar según los resultados de la (Figura 6A) en *Momordica charantia* para 19 flores masculinas, se da entre las 7:00 y las 9:00 am con $0.7 \mu\text{L}$ disminuyendo su producción hasta $0.3 \mu\text{L}$ desde las 13:00 hasta las 15:00 horas. La producción de néctar a las 5:00 am. es de $0.464 \mu\text{L}$; esta producción de néctar no es constante, tiene un punto mayor de producción entre las 7:00 am y las 9:00 am esta representado el 48% de la producción de néctar a diferencia de las 5:00 am que representa el 15% y entre las 11:00 hasta 15:00 que representan el 36% de la producción de néctar.

Concentración de Sacarosa: (μL): La concentración de sacarosa en *Momordica charantia*, no se mantiene constante; esto se considera estrategias evolutivas que adoptan las plantas para obligar al insecto polinizador a buscar otra flor.

Según los resultados de la (Figura 6B), la mayor concentración de sacarosa se da a las 7:00 horas con $21 \mu\text{L}$, a las 9:00 horas disminuye la concentración de sacarosa en $1 \mu\text{L}$ y a las 11:00 se da el menor valor de concentración con $17 \mu\text{L}$ hasta las 13:00 horas, ya en las 15:00 horas la concentración aumenta hasta $18 \mu\text{L}$. Entre las 7:00 y las 9:00 am se encuentra concentrado el 38% de la sacarosa siendo así las horas con mayor sacarosa, seguida de esta se encuentra las 11:00 am y las 13:00 cada una con un 15% de la concentración de sacarosa ya a las 15:00 horas se evidencia un 16% de la concentración total de sacarosa.

Fenología floral: *Momordica charantia*, se caracterizó por presentar floración y producción de frutos durante todo el año.

Figura 7: Fases desarrollo floral y fructificación de *Momordica charantia*. Botón floral (A, B, C) antes de la flor abierta (D, E), desarrollo del fruto (F, G), madurez del fruto (H, I), dispersión del fruto (J).

Momordica charantia inicialmente se manifiesta en botón floral el cual tarda en desarrollarse después de que es evidente entre uno y dos días (Figura 7A) seguida de este, las flores femeninas y masculinas de *M. charantia* entran en antesis, la preantesis el botón tarda un día en abrirse, parte de los pétalos permanecen cerrados y las estructuras reproductivas no se exponen completamente (Figura 7 B, C) Las flores abren completamente (antesis) y exponen sus estructuras reproductivas a los insectos polinizadores y visitantes florales (Figura 7D, E) este periodo duran un día, el desarrollo del fruto (Figura 7F, G) tarda doce días, después se da la madurez del fruto (Figura 7H, I) la cual está acompañada de un cambio de color en el epicarpo y un cambio en el tamaño del fruto esto tarda unos treinta días, finalmente la dispersión (Figura 7J) del fruto se da en veinte días, la cual se manifiesta con la exposición de las semillas , la fenología de esta Cucurbitaceae tarda setenta y cinco días.

Expresión sexual: Abundancia de flores masculinas y femeninas. Sus diferencias en el número de las flores femeninas y masculinas en general por meses y años.

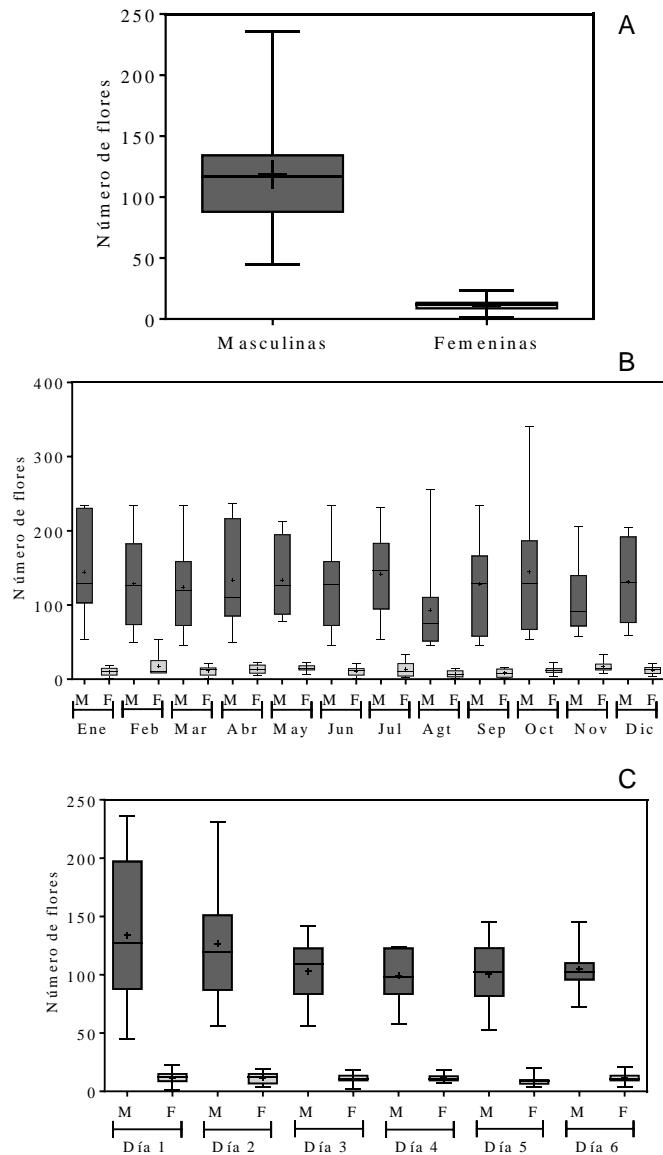


Figura 8. Expresión sexual de *Momordica charantia*, (A) Número de flores femeninas y masculinas totales, (B) Número de flores femeninas y masculinas durante un año, (C) flores femeninas y masculinas por días.

Los datos representaron que el número de flores (Figura 8A) masculinas es mayor con una representación del 91,3% que a diferencia de las hembras que es de 8.7%; con una diferencia significativa ($p\text{-Value} < 0,0001$) $H = (136.4)$ en las abundancias de flores masculinas respecto a las abundancias de las flores femeninas. Las flores masculinas (Figura 8B) durante todos los meses del año 2015 representaron una mayor abundancia; la cual estuvo entre el 87% y el 93%, que a diferencia de las flores femeninas que estuvo entre el 6% y el 13%, diariamente

(Figura 8C) las abundancias de flores masculinas representaron entre el 90 % y el 92% a diferencia de las femeninas que sus abundancias están entre el 8% y el 10%; las flores masculinas son anualmente, mensualmente y diariamente más representativas que las flores femeninas ya que siempre las flores masculinas mantuvieron mayores abundancias a diferencia de las flores femeninas, mantienen una proporción de 11:1.

Sistema reproductivo: Los frutos resultantes en los diferentes tratamientos de polinización se incluyen en la tabla 1. Se observó un alto grado de reproducción para los diferentes tratamientos.

Tabla 1. Sistema reproductivo de *Momordica charantia* en 4 tratamientos N = (número de flores).

Tratamiento	N/flor	N/fruto	# Semillas tratamiento / ISI
Alogamia Control	30	30/100%	
Alogamia Inducida	30	30/100%	459/63%
Geitonogamia	30	12/40%	62/8%
Apomoxis	30	2/6.7%	9/1,2%

Los resultados muestran que alogamia inducida es el tratamiento con mayor eficiencia en el tratamiento la cual alcanzo el 100% de formación de frutos y un 36% en la formación de semillas; no obstante, el tratamiento geitonogamia represento el 40% de frutos formados y el 5% de número de semillas, el tratamiento menos representativo fue apomoxis ya que su formación de frutos fue del 6,7% y el de semillas de 0.7%.

Momordica charantia es una especie alogamica por que el 100 % de las flores se convirtieron en frutos; aunque sistemas reproductivos como apomoxis y geitonogamia es posible que ocurran. Los resultados mostraron que, aun cuando *Momordica charantia* puede formar frutos sin la intervención de un vector, la sola presencia de insectos polinizadores o la practica manual son más eficientes, ya que estos tratamientos (alogamia inducida y geintonogamia), representaron una formación de frutos por parte de todas las 30 flores y 12 frutos formados de 30 flores respectivamente que a diferencia de la no intervención del polinizador (apomoxis) fue de 2 individuos de 30 flores.

Eficiencia reproductiva: Evaluación de la eficiencia que tiene las flores femeninas en la producción de frutos

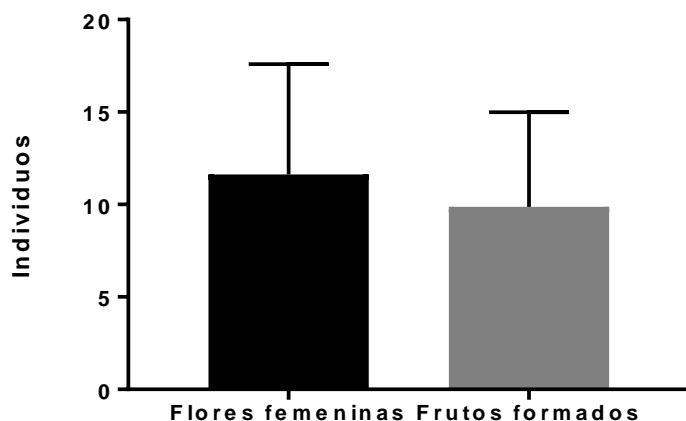


Figura 9. Eficiencia reproductiva de *Momordica charantia*. El cual contempla el número de frutos por cada flor femenina evaluada.

M. charantia presenta una alta eficiencia reproductiva alcanzando un valor del 83.5% (Figura 9) de flores que se convirtieron en frutos y tan solo el 16.5% fueron abortados o no completaron el desarrollo en todas las 40 plantas marcadas y seleccionadas hubo formación de frutos, en promedio cada planta presento 11 flores femeninas y 10 frutos formados

Visitantes florales:

Composición: Las flores de *M. charantia* fueron visitadas por 32 especies correspondiente a los órdenes Hymenoptera, lepidóptera y díptera (Tabla 2), de los cuales el 50% de las especies correspondieron al orden Hymenoptera con 16 especies, seguido de lepidóptera con 40.7 % y 13 especies y finalmente díptera con 3 especies que representa el 9.3%.

El orden hymenoptera lo conformaron 4 familias (Halictidae, Apidae, Colletidae, Vespidae), al orden lepidóptero 4 familias hacen parte de los visitantes florales (Hesperidae, Lycaenidae, Nymphaeales, Pieridae), finalmente el orden díptero 3 lo familias 3 géneros (Drosophila, Syphidae, Muscidae) (Tabla 2).

Los resultados (Tabla 2) también mostraron que el orden de insectos con mayor frecuencia en flores de *M.charantia* son los leídopteros con un 49% de las frecuencias de todas las especies a este le sigue el orden Hymenoptera con un 43% de las frecuencias totales y finalmente los dípteros que son los menos frecuentes con un 8% del total de los visitantes florales. Las familias que frecuentaron todos los individuos son: Halictidae, y Hesperidae. La familia que más especies con carga de polen se vio fue Halictidae con 7 especies, seguida de Apidae con 4 especies, Hesperidae y Nymphaeales con 3 especies y el orden díptero no presentó ninguna carga de polen

Tabla 2: Insectos visitantes de las flores de *Momordica charantia*. Abundancia para los años 2015 y 2016, frecuencia de visita, abundancia en flor femenina, carga de polen.

ORDEN/FAMILIA/ GENERO/ESPECIE	ABUND 2015	ABUND 2016	FRECUENCIA	ABUND FEM	CARGA POLEN
HYMENOPTERA					
APIDAE					
<i>Apis mellifera</i>	35	45	1.4	12	S
<i>Trigona fulviventris</i>	21	12	2.4	12	S
<i>Trigona spnipes</i>	12	8	2.4	3	S
<i>Trigona Sp.2</i>	2	9	0.9	4	S
<i>Tetragonisca angostula</i>	12	3	1.9	0	N
<i>Melipona favosa</i>	2	0	0.01	0	N
COLLETIDAE					
Gen1, Sp.1	3	2	0.9	0	N
HALICTIDAE					
<i>Augochlora Sp.1</i>	45	38	4.4	32	S
<i>Augochlora Sp.2</i>	15	7	4.9	6	S
<i>Augochloropsis metallica</i>	58	63	3.9	45	S
<i>Augochloropsis Sp.2</i>	24	32	4.4	26	S
<i>Augochloropsis Sp.3</i>	54	102	4.4	59	S
<i>Caenohalictus Sp.1</i>	23	42	3.9	32	S
Gen4 Sp.1	21	5	3.9	12	S
Gen4 Sp.2	21	10	0.9	8	S
Gen4 Sp.3	8	4	0.9	0	N
VESPIDAE					
<i>Pepsis Sp.1</i>	1	0	0.9	0	N
LEPIDOPTERA					
HESPERIDAE					
<i>Urbanus pronus</i>	12	17	4.4	2	S
<i>Urbanus dorantes</i>	4	2	4.9	3	S
<i>Urbanus sp3</i>	3	6	3.9	0	N
<i>Anthoptus epictetus Sp.4</i>	8	21	4.9	2	S
<i>Heliopetes arsalte</i>	3	0	3.9	0	N
<i>Zariaspes mys</i>	2	9	3.9	0	N
Gen 1.Sp.7	17	4	3.4	2	N
LYCAENIDAE					
<i>Ministrymon azia</i>	2	3	2.4	1	N
<i>Hemiargus hanno</i>	2	0	0.01	0	N
NYMPHALIDAE					
<i>Anartia amalthea</i>	21	45	4.4	12	S
<i>Annartia jatrophe</i>	6	12	3.4	2	S
<i>Hypothyris sp1</i>	25	31	3.4	8	S
PIERIDAE					
<i>Eurema दौरा lydia</i>	15	3	2.4	5	N
<i>Eurema xantachlora</i>	6	18	2.9	5	N
DIPTERA					
DROSOPHILA					
<i>Drosophila mellanogaster</i>	21	4	2.4	0	N
SYRPHIDAE					
<i>Allograpta Sp.1</i>	2	0	2.9	0	N
MUSCIDAE					
Gen 1 Sp.1	5	6	2.4	1	N

Figura 10: Visitantes florales de *Momordica charantia* en un bosque de galería, Hymenoptera (A-K); Lepidoptera (L- R); Díptera (S, T). Fotos Luis Nuñez.

Abundancia: Los resultados muestran que las flores de *Momordica charantia* fueron visitadas por 1206 insectos, de los cuales 731 individuos son del orden Hymenoptera con el 61%, 295 individuos del orden lepidoptera con el 24.4% y finalmente 175 individuos del orden diptera que representan el 14.5%.

La familia Halictidae (9A-F) fue la más representativa con el 47% de individuos seguido de la familia Apidae que aborda el 13% de las abundancias totales. La participación en la polinización en *M. charantia*, está dada por la llegada de los insectos cargados de polen en flores femeninas, para lo que se evidenció (Figura 10) que el orden Hymenoptera fue los que llegaron a tener contacto con flores femeninas.

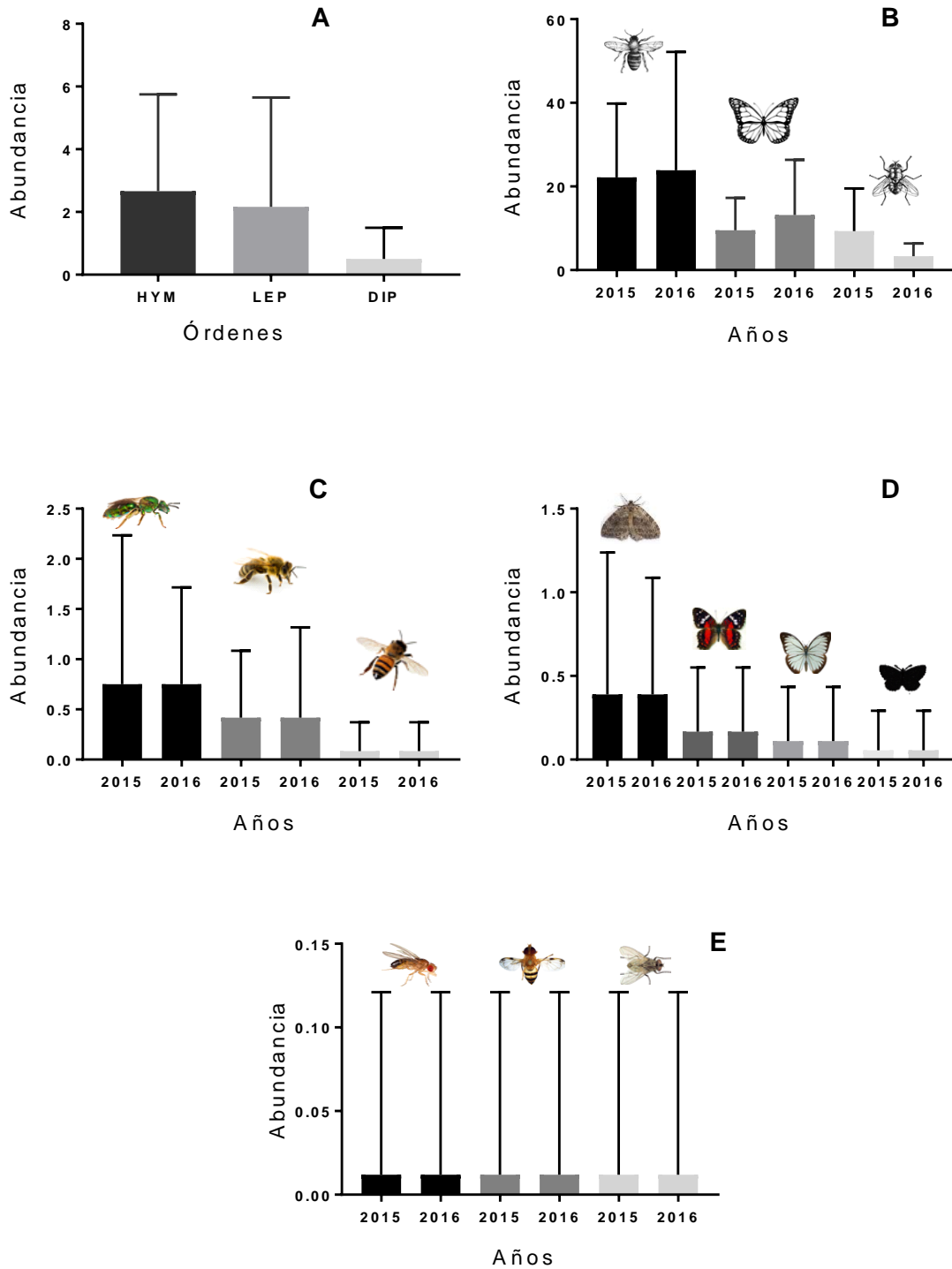


Figura 11: Variación temporal de las abundancias de los principales órdenes de insectos visitantes de *Momordica charantia*, para los años 2015 y 2016 (A) abundancias por orden para los dos años, (B) abundancias de los órdenes por cada año, (C) abundancias de las familias del orden Hymenoptera visitantes de *M.charantia*, (D) abundancias de las familias del orden Lepidoptera visitantes de *M.charantia*, (E) abundancias de las familias del orden Díptera que visitaron las flores de *M.charantia*.

Se evidencia (Figura 11A) que el orden con mayor abundancia es Hymenoptera con el 68.9% a diferencia de Lepidoptera y Díptera con 27.6% y 3.5% respectivamente), en la (Figura 11B), el orden para los dos años con más abundancia fue Hymenoptera con 70% para el 2015 y 68% para el 2016, seguido se encontró que la orden Lepidoptera con 24.4% para el 2015 y 5.5% para el 2016; finalmente Díptera demostró tener 5.5% para el 2015 y 18% para el 2016

La familia más abundante del orden Hymenoptera (Figura 11C), fue Halictidae con 76% para el 2015 y 79.3% para el año 2016, la familia Apidae, represento la segunda familia con 23% para el 2015 y 20% para el 2016, finalmente la familia Colletidae su abundancia en las visitas de *M.charantia* fue de 0.8% para el 2015 y 0.5% para el 2016.

La familia más abundante del orden Lepidoptera (Figura 11D), fue Nymphaeales con el 42% para el 2015 y 51.5% para el 2016, seguida de los Hespériidae que en el 2015 represento el 39% de las abundancias y para el 2016 el 34.5%, la familia Pieridae represento el 17% para el 2015 y el 12.2% para el 2016, finalmente Lycaenidae demostró tener el 1.6% de abundancias para el 2015 y el 1.7 % para el 2016; aunque la familia Nymphaeales fue la que más abundancia represento a diferencia de la familia Pieridae fue la que más riqueza represento, lo que la posiciona en la (Figura 11D) más representativa que Nymphaeales.

La familia más abundante del orden Díptera (Figura 11E), fue Drosophila con 75% para el 2015 y 40% para el 2016, seguido de la familia Muscidae que demostró participar en 18% para el 2015 y 60% para el 2016. Finalmente, la familia Syrphidae participo en un 7% para el 2015 y 0% para el 2016.

El orden que más representan las abundancias de los individuos que visitan a *Momordica charantia* es Hymenoptera en ella la familia más representativa es Halictidae, seguido al orden se encuentra Lepidoptera, en ella la familia más representativa es Nymphaeales siendo la más abundante, aunque Hespériidae represento más riqueza, el orden menos representativo fue Díptera y en ella la familia más representativa fue Drosophila.

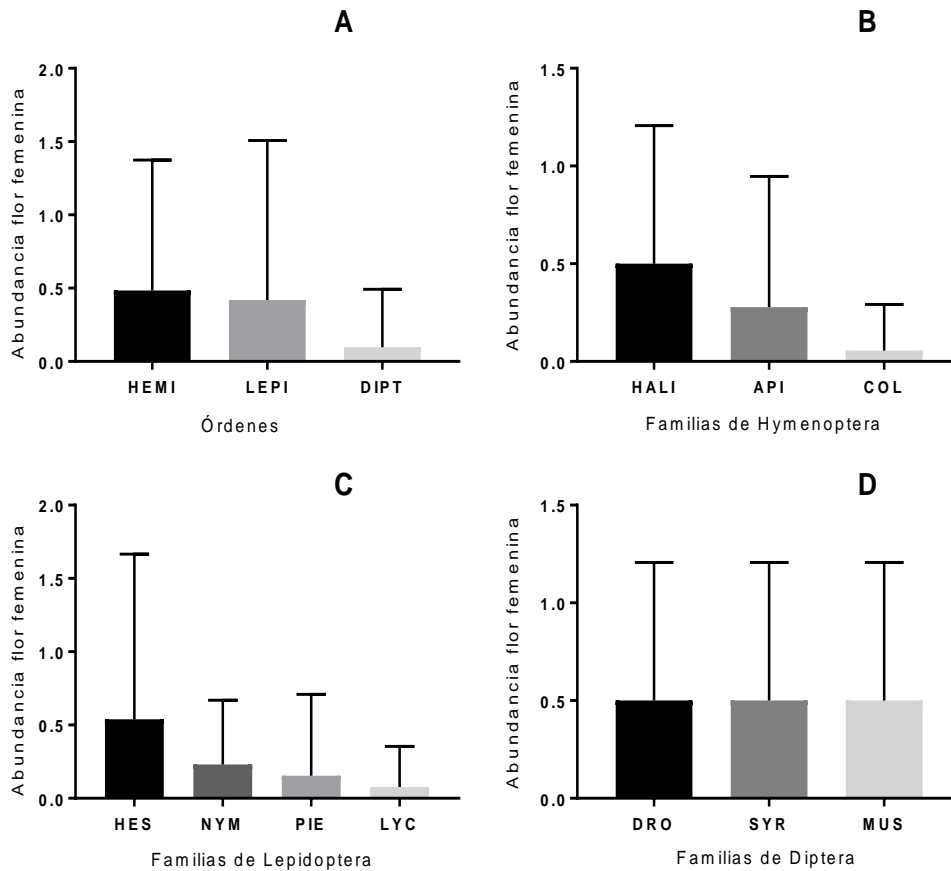


Figura 12: Variación temporal de las abundancias en flores femeninas de los principales ordenes de insectos visitantes de *Momordica charantia*, para los años 2015 y 2016 (A) abundancias por orden (B) abundancias de las familias del orden Hymenoptera, (C) abundancias de las familias del orden Lepidoptera (D) abundancias de las familias del orden Díptera.

Se evidencia que las especies del orden (Figura 12A) con mayor abundancia en flores femeninas en *M. charantia* es Hymenoptera con el 86% a diferencia de lepidóptera y díptera con 13.7% y 0.3% respectivamente no existe una diferencia significativa en las modas de las abundancias de los grupos de insectos ($p\text{-Value} < 0.0146$); La familia (Figura 12B) más representativa en la abundancia en flores femeninas de *M. charantia* para el orden Hymenoptera fue Halictidae con 87.7%, seguida de Apidae con 12.3% y Colletidae con 0%. Las abundancias de la moda y mediana de los insectos sus diferencias son significativas ($p\text{-Value} < 0.1190$).

Además, del orden lepidóptera (Figura 12C) la familia con mayor abundancia en flores femeninas fue Nymphaeales con 55% seguida de Pieridae con 25%, Hespéridae con 17.5% y finalmente Lycenidae con 2.5%; finalmente la familia Muscidae, no existen diferencias significativas entre la moda y mediana de las abundancias de insectos en las familias de lepidópteros ($p\text{-Value} < 0.0363$), en la (Figura 12D) fue la única que represento en flores

femeninas abundancia para el género díptera y se evidencio no hay diferencia significativa (p-Value=0).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que *M. charantia* sigue un patrón reproductivo altamente eficiente (Figura 9) con cerca 83.5%, de las flores femeninas producidas se convierten en frutos. Este fenómeno en la reproducción es el resultado de la combinación de factores reproductivos incluyendo aspectos de la morfología y expresión de las flores, una floración continua e intensiva, la visita de un alto número en riqueza y abundancia de especies de insectos que transportan polen eficientemente, un sistema reproductivo mixto, pero con predominancia de tipo xenogámica y un mecanismo de polinización por engaño alimenticio.

Se ha sugerido que una planta presenta una estrategia reproductiva altamente eficiente cuando se deposita gran cantidad de polen en los estigmas [49], cuando todos los óvulos son fecundados [50], cuando un porcentaje alto de las flores producidas se convierten en frutos que maduran y producen alta cantidad de semillas viables [51] entre otros. Los resultados encontrados en este estudio así lo demuestran debido a que en una planta produce en promedio 12 Flores femeninas diarias y nueve de ellas se convierten en fruto(Figura9).

El monoicismo y la presencia de flores unisexuadas y de alta similitud entre sexos es un rasgo común entre especies de la mayoría de géneros dentro de la familia Cucurbitaceae [52]. La alta eficiencia de la especie es el resultado de la combinación de atributos reproductivos, Por ejemplo, a nivel de la morfología floral, la especie presenta flores unisexuales con alta similitud en color, forma y tamaño entre las femeninas y masculinas que facilita el movimiento de polen intra e interespecifico (Figura 4) la única diferencia es el número de flores masculinas con una relación 11:1 lo que permite que los insectos accedan a las flores masculinas que presentan recompensa y como las flores femeninas no producen recompensas el bajo número y la similitud con las masculinas permiten que estas se mimeticen y engañen a los polinizadores y estos accedan a las flores y depositen polen. La presencia de flores unisexuadas en la misma planta determina que la especie sea monoica, con flores unisexuadas, altamente similares y con diferenciación en recompensas florales.

Tener flores unisexuadas es una estrategia de las plantas monoicas para evitar la autopolinización [53]. El tener flores unisexuadas, pero con alta similitud morfológica tiene varias implicaciones adaptativas y repercute de manera directa en el mecanismo de polinización ya que las flores independientemente de su función sexual al portar uno de los dos gametos reproductivos también participa de manera directa en la ecología de la polinización en la atracción de visitantes y mantenimiento de polinizadores [54].

En *M. charantia* las dos flores son morfológicamente idénticas (Figura 4) con lo cual se asegura la atracción de visitantes a los dos sexos, pero las recompensas varían entre flores ya que morfológicamente las flores femeninas solo tienen un ovulo ínfero el cual almacena el fruto, que a diferencia de la flor masculina la cual produce la recompensa floral (néctar), los insectos al no distinguir la flor masculina, pasan por la flor femeninas dejando los granos de

polen sobre las bases reproductivas de las hembras, y de este modo terminan siendo engañados; este tipo de estrategia se encuentra en varias familias de plantas y en cucurbitaceae especialmente ya que resulta ser bastante eficiente reproductivamente [55].

A nivel de la fenología reproductiva *M. charantia* presentó flores a lo largo del año (Figura 8B), cada individuo una vez alcanza la madurez sexual produce diariamente gran cantidad de flores (Figura 8C) las cuales se mantiene de manera constante a lo largo del año y floreciendo de manera sincrónica, con lo cual aumenta la tasa de atracción de visitantes y mantenimiento de polinizadores [56] y con ello asegura el flujo de polen interespecífico y la polinización cruzada. La producción continua y de manera intensiva y extensiva en el tiempo ha sido considerada una estrategia para atraer visitantes y polinizadores en Cucurbitaceas [52].

A nivel de la biología floral; *M. charantia* siguió un comportamiento similar al que presentan otras especies de la familia ya que la antesis floral se produce en horas de la madrugada desde las 05:00 horas de la mañana y permanece a lo largo de la mañana ya en la tarde las flores se cierran e inicia la marchitez de los pétalos y formación de frutos, este fenómeno se ha reportado de manera similar en varias especies de la familia Cucurbitaceae en donde la antesis ocurre antes de la salida del sol y la receptividad de los estigmas finaliza entre cuatro y cinco horas después [57,58].

Pese a la similitud de la biología floral, también hay excepciones en algunas especies, por ejemplo, en un estudio realizado en híbridos de *Cucumis melo* demostraron diferencias significativas para la antesis ya que, en los días nublados, la antesis fue más lenta que en los días soleados [59] mientras que en la especie *Citrulus lanatus* la antesis floral estuvo activa las 24 horas del día [54]. Por otra parte, la antesis de las flores de *Cucurbita moschata* se logra [56], entre las 5:30 y las 06:00 en flores masculinas y entre las 05:45 y 07:00 en las flores femeninas, el cierre de las dos flores se da entre las 09:00 del mismo día, aproximadamente el tiempo de antesis es de dos horas y treinta minutos en machos y de tres horas y media en las flores femeninas, también se han registrado [60], que en las flores de *M. charantia* abre entre las 5:00 am y 11:00 am.

Así mismo, la producción de néctar es importante para la eficiencia reproductiva en especies de la familia Cucurbitaceae [61], esta producción en flores de *M. charantia* no se mantienen constantemente ya que su volumen varía a lo largo de la antesis (Figura 6A), esto ayuda a que los insectos polinizadores no se mantengan en un mismo individuo y así se vea obligados a transferir el polen entre los diferentes individuos de *M. charantia* que se encuentren cerca aumentando la polinización cruzada y con ello aportando así mayor variabilidad genética en la especie y capacidad adaptativa que le permite colonizar grandes áreas como ocurre en la actualidad ya que es una especie muy frecuente y abundante en diferentes ecosistemas [61].

En especies de la familia Cucurbitaceae se mantiene una relación proporcionalmente mayor en flores masculinas que femeninas [62] así mismo las flores masculinas (Figura 8) de *M. charantia* en el presente estudio presentaron ser más abundantes durante todo el periodo de floración. La proporción

que se estimó fue de 11:1, y esto se cumple con otros miembros de la familia como es el caso del *Cucumis sativus* el cual puede variar de 4: 1 a 20: 1 o más, [29], así mismo las flores masculinas de *Cucurbita moschata* son más numerosas y aparecen antes que las femeninas y la proporción es de 9: 1 durante todo el periodo de floración [56] a su vez, en flores de *Cucúrbita máxima* [61] las flores masculinas son más abundantes que las femeninas con una proporción de sexos es de aproximadamente 3:1. El presente estudio encontró que esta proporción de flores masculinas y femeninas se mantiene siendo las masculinas las más abundantes. Esta relación diferencial entre flores masculinas y femeninas es una estrategia importante para una polinización eficiente y alto éxito reproductivo en la familia

Momordica charantia fue visitada por 34 especies de insectos y con 18 insectos con participación activamente en la polinización de la especie con lo cual se concluye que la especie es entomófila y con predominio de melitofilia y sfingofilia o polinización por mariposas diurnas pertenecientes a la familia Nymphalidae. En un gran número de especies de Cucurbitaceae predomina la polinización cruzada debido a que son plantas monoicas, con flores unisexuadas y con una expresión sexual diferencial, por lo tanto dependiente de vectores de polen que en la mayoría de los casos es realizada por insectos o entomófila. Los principales grupos que se han reportado que la polinizan son (*Apis spp*), (*Hymenoptera spp*), (*Bombus spp.*), [63, 58]. Cuando los polinizadores son escasos o la transferencia limitada de polen reduce la producción reproductiva [64], El registro de visitantes florales más comunes en esta familia se encuentra Coleóptera, Díptera, Lepidóptera, Hymenóptera y Hemíptera. [60] así mismo se encontró que en *Cucúrbita máxima* [61] dos especies de coleópteros fueron las principales poblaciones de polinizadores.

En nuestro caso el grupo más importante de polinizadores fueron abejas Halictidae las cuales transfieren la mayor cantidad de polen, visitando los dos tipos de flores y presentaron las mayores abundancias (Tabla 2). Especies de la familia de Halictidae tiene una gran incidencia en la polinización de diferentes plantas de la familia Cucurbitaceae [49, 65, 66, 67, 68], como lo demostraron [69] en flores de cucúrbita encontraron 19 especies de este orden, así mismo [70] demostraron que las especies vegetales visitadas por *Agapostemon* género de la familia Halictidae es su mayoría son de la familia Cucurbitaceae, además según [71] en flores de *Cucumis melo* la visita por parte de Halictidae también se reconoce, el presente estudio *Momordica charantia* al igual que en otras especies de la familia Cucurbitaceae, los principales grupos que la polinizan son Hymenopteros, Lepidópteros y Dípteros; siendo la familia Halictidae la más abundante y frecuente en la polinización de *M. charantia*.

Así mismo según [72] los lepidópteros diurnos tienen cargas de polen en sus probóscides las cuales provenían de varias plantas; entre ellas *Guarania* de la familia Cucurbitaceae, [73] las flores de *Cucurbita moschata* son polinizadas principalmente por los órdenes Díptera, Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera y Lepidoptera en frutos de *Citrullus lanatus* fueron visitados por un grupo de lepidópteros [50], en el presente estudio se encontró que los lepidópteros son el segundo grupo más abundantes en la visitas que recibe *M.charantia* y además no representa una abundancia significativamente menor respecto al grupo más abundante Hymenoptera

Es por esto que en especies de Cucurbitaceae dependerá de las polinizaciones eficientes que realizan polinizadores silvestres [74] ya que en la mayoría de sus especies presentan polinización cruzada obligada, debido a sus flores unisexuadas pistiladas y estaminadas [75]. Alcanzar la eficiencia en la polinización requiere que el polen entre en contacto con el estigma; una vez suceda esto la fertilización todavía no está garantizada ya que, si no hay suficiente polen, solo los primeros óvulos podrán ser fertilizados con éxito [56].

El 100% de las flores femeninas de *M. charantia*, produjeron frutos, Así mismo según [76] en flores de *Cucurbita pepo L.* el tratamiento donde se utilizaron abejas, el rendimiento se incrementa un 45 % respecto al tratamiento donde no fueron utilizados estos insectos.

De acuerdo a los resultados del sistema reproductivo la especie *M. charantia* es una planta que se reproduce mayormente por alogamia inducida, con una posible participación por geintonogamia, esto está determinado por la gran cantidad y similitud de flores masculinas y femeninas en un mismo individuo, pero aún así la especie necesita de un vector externo para su reproducción. [77].

Los únicos estudios que detallan mecanismo de reproducción en *Momordica charantia* son: [78] el cual detalla la morfología de los frutos y semillas, [60] en él se manifestó algunas partes de la biología reproductiva, pero se enfoca más en la eficiencia de la polinización; además los estudios de biología reproductiva en la familia Cucurbitaceae se centran en plantas cultivadas como (*Cucumis melo*, *Curbita máxima*, *Sechium tacaco*, *Cucurbita moschata*), [61, 79, 71, 80]. Por otro lado, encontramos especies silvestres las cuales no cuentan con estudios de su biología floral en este encontramos en modelo de estudio silvestre *M. charantia* el cual solo cuenta con un estudio [60], que se acerca a la biología reproductiva de esta especie silvestre. Las abejas representaron ser más abundantes pero las mariposas más frecuentes

Momordica charantia es un excelente modelo de estudio ya que crece abundantemente por todos los bordes de bosques, la presencia diaria de flores femeninas y masculinas permite evaluar fácilmente estas estrategias reproductivas.

CONCLUSIONES

Las flores masculinas de *Momordica charantia* son más abundantes que las flores femeninas. Las dos presentan mimetismo floral y solo las flores masculinas ofrecen recompensa floral (néctar) el cual su concentración no es constante esto lo usan como estrategia para una polinización ya que engañan al insecto polinizador y lo obligan a ir a otros individuos en búsqueda de néctar y sacarosa más concentrada, esta manifestación de eventos se ve representado en la eficiencia reproductiva ya que la mayoría de las flores femeninas producen frutos, su reproducción se da principalmente por alogamia, los insectos que intervienen en la transferencia de polen son Hymenopteros, Lepidopteros y Dipteros, siendo la familia Halictidae la más abundante y la más frecuente en flores femeninas, la familia Nymphalidae presento ser la más frecuentes en individuos de *M.charantia* , los lepidópteros presentaron ser lo más diversos.

Los recursos que ofrece *M. charantia* son constante en bosques caducifolios esta planta resiste estos escenarios y se convierte en un recurso importante en el bosque ya que ofrece constantemente recursos florales, el servicio de la polinización se mantiene gracias a estas plantas ya que resisten a cambios que presentan los bosques también se convierte en una especie clave en sistemas de conservación.

Por otra parte, *M charantia* se convierte en un modelo de estudio para morfología, fenología, biología floral, expresión sexual y eficiencia reproductiva ya que produce flores frutos y semillas constantemente en varios ecosistemas, esta permanencia invariable también ofrece recursos para estudios de visitantes florales y polinizadores ya que la abundancia de individuos de esta planta permite hacer estas evaluaciones fácilmente.

REFERENCIAS

1. Rehm S, Wessels J, Enslin P (1957) Bitter principles of the Cucurbitaceae, the distribution of the bitter principles in this family. *Sci food agric* 8:687-679.
2. Nee, M, Gutierrez, M, Bernal, R, Gradstein, M (2015) Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
3. Janick J. (1993) New opportunities in the *cucurbitaceae*. J. Janick and J. Simon (eds.), new crops. Wiley, New York.538-546.
4. Ahmed S. (2006) Las curcubitaceae importancia económica, bioquímica y medicinal. Universidad Nacional de Colombia.
5. Dane encuestas nacionales de la participación de productos frutales en el abastecimiento en diferentes plazas de Mercado de territorio nacional de Colombia de frutos 2015, Encuestas agropecuario (2015) pdf.
6. Dane, encuestas nacionales de la producción más importante de hortalizas con frutos sobre el territorio nacional de colombia (2015) pdf
7. Robinson R.; Decker W. (1997) Cucurbits. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K.; New York, N.Y. 124-135
8. Fernandes N; Lagishetty C, Panda V, Naik S. (2007) An experimental evaluation of the antidiabetic and antilipidemic properties of a standardized *Momordica charantia* fruit extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 7: 29.
9. Poovitha S, Parani M. (2016) In vitro and in vivo α -amylase and α -glucosidase inhibiting activities of the protein extracts from two varieties of bitter gourd (*Momordica charantia*). *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16:185-190.

10. Saad D, Soliman M, Baiomy A;Yassin M; Sawy H. (2017) Effects of Karela (Bitter Melon; *Momordica charantia*) on genes of lipids and carbohydrates metabolism in experimental hypercholesterolemia: biochemical, molecular and histopathological study. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1): 319
11. Prabha, P; Dixit, A. (2011) A comprehensive transcriptomic and biochemical evaluation of a differentiation inducing anti-leukemic principle isolated from *Momordica charantia*. *Genome Biology*, 12(1): 46.
12. Tang L;Ling A; Koh R, Chye S, Voon L. (2012) Screening of anti-dengue activity in methanolic extracts of medicinal plants. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12:3-6.
13. Nerurkar P, Lee Y (2010) *Momordica charantia* (bitter melon) inhibits primary human adipocyte differentiation by modulating adipogenic genes. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10: 20-34.
14. Nerurkar P, Buesa L, Kipyakwai G, Volper E, Sato R, Nerurkar V (2011) *Momordica charantia* (bitter melon) attenuates high-fat diet-associated oxidative stress and neuroinflammation. *Journal of Neuroinflammation*, 8: 64-70
15. Snee L, Nerurkar V, Dooley D, Efird J, Shovic A, (2011) Strategies to improve palatability and increase consumption intentions for *Momordica charantia* (bitter melon): A vegetable commonly used for diabetes management. *Nutrition Journal*, 10: 65-78.
16. Cáseres E, Piña T, Berríos, N, Leal N (2010) Comparación morfológica de frutos y semillas de auyama (*Cucurbita máxima*) *Revista unellez de Ciencia y Tecnología* 28:32-36.
17. Oronje M, Hagen M, Gikungu M, Kasina M, Kraemer M, (2012) Pollinator, diversity, behaviour and limitation on yield of karela (*Momordica chanrancia* L. *Curcubitaceae*) in western Kenya. *African Journal of Agricultural Research*. 7:11. 1629-1638.
18. Dafni A, (1992) *Pollination Ecology. A practical approach*. Oxford University Press, Oxford
19. Bawa K; Bullock S, Perry D, Coville R, Grayum M, (1985) Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. pollination systems. *American Journal of Botany* 72: 346-356.
20. Kearns C; William D, (1993) *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot, CO.356.
21. Cáseres E, Piña T, Berríos, N, Leal N (2010) Comparación morfológica de frutos y semillas de auyama (*Cucurbita máxima*) *Revista unellez de Ciencia y Tecnología* 28:32-36.

22. Marchini M, Teixeira J, (2001). Plantas visitadas por abejas africanizadas em duas localidades do estado de São Paulo. *Scientia Agrícola* 58:413-420.
23. Montes R, Vallejo A, Baena D (2004). Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata*). *Acta Agronómica* Palmira 53:43-50
24. Guillermo E, Delgado D, Rojas C, Leopoldo Vásquez, (2001). Caracterización de frutos y semillas de algunas cucurbitáceas en el norte de Perú; Facultad de ciencias biológicas, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
25. Bukasov S, (1930) The cultivated and pollination plants of Mexico, Guatemala and Colombia. *Bull, Appl.Bot.Genet.and Plant Breed* 18: 553.
26. Zambrano G, Gonzales H, Hinojosa I, Engel M, (2013) Bees visiting squash (*Cucurbita moschata*) in southwestern Colombia (Hymenoptera:Apidae). *Journal of melittology* (18).
27. Cruz D, Campos L, 2009 polinización por abejas em cultivos protegidos. *Revista brasileira de agroecologia*, 15:5-10.
28. Maynard D, Hochmuth G, (2007). *Knott's Handbook for Vegetable Growers*. Edible flowers. John Wiley & Sons, INC.
29. Delaplane K, Mayer D, (2000). *Crop pollination by bees*. Cambridge, UK. 1:344.
30. Garibaldi L, Dewenter S, Winfree R., Aizen M, Bommarco R. (2013) Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Pubmed*.24:344.
31. Stanghellini M, Schulthies J, Ambrose J, (2002) Pollen mobilization in selected cucurbitaceae and the putative effects on pollinator abundance on pollen depletion rates. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 127: 729-736.
32. Restrepo C, Bonilla A (2017) Dinámica de la fenología y visitantes florales de dos bromelias terrestres de un páramo de Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(3):636-645.
33. Welbaum G, (2014) *Vegetables production and practice*. Chapter 10 family cucurbitaceae. P. 40-49.
34. Nuñez A, Carreño B 2013 *Biología reproductiva de Maurita flexiosa en Casanare, orinoquia colombiana VII morichales y canangunchales de la orinoquia y Amazonia colombiana* 344.
35. Dey S, Singh S, Chandel A, Behera D, (2006) Genetic diversity of bitter melon (*Momordica charantia* L.) genotypes revealed by RAPD markers and agronomic traits. *Sci. Horticult.*, 109:21–28.

36. Clement Y, Baksh C, Seaforth E (2015) An ethnobotanical survey of medicinal plants in Trinidad. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*,11(1): 67.
37. Lans C (2006) Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*,2(1): 45.
38. Lans, C. (2007). Comparison of plants used for skin and stomach problems in Trinidad and Tobago with Asian ethnomedicine. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*,3(1): 3.
39. Ocvirk S, Kistler M, Khan S, Talukder S. Hauner H (2013) Traditional medicinal plants used for the treatment of diabetes in rural and urban areas of Dhaka, Bangladesh—an ethnobotanical survey. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*,9(1): 43.
40. Namsa N, Mandal M, Tangjang S, Mandal S, (2011) Ethnobotany of the Monpa ethnic group at Arunachal Pradesh, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*,7(1):31.
41. Volpato G, Godínez D, Beyra A, Barreto A, (2009) Uses of medicinal plants by Haitian immigrants and their descendants in the Province of Camagüey, Cuba. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*,5(1):16.
42. Padumanonda T, Johns J, Sangkasat A, Tiaworanant S, (2014) Determination of melatonin content in traditional Thai herbal remedies used as sleeping aids. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*,22(1):6.
43. Franco R, Da silva D, Moura F, Justino B, Silva G, Peixoto G, Espindola S, (2018) Antioxidant and anti-glycation capacities of some medicinal plants and their potential inhibitory against digestive enzymes related to type 2 diabetes mellitus. *journal of ethnopharmacology*, 215(1):140-146.
44. Luziatelli G, Sørensen M, Theilade I, Mølgaard, P (2010) Asháninka medicinal plants: a case study from the native community of Bajo Quimiriki, Junín, Peru. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*,6(1): 21.
45. Hsiao P, Liaw C, Hwang S, Cheng H, Zhang J, Shen C, Kuo Y, (2013). Antiproliferative and hypoglycemic cucurbitane-type glycosides from the fruits of *Momordica charantia*. *Journal of agricultural and food chemistry*,61(12): 2979-2986.
46. Nee M, Gutiérrez M, (2017) *Momordica charantia*. En Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>.
47. GRAPHPAD Prism version 7.00 for Windows, GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com”.

48. Núñez A, Carreño L. (2017). Polinización por abejas en *Syagrus orinocensis*(Arecaceae) en la Orinoquia colombiana. *Acta biol. Colomb.* 22:221-233.
49. Olivera, P, Torezan, H, dotterl, S, Gottsberger S, 2017. Differential pollination modes between distant populations of *Unonopsis guatterioides* (Annonaceae) in minas gerais and amazonas brazil. *Elsevier* 232 (39-46).
50. Souza A, Rocha J; Reis W, Santos J; Prezoto F, (2008) Foraging behavior and dominance hierarchy in colonies of the neotropical social wasp *Polistes ferreri* (Hymenoptera, Vespidae) in different stages of development. *Sociobiology* 52: 293-303.
51. Cáseres E, Piña T, Berríos, N, Leal N (2010) Comparación morfológica de frutos y semillas de auyama (*Cucurbita máxima*) *Revista unellez de Ciencia y Tecnología* 28:32-36.
52. Bomfim I, Cruz F, (2013) Polinizacion em melacia con e sem semente. Fortaleza, Brazil: embrapa agroindustria tropical (Embrapa agroindustria tropical). Documentos, 168: 53.
53. Bomfim I, Cruz D, (2013) Uso de abelhas sem ferraeo (Meliponinae: Apidae) em casa de vehetacao para pplinizao e pproducao de frutos de minimelancia (*Citrillus lanatus*) com e sem sement. Universidade federal do ceara fortaleza, brazil.142.
54. Freitas B, Pinheiro J (2012). Polinizadores e pesticidas: principios de manejo para os ecossistemas brasileiros. Brazil: ministerio do meio ambiente. 1:112.
55. Rust R, Vaissière B, Westrich P (2003). Pollinator biodiversity and floral resource use in *Ecballium elaterium* (Cucurbitaceae), a Mediterranean endemic. *Apidologie*,34(1): 29-42.
56. Agbagwa O, Ndukwu B, Mensah S, (2007) Floral biology, breeding system, and pollination ecology of *cucurbitaceous* (Duch. Ex Lam) Duch. Ex Poir. Varieties (Cucurbitaceae) from parts of the Niger Delta, Nigeria. *Turkish. Journal of Botany* 31:451–458.
57. Jones C, (1996) A revision of the genus *Cyclanthera* (Cucurbitácea), Ph. India University
58. Comisión Nacional de Fruticultura Perú (Conafrut). 1998. Cultivo de melón. Boletín técnico N° 18: 22.
59. Kiill J, Piedade L, (2016). Evaluation of floral characteristics of melon hybrids (*Cucumis melo L.*) in pollinator attractiveness. *Revista Bras. Frutic., Jaboticabal*,38:2-531.

60. Lenzi M, Orth I, Guerra T (2005). Pollination ecology of *Momordica charantia* L.(Cucurbitaceae) in Florianópolis, SC, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*,28(3): 505-513.
61. Ashworth L, Galetto L, (2011) Pollinators and reproductive success of the wild cucurbit *cucurbita maxima ssp. Andreana* (cucurbitaceae). *Plant Biology*. 3(4):398-404.
62. David G (1996) *Floral biology* Chapman hall New York, 1:112-115.
63. Mussen E, Thorp R, (1997) Honey bee pollination of cantaloupe, cucumber, and watermelon. Division of agricultura and natural resoucrs, Univerity of california.
64. Holsinger E, (2000) Reproductive systems and evolution in vascular plants. *Proceedings of the national academy of sciences USA*. 97:7037-7042.
65. Sigrist M, Sazima M, (2014) Phenology, reproductive biology and diversity of buzzing bees of sympatric *Dichorisandra* species (Commelinaceae): breeding system and performance of pollinators. *Springer* 8:11-31.
66. Bauermann S, (2016) Produção polínica de *solanum sisymbriifolium* lam. (solanaceae) e a coleta de pólen pelas abelhas visitantes florais. *Educacao ambiental em Acao* 57.
67. Tamesse J, (2016) Activite de butinage et de pollinisation de *lipotriches collaris* vachal 1903 (hymenoptera halictidae) sur les fleurs de glycine. *Jorunal of animal & plants sciences*. 29:4515-4525.
68. Luz C, Buschini M, (2018) Bee diversity and *solanum didymun* (solanaceae) flower-visitor network in an atlantick forest fragment in south brazil. *ResearchGate* 10:3.
69. Krug C, Alves D, Cane J (2010). Visiting bees of *Cucurbita* flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini–Apidae)-Santa Catarina, Southern Brazil. *Oecologia Australis*,14(1): 128-139.
70. Ramírez F, Alanís F, Ayala B, Quiroz M, Velazco M, (2012) Las abejas del género *Agapostemon* (Hymenoptera: Halictidae) del estado de Nuevo León, México. *Revista mexicana de biodiversidad*,83(1): 63-70.
71. Kouonon L, Jacquemart A, Bertin P, Baudoin J, (2009) Reproductive biology of the andromonoecious *Cucumis melo* subsp. *agrestis* (Cucurbitaceae). *Ann Bot* 104: 1129-1139.
72. Tobar D, Rangel O, Andrade G, (2001) Las cargas polínicas en las mariposas (lepidóptera: rophalocera) de la parte alta de la cuenca del rio roble quindio Colombia. *Instituto de ciencias naturales universidad nacional de Colombia*. 23:549-557.

73. Abreu P, Stanzani J, Polatto L, Junior V, Silva E, Souza E, Ponco J, (2015). Estrategia Reprodutiva de *Cucurbita moschata* Poir (Cucurbitaceae) e Atividades de Forrageio dos seus Visitantes Florais. *Entomobrasilis*. 8:1-6.
74. Ahmed, (1999) Effect of *Momordica charantia* (karolla) extracto in fasting and postprandial serum glucose levels in NIDDM patients.
75. Fahn A, Shimony C, (2001) Nectary structure and ultrastructure of unisexual flowers of *Ecballium elaterium* (L.) A. Rich. (Cucurbitaceae) and their presumptive pollinators. *Annals of Botany*,87(1), 27-33.
76. Batista E, Pérez O, (2015) Influencia de la abeja melífera en el rendimiento del cultivo de la calabaza (*Cucurbita pepo* L.). *Centro Agrícola*, 42(2): 47-53.
77. Laura M, (2002) Importancia de *Apis Mellifera* L. en la producción de *Curcubita Maxima* (Zapatillo de tronco); facultad de ciencias naturales y museo, Argentina. *investigación Agraria Producción Vegetal*. 17: 5-13.
78. Giuliani C, Tani C, (2016) Micromorphology and anatomy of fruits and seeds of bitter melon (*Momordica charantia* L., Cucurbitaceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 85:1.
79. Bruna D, Campos L, (2010) Entomophilic pollination of squash, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae), departamento de biología animal, universidad federal de Viçosa; Brasil. *SciELO* 39: 2
80. Alistun M (1994) Morfología general del tacaco, *Sechium tacaco* (Cucurbitaceae). *Revista de biología tropical*, 42(1-2): 59-71