

# Características florales en cinco accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*) relacionadas con la atracción de insectos visitantes

## Floral characteristics in five landraces accessions of pumpkin (*Cucurbita argyrosperma*) related to the attraction of insect visitors

 MARÍA LUISA BALAM-PECH<sup>1</sup>  HORACIO SALOMÓN BALLINA-GÓMEZ<sup>1\*</sup>  KATI BEATRIZ MEDINA-DZUL<sup>1</sup>  
 ESAÚ RUIZ-SÁNCHEZ<sup>1</sup>  ALEJANDRA GONZÁLEZ-MORENO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Conkal. Yucatán, México.

[maria.balam@itconkal.edu.mx](mailto:maria.balam@itconkal.edu.mx), [horacio.bg@conkal.tecnm.mx](mailto:horacio.bg@conkal.tecnm.mx), [kati.md@conkal.tecnm.mx](mailto:kati.md@conkal.tecnm.mx), [esau.rs@conkal.tecnm.mx](mailto:esau.rs@conkal.tecnm.mx), [alejandra.gm@conkal.tecnm.mx](mailto:alejandra.gm@conkal.tecnm.mx)

### \* Autor de correspondencia

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. CP. 97345, Conkal, Yucatán, México. [horacio.bg@conkal.tecnm.mx](mailto:horacio.bg@conkal.tecnm.mx)

### Citación sugerida

Balam-Pech, M. A., Ballina-Gómez, H. S., Medina-Dzul, K. B., Ruiz-Sánchez, E., & González-Moreno, A. (2023). Características florales en cinco accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*) relacionadas con la atracción de insectos visitantes. *Revista Colombiana de Entomología*, 49(2), e12316. <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i2.12316>

Recibido: 15-Jul-2022

Aceptado: 19-Abr-2023

Publicado: 11-Jul-2023

### Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

### Open access



BY-NC-SA 4.0  
[creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología  
SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)  
<https://www.socolen.org.co>  
Universidad del Valle (Cali, Colombia)  
<https://www.univalle.edu.co>

**Resumen:** La polinización es de suma importancia para la agricultura, y son los insectos unos de los más importantes polinizadores. Las plantas atraen y aseguran la visita de los polinizadores a través de sus flores. Sin embargo éstas también pueden atraer otro tipo de visitantes, por tanto, el conocer los rasgos florales que influyen en las visitas de insectos clave a los cultivos, podría conducir a mejoras en el rendimiento. Se compararon los atributos de flores estaminadas en cinco accesiones locales de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*): RRS004, RRS006, RRS005, RRS008 y RRS010. El experimento se desarrolló en un huerto familiar de Baca, Yucatán, México. Se realizaron evaluaciones en el periodo de floración máxima, se registró el tamaño y área de la corola, la altura de la flor, exhibición floral, volumen y concentración de azúcar en néctar, producción de polen y su viabilidad; y los visitantes florales. Los resultados mostraron que si hay diferencias en cuanto a los rasgos florales entre accesiones evaluadas, así como el área floral, polen y néctar estuvo asociado a los visitantes florales. De igual manera, se observó un mayor número de visitas ilegítimas que legítimas, de los cuales en totalidad fueron identificados crisomélidos (*Acalymma* sp.), abejas (*Partamona* sp.), drosófilidos (*Drosophila* sp.), trips (*Frankliniella* sp.), hormigas (*Solenopsis* sp.) y avispas (*Polybia* sp.). El presente estudio muestra que la variación registrada en los rasgos florales entre accesiones impacta en la atracción de insectos visitantes, lo cual demuestra una importante variación intraespecífica en *Cucurbita* sp.

**Palabras clave:** Interacción planta-insecto, néctar, polen, polinización, rasgos florales, visitantes florales.

**Abstract:** Pollination is extremely important for agriculture, with insects being the main pollinators. Plants have developed attraction strategies in their flowers to ensure visits from pollinators; therefore, knowing the floral characteristics that influence visits to crops could lead to improvements in yield. The floral attributes of five landraces accessions of pumpkin (*Cucurbita argyrosperma*) were compared: RRS004, RRS006, RRS005, RRS008 and RRS010. The experiment was carried out in a family orchard in Baca, Yucatan, Mexico. Evaluations were carried out in the period of maximum flowering, the size and area of the corolla, the height of the flower, floral display, volume and concentration of sugar in nectar, pollen production and its viability were recorded; and also, floral visitors. The results showed that there are differences in terms of floral traits between evaluated accessions, as well as the pollen and nectar floral area was associated with floral visitors. Similarly, a greater number of illegitimate visits was observed compared to legitimate visits, of which all were identified as chrysomelids (*Acalymma* sp.), bees (*Partamona* sp.), drosophilids (*Drosophila* sp.), thrips (*Frankliniella* sp.), ants (*Solenopsis* sp.) and wasps (*Polybia* sp.). Our study shows that the variation recorded in floral traits between accessions impacts the attraction of visiting insects, which demonstrates an important intraspecific variation in *Cucurbita* sp.

**Keywords:** Floral visitors, flower characteristics, nectar, plant-insect interactions, pollen, pollination.

## Introducción

La polinización es de suma importancia en la agricultura, ya que es un requisito previo para el conjunto de frutas y semillas, y en la mayoría de las especies de cultivos, este servicio vital es realizado por animales, siendo los insectos los más importantes entre ellos (Khan & Yogi, 2017). Informes recientes han estimado que el 35 % del rendimiento mundial de los cultivos depende de la actividad de los polinizadores (Bailes et al., 2015; Klein et al., 2007). Es a través de las flores que las plantas han desarrollado diversas estrategias para atraer a los agentes polinizadores y asegurarse repetidas visitas que conducirán a la polinización (Simpson & Neff, 1983). La capacidad de atraer polinizadores es crucial (Bauer et al., 2017; Conner & Rush, 1996), y son varios los rasgos que influyen en la atracción, incluida la exhibición floral y el color de la flor (Bauer et al., 2017; Brunet et al. 2015; Conner & Rush, 1996; Eckhart, 1991; Mitchell et al., 2004) así como la forma, el tamaño y las recompensas florales (Whitney & Glover, 2007). Esto ha llevado a sugerir que, la selección de rasgos florales en los cultivos podría conducir a mejoras al atraer un mayor número de polinizadores (Bailes et al., 2018) y, por lo tanto, un mejor rendimiento de los cultivos (Bailes et al., 2015). El trabajo en torno a las interacciones planta-polinizador puede informarnos sobre las mejores estrategias para lograrlo (Bailes et al., 2015).

Por otra parte, la diversidad genética natural presente en forma de parientes silvestres, así como de variedades locales de cultivos, son recursos con una amplia base de rasgos valiosos que se pueden aprovechar para los programas de mejora de cultivos (Saini et al., 2020). Para ello es necesario conocer características del germoplasma existente, tanto *in situ*, como *ex situ* (Rodríguez et al., 2009). Sin embargo, existe una brecha importante entre materiales conservados, y aquellos caracterizados y evaluados (Rodríguez et al., 2009). Una manera de llevar a cabo la conservación de esta diversidad es a través de bancos de germoplasma que mantienen colecciones vegetales de especies cultivadas y parientes silvestres, estas colecciones reciben el nombre de accesiones y de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022), el término *accesión* hace referencia a una muestra distinta, identificable de semillas que representa un cultivar, una línea de cría o una población y que se mantiene almacenada para su conservación y uso.

Ejemplos de esta diversidad genética se encuentra en los sistemas de cultivo tradicionales de México, como el agroecosistema milpa (Montes-Hernández et al., 2005), caso concreto en Yucatán, que consiste en la siembra asociada de maíz *Zea mays* (Poaceae), frijol lima *Phaseolus lunatus*, frijol xcolibuuul *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) y calabaza *Cucurbita* spp. (Cucurbitaceae), junto con otros cultivos hortícolas (Canul et al., 2005; Rodríguez et al., 2009). Es importante destacar que el género *Cucurbita* es uno de los más importantes, y cuenta con 27 especies (Hernández, 1978; Whitaker, 1968). Las especies de este género forman el grupo conocido como calabazas, de las cuales cinco han sido domesticadas: *Cucurbita pepo* (calabaza de india), *C. ficifolia* (chilacayote), *C. moschata* (calabaza de castilla), *C. maxima* (calabaza kabocha) y *C. argyrosperma* (calabaza pipiana) que son importantes desde el punto de vista económico, nutricional y cultural, tanto a nivel nacional como mundial. Las partes alimenticias van desde los frutos inmaduros y maduros, semillas, flores y algunas partes vegetativas (Lira, 1995;

Villanueva, 2007). Es conocido que la diversidad fenotípica dentro de las poblaciones locales de *Cucurbita* spp. es alta (Garzón et al., 1993; Lira, 1995; Montes-Hernández et al., 2005; Whitaker & Davis, 1962).

La mayoría de oraciones citadas en éste párrafo no están relacionadas en las referencias por favor proveer la referencia completa o casi que se eliminaría el párrafo.

Existen antecedentes de trabajos realizados con polinizadores y visitantes florales en Cucurbitaceae, tales como los estudios de McGrady et al. (2019) en donde las tasas de visitas de abejas silvestres en agroecosistemas comerciales de *Cucurbita* influyeron positivamente en las variables de rendimiento, así como también una mayor densidad de flores se relaciona con un mayor número de visitas. Por otra parte, Mazzei et al. (2020) identificaron visitantes polinizadores y no polinizadores en flores del género *Cucurbita* y como la presencia de éstos últimos influyó en las visitas de polinizadores, siendo positiva negativa o neutra dependiendo de la familia. También, Delgado-Carrillo et al. (2018) efectuaron estudios sobre los servicios de polinización en *C. moschata* y obtuvieron datos de polinizadores asociados al cultivo, con respecto a la variación temporal e identificaron que la predominancia de ciertos polinizadores cambiaba de acuerdo con la variación estacional. Piedade et al. (2016) realizaron estudios en los atributos florales de híbridos de melón y determinaron cuáles influían en la atracción para polinizadores; encontraron diferencias entre los híbridos en cuanto a los atributos, en el sexo de la flor y en la frecuencia de visitas.

Si se considera la importancia de los tipos de visitantes en los cultivos y en cómo los rasgos florales pueden determinar la capacidad de atracción y la diversidad existente entre el género *Cucurbita*, es necesario ampliar la información de lo que ocurre en las variedades o accesiones locales de cada región, en este caso para la península de Yucatán. Por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar las características florales en accesiones de calabaza pertenecientes a la península de Yucatán relacionadas con la atracción de insectos visitantes.

## Materiales y métodos

### Material vegetal y condiciones de cultivo

El trabajo experimental se desarrolló en un huerto familiar ubicado en el municipio de Baca, Yucatán México (21°06'21"N, 89°24'11"O, 14 m s.n.m.). Se utilizaron semillas de cinco accesiones de calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber (Cucurbitaceae) procedentes de productores en municipios del estado de Yucatán y Campeche, las cuales son conservadas en banco de germoplasma en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Las accesiones RRS004 y RRS006 de Mérida (Yucatán), RRS005 procedente de Peto (Yucatán) y RRS008 al igual que la RRS010 con origen en Hopelchén (Campeche) y Quetzal (Campeche), respectivamente. Se sembraron tres semillas de cada accesión por poceta a una distancia de 0,60 m entre plantas y 1,80 m entre líneas, en un diseño de bloques al azar con 60 plantas por línea, con un total de 5 líneas; para el riego se utilizó un sistema por goteo. Las pocetas antes de la siembra fueron abonadas con bagazo de henequén, y las actividades restantes de manejo se realizaron de acuerdo con las prácticas locales.

### Evaluación de rasgos florales

En este estudio se incluyeron aquellos caracteres florales involucrados en la atracción de polinizadores (Bailes et al.,

2018; Bauer et al., 2017; Unni et al., 2021), las mediciones se realizaron solo en las flores estaminadas, debido a las flores pistiladas se presentaron en cantidades bajas. Las variables evaluadas para rasgos florales fueron las siguientes: diámetro de corola, altura de la flor, área floral, producción total de polen, viabilidad de polen, producción néctar, contenido de azúcar en néctar. Por otra parte, para los visitantes las variables evaluadas fueron: el número de visitantes, el tipo de visita y la identificación del insecto visitante hasta nivel género. Todas las variables medidas se realizaron en las mismas plantas en diferentes flores (por la vida corta de la flor) y durante el periodo de floración máxima (30 días después de la siembra).

Se realizaron muestreos en campo para evaluar rasgos de tamaño (Fig. 1). Se tomaron fotografías de una flor por planta en las vistas lateral y cenital con una cámara digital (Nikon D5100) y se utilizaron las imágenes laterales para medir la altura de la flor y las cenitales para el diámetro de la corola. Adicionalmente se midió el área floral de igual manera con fotografías de los pétalos, cada imagen incluía una escala y se utilizó el software ImageJ, con la herramienta seleccionar área y analizar (versión 1.52a, National Institute of Health, EE. UU.), así como también la exhibición floral que es igual al número de flores abiertas en una planta (Bauer et al., 2017) en 15 plantas por accesión (Ferreira & Torezan, 2013).

Para determinar la producción total de polen, se recogieron flores estaminadas un día antes de la antesis. Después de la recolecta, la corola se retiró con una cuchilla y la base de la flor con anteras se colocó en viales individuales de 12 mL (Stanghellini et al., 2002). Cada vial contenía 10 mL de suspensión de agua con una gota de detergente, luego la antera se presionó con el apoyo de una aguja para liberar todos los granos de polen y se eliminaron los residuos visibles con un par de pinzas finas. Mientras se agitaba suavemente la suspensión, utilizando una micropipeta se tomaron 0,01 mL para colocarlos en un portaobjetos marcado con líneas. Suavemente se colocó un cubreobjetos de tal manera que el líquido no fluyera ni se esparciera fuera, el portaobjetos se llevó bajo un microscopio (Digital Usb 1000 X, GLOptics) para el conteo (Shivanna & Tandon, 2014). Para estimar la cantidad total de granos de polen se utilizó la siguiente fórmula:

Para la viabilidad de polen se utilizó el método de tinción con cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio (CTT) al 1 % añadiendo 0,2 g de CTT y 12 g de sacarosa, disueltos en 20 mL de agua destilada. Se dejaron caer dos gotas de la mezcla en un portaobjetos y se espolvoreó el polen para luego colocar un cubreobjetos. Se llevaron las muestras a microscopio para realizar los recuentos de viabilidad del polen después de 30-40 min de incubación en un lugar oscuro. Los granos

de polen teñidos de rojo brillante se contaron como viables. La viabilidad se expresó en porcentaje (%) utilizando la siguiente fórmula (Vijayakumar et al., 2018):

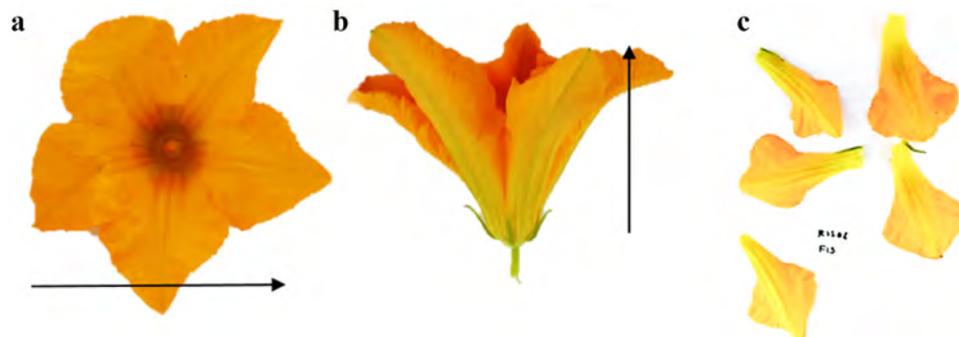
Para estimar el volumen y el contenido de azúcares totales en el néctar se protegieron las flores estaminadas una noche antes de la antesis para evitar que los visitantes tomen el néctar antes de la estimación. Poco después de la antesis, se retiraron las bolsas de las flores seleccionadas para recolectar néctar. Se recolectó el néctar insertando suavemente un tubo capilar de 15  $\mu$ L en el nectario durante tiempo suficiente para el movimiento del néctar en el tubo capilar. La cantidad de néctar se estimó midiendo la longitud del tubo lleno de néctar y se calculó su proporción sobre la base de la longitud total del tubo capilar. Este procedimiento se realizó en 15 plantas por accesión con una flor por planta, con un total de 15 flores por accesión. Luego se dispuso el néctar del tubo capilar sobre la superficie del refractómetro portátil calibrado y se realizó la lectura que indica la concentración de azúcares en porcentaje (Shivanna & Tandon, 2014).

### Evaluación de visitantes florales

Para las visitas florales, un observador pasó tres minutos por flor cada hora en 15 flores estaminadas en un horario de 07:00 am a 10:00 am (No se incluyeron las flores pistiladas debido a la baja cantidad de producción). Se contó el número de visitantes. Se utilizaron succionadores bucales y frascos con etanol al 70 % para captura, colecta y posterior identificación (Enríquez et al., 2015). El observador mantuvo distancia con respecto a los visitantes florales en las flores y solo había acercamiento en un corto tiempo para la colecta, para inmediatamente retirarse. También se registró el tipo de visita (legítima o ilegítima). Una visita legítima se definió como cualquier contacto físico entre el cuerpo de un visitante y la antera, mientras que una visita ilegítima se consideraba como cualquier otro evento sin contacto físico con las anteras (Gélvez et al., 2018). Para la identificación de los insectos se realizó hasta nivel de género con las guías de Krysan (1986), Mackay y Mackay (1989), Ayala (1999), Brothers y Finnamore (1993), Michener et al. (1994), y Soto y Retana (2003).

### Análisis de datos

Las variables de morfología floral como diámetro de la corola, altura y área floral se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ) para cada variable (sólo para el área floral los datos fueron transformados con logaritmo natural) para posteriormente realizar comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico InfoStat. Para las variables de recompensas



**Figura 1.** Vista cenital (a) y lateral (b) de flor estaminada de *Cucurbita* sp.; medición del área en flor estaminada de *Cucurbita* sp. (c).

florales y exhibición floral los datos fueron transformados: exhibición floral y producción total de polen a raíz cuadrada, viabilidad de polen y contenido de azúcar en néctar con el arcoseno de la raíz cuadrada y producción de néctar con logaritmo natural. Posteriormente, se analizaron con análisis de varianza (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ) para cada variable y luego se aplicó una prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico InfoStat. Los datos obtenidos de visitantes florales, tales como la riqueza y abundancia de géneros entre accesiones, riqueza y abundancia de visitantes legítimos e ilegítimos entre accesiones, así como proporción de individuos por género entre accesiones se analizaron con modelos lineales mixtos generalizados (MLMG), en los cuales los efectos fijos fueron las accesiones y los aleatorios fueron las plantas. Para todas las variables de respuesta, se utilizó la distribución de Poisson y se compararon las medias con el test de Bonferroni secuencial utilizando el software IBM SPSS Statistics.

Se realizó un análisis de componentes principales para evaluar la proximidad entre las accesiones respecto a los rasgos florales y las variables morfológicas. Este análisis se realizó en el programa Infostat. Asimismo, se realizó un análisis de correspondencia canónica y un análisis de redundancia para evaluar asociaciones entre los rasgos florales con los visitantes florales totales y con los visitantes legítimos, respectivamente. El criterio de selección de los análisis se basó en la longitud de gradiente del eje 1. La longitud de gradiente se calculó mediante un análisis de correspondencia distendido. La significancia de cada variable explicativa (rasgos florales), así como del primer y los cuatro ejes, se examinaron a través de la prueba de permutaciones aleatorias de Monte Carlo (499 permutaciones,  $P < 0,05$ ). Estos análisis se desarrollaron usando el programa Canoco 4.5.

## Resultados

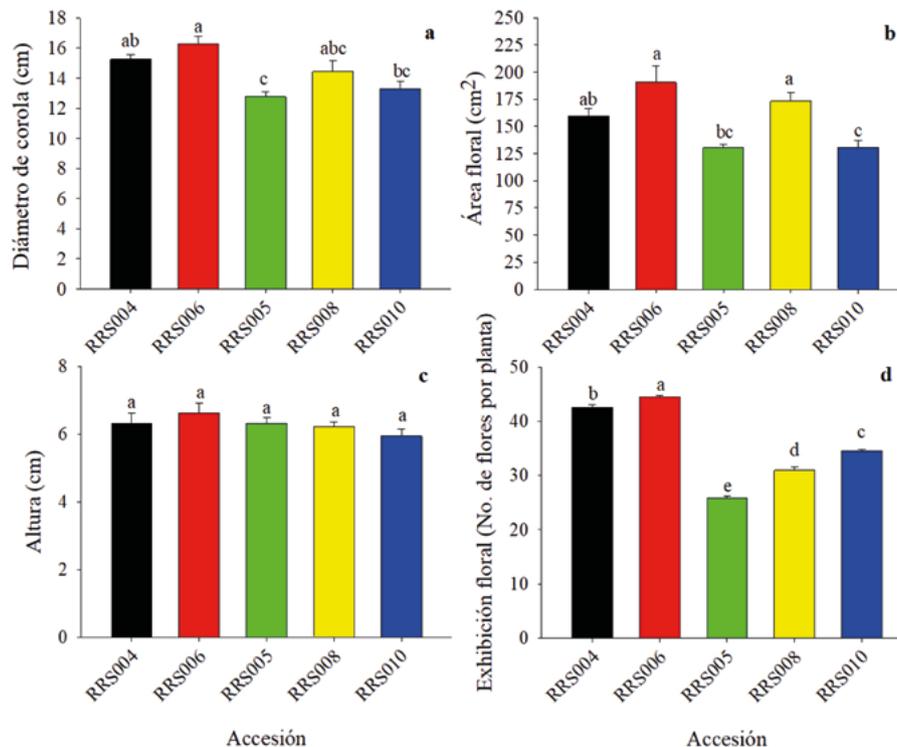
### Morfología y exhibición floral

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las accesiones de *Cucurbita argyrosperma* (Fig. 2) para las variables diámetro, área y exhibición floral. En la altura de flor no se registraron diferencias significativas ( $F = 1,07$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,38$ ) (Fig. 2c). La accesión RRS006 es la que presentó el mayor diámetro con  $16,28 \pm 0,4925$  cm y RRS005 el menor con  $12,77 \pm 0,3413$  cm ( $F = 8,08$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0001$ ) (Fig. 2a). En área floral las accesiones RRS006 y RRS008 también presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $F = 10,43$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0001$ ) y los valores más altos con  $191 \pm 14,66$  cm<sup>2</sup> y  $173,19 \pm 7,71$  cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por el contrario, RRS005 fue la que presentó menor área floral con  $130,72 \pm 2,98$  cm<sup>2</sup> (Fig. 2b). Para el número total de flores producidas por planta el mayor número se registró en la accesión RRS006 con  $44,47 \pm 0,2363$  flores y el menor en RRS005 con  $25,87 \pm 0,3217$  ( $F=2.43$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,029$ ) (Fig. 2d).

### Recompensas florales

#### Producción y viabilidad de polen en las flores

Para la producción total de polen entre las accesiones de *C. argyrosperma* se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $F = 33,50$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0001$ ) (Fig. 3a). Los valores oscilaron entre 381.264 y 182.592 granos de polen por flor, la mayor producción de polen se obtuvo en la accesión RRS006. Para la viabilidad del polen también se presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las accesiones ( $F = 8,71$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0001$ ) (Fig. 3b). Los valores más altos se registraron en RRS004 (46 %) y RRS005 (43 %) seguido de RRS008 (36 %), el valor más bajo se registró en la accesión RRS006 con menos del 30 %.



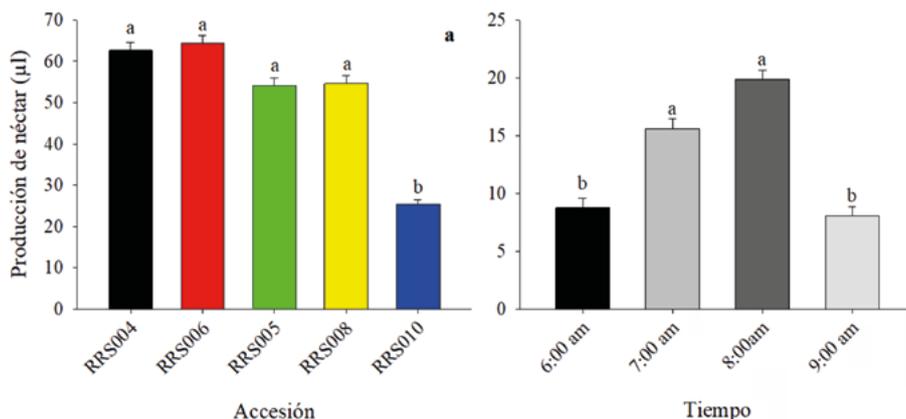
**Figura 2.** Morfología y exhibición de flores estaminadas en las accesiones de *Cucurbita argyrosperma*. Los datos son medias ( $\pm$  error estándar), los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

**Producción total de néctar acumulado**

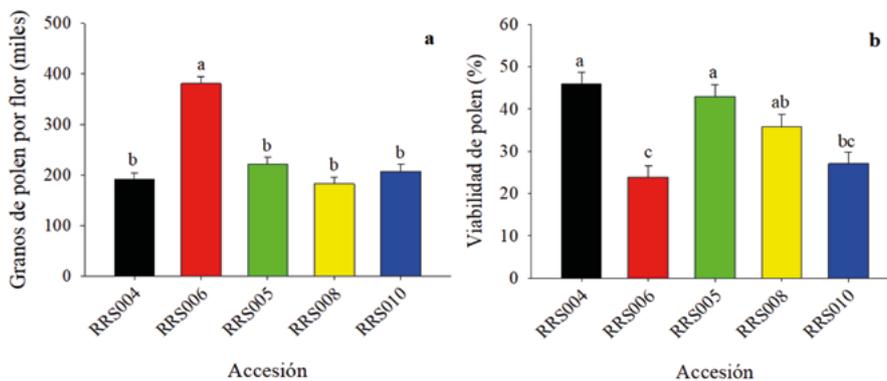
La producción de néctar presentó diferencias estadísticamente significativas entre las accesiones ( $F = 7,91$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0001$ ). Los valores oscilaron entre  $64,31 \pm 1,92 \mu\text{L}$  y  $25,39 \pm 1,08 \mu\text{L}$  (Fig. 4a). En la producción de néctar por hora se registraron valores bajos al inicio y al final ( $8,77 \pm 0,8212 \mu\text{L}$ ,  $8,06 \pm 0,8200 \mu\text{L}$ , respectivamente) y valores altos ( $19,88 \pm 0,8189 \mu\text{L}$ ,  $15,63 \pm 0,8192 \mu\text{L}$ ) en las horas intermedias (Fig. 4b).

**Contenido de azúcares en néctar**

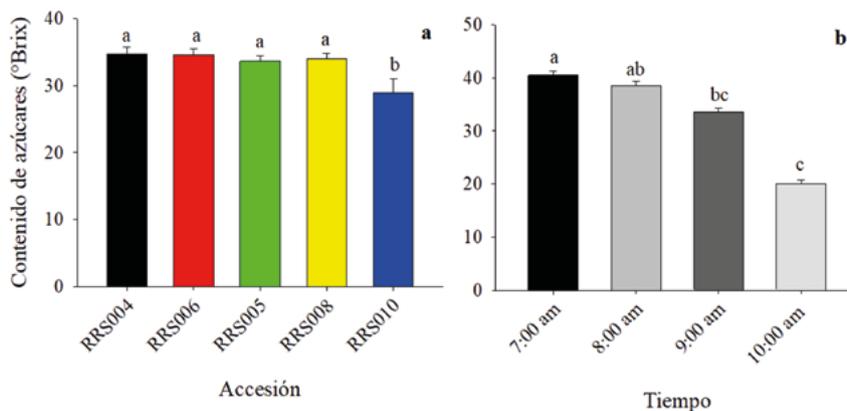
También se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) para el contenido de azúcares entre las accesiones ( $F = 4,44$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,0030$ ). Los valores oscilaron entre  $34,63 \pm 1,06 \text{ }^\circ\text{Brix}$  y  $28,97 \pm 2,05 \text{ }^\circ\text{Brix}$  (Fig. 5a). En el contenido de azúcares por hora se registraron los valores más altos en las primeras horas de la mañana, mismos que fueron disminuyendo conforme avanzaron las horas del día (Fig. 5b).



**Figura 4.** Producción total de néctar acumulado de flores estaminadas en accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). Los datos son medias ( $\pm$  error estándar), los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).



**Figura 3.** Producción y viabilidad de polen en flores estaminadas de accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). Los datos son medias ( $\pm$  error estándar), los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).



**Figura 5.** a) Contenido de azúcares en flores estaminadas de accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). b) Contenido de azúcares en néctar por hora, de las 5 accesiones de calabaza. Los datos son medias ( $\pm$  error estándar), los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

**Visitantes florales**

Se registró un total de 4.465 individuos en todas las accesiones pertenecientes a 7 familias y 12 géneros. El género más abundante fue *Frankliniella*, por el contrario, dos géneros, *Plebeia* y *Augochlora* estuvieron representados por menos de 10 individuos (Tabla 1).

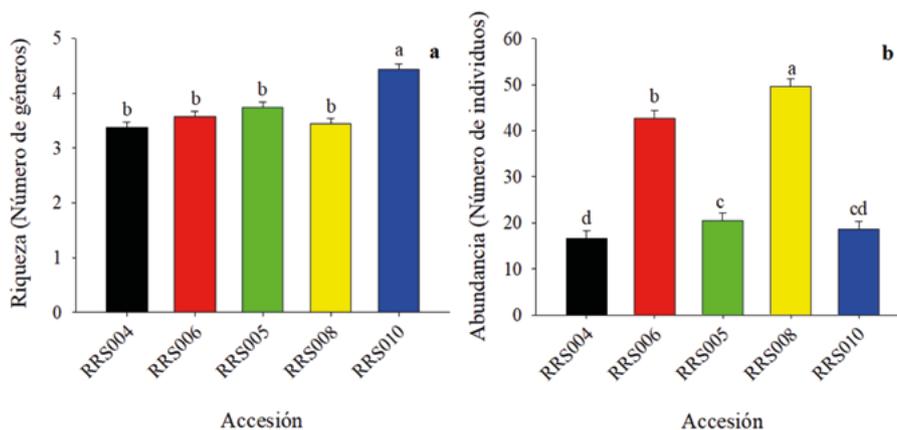
Para la riqueza y abundancia de visitantes florales entre accesiones, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ). El número medio de géneros en la accesión RRS010 fue significativamente más alto en comparación con las demás accesiones (Fig. 6a). Y para la abundancia, la accesión RRS008 fue la que presentó el valor más alto, seguido de la RRS006 con un valor por encima de los 40 individuos (Fig. 6b).

Con respecto a la proporción de individuos por género, *Acalymma* registró el número más alto de individuos en la accesión RRS006 (Fig. 7a), y *Augochlora* en RRS010 (Fig. 7b). En el género *Frankliniella* son las accesiones RRS006 y RRS008 que de igual manera presentaron los valores más altos (Fig. 7f) y en *Drosophila* la RRS004, RRS006 y RRS008 (Fig. 7e). Por el contrario, en *Partamona* (Fig. 7h) y *Polybia* (Fig. 6k) en las accesiones RS006 y RRS008, respectivamente, se encontraron los números más bajos. Por su parte en los géneros *Ceratina*, *Diabrotica*, *Peponapis* y *Plebeia* no hubo diferencias significativas entre accesiones (Figs. 7c-7d, 7i-7j). *Neivamyrmex* (Fig. 7g) se observó solamente en la accesión RRS006 y la mayor proporción de *Solenopsis* en RRS008 y RRS010 (Fig. 7l).

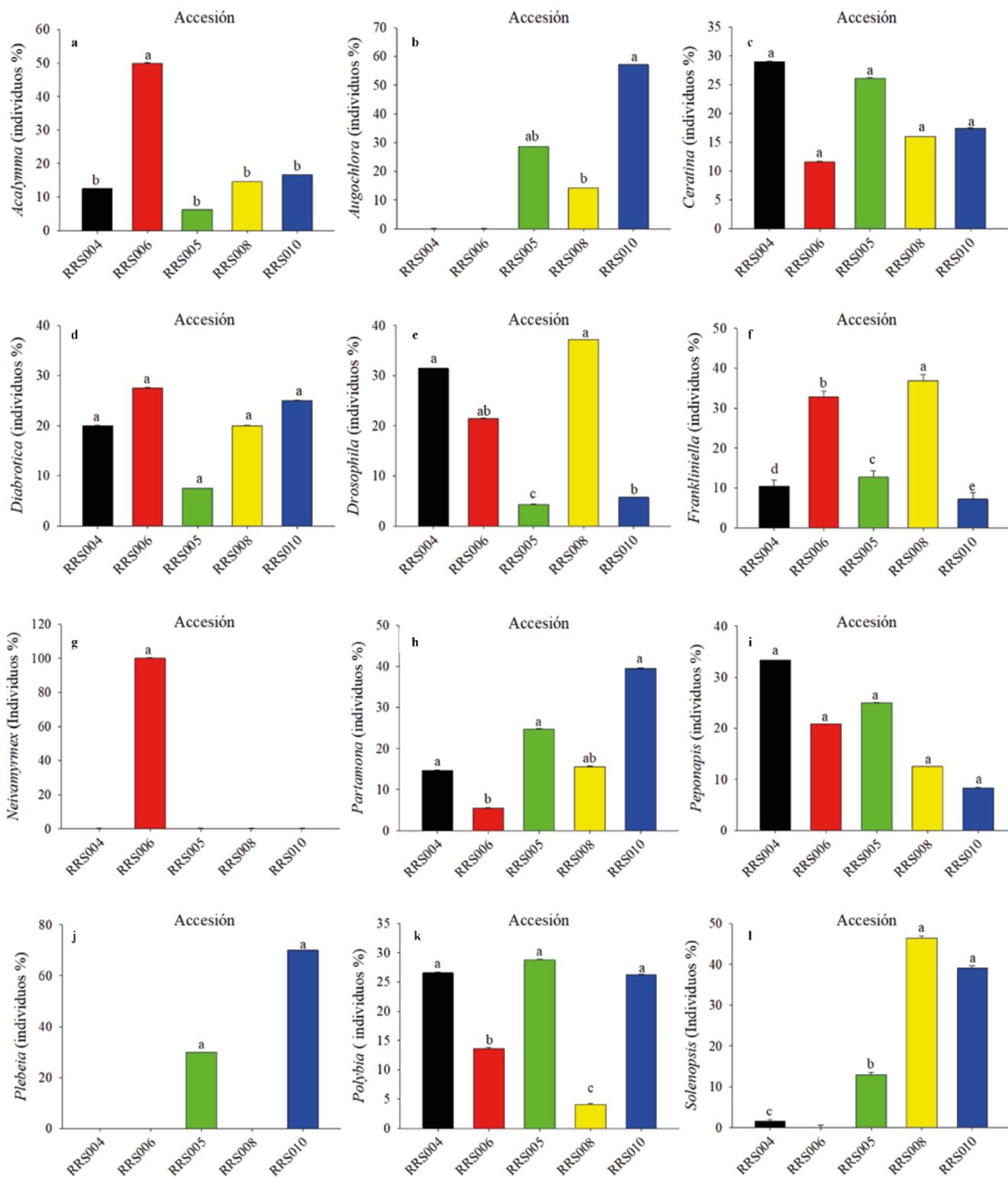
**Tabla 1.** Número total de individuos por género para cada accesión de *Cucurbita argyrosperma*

Orden	Familia	Género	RRS004	RRS006	RRS005	RRS008	RRS010	Total
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Acalymma</i>	6	24	3	7	8	48
		<i>Diabrotica</i>	8	11	3	8	10	40
Diptera	Drosophilidae	<i>Drosophila</i>	22	15	3	26	4	70
Hymenoptera	Halictidae	* <i>Augochlora</i>	-	-	2	1	4	7
		* <i>Ceratina</i>	20	8	18	11	12	69
	* <i>Partamona</i>	16	6	27	17	43	109	
	* <i>Peponapis</i>	8	5	6	3	2	24	
	* <i>Plebeia</i>	-	-	3	-	7	10	
	Vespidae	<i>Polybia</i>	72	37	78	11	71	271
Formicidae	<i>Neivamyrmex</i>	-	98	-	-	-	98	
	<i>Solenopsis</i>	6	-	53	190	160	409	
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella</i>	344	1084	423	1220	239	3310

\* Visitas legítimas



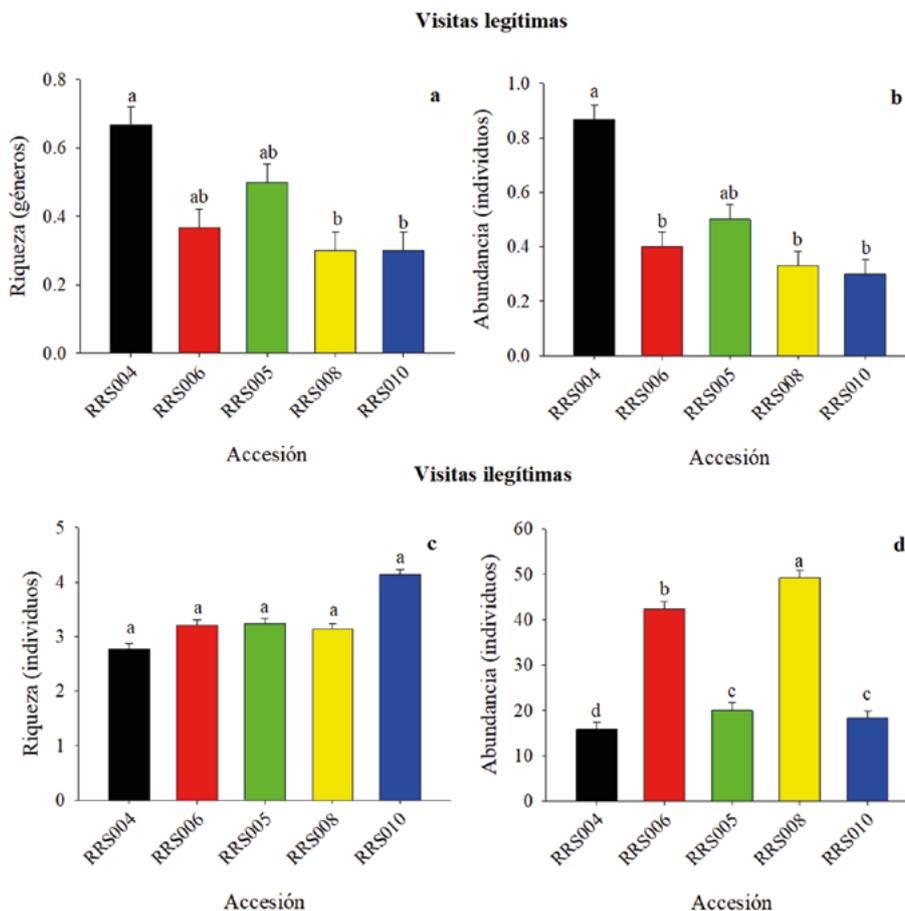
**Figura 6.** Riqueza y abundancia de insectos visitantes en flores estaminadas de accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). Los datos son medias, los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Bonferoni secuencial).



**Figura 7.** Proporción de individuos por género en flores estaminadas de accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). Los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Bonferroni secuencial).

La riqueza por tipo de visita presentó diferencias significativas en las visitas legítimas (Fig. 8a) y es la accesión RRS004 la que registró los valores más altos, por el contrario, en las ilegítimas no hubo diferencias (Fig. 8c). Así también, con

respecto a la abundancia para ambos tipos se encontraron diferencias, en donde la accesión RRS004 obtuvo el valor más alto para las legítimas (Fig. 8b), y RRS006 y RRS008 para las ilegítimas (Fig. 8d).



**Figura 8.** Riqueza y abundancia de insectos visitantes de flores estaminadas en las accesiones de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*) clasificados por tipo de visita. Los datos son medias ( $\pm$  error estándar), los valores con literal diferente son estadísticamente diferentes (Bonferroni secuencial).

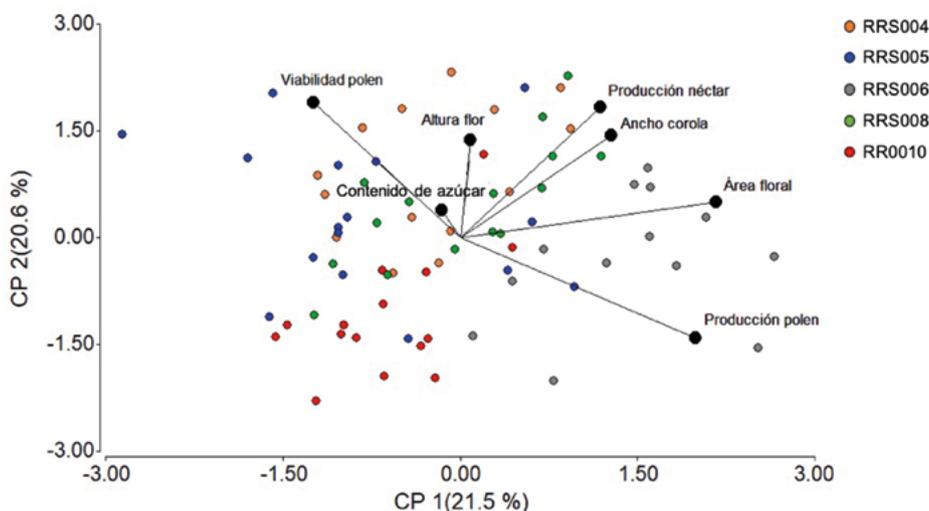
**Asociación entre rasgos florales y visitantes florales**

El análisis de componentes principales se realizó usando siete variables de rasgos florales. Cuatro componentes fueron seleccionados como los factores más significativos con valores propios > 1. Esos componentes explicaron el 74 % de la variación. El primer componente (CP 1) explicó el 22 % de la variación total de los datos originales, el segundo componente (CP 2) explicó el 21 %, y el tercer y cuarto componente (CP 3 y CP 4) explicaron cada uno, el 15 %. Los porcentajes de varianza explicada por los cuatro componentes y su correlación con las variables originales de los rasgos florales son mostrados en la Tabla 2.

El CP 1 tuvo una contribución mayoritaria por el área floral y producción de polen, mientras que el CP 2 fue formado principalmente por la viabilidad del polen y la producción de néctar. En este mismo sentido, el CP 3 tuvo una casi exclusiva contribución por la altura de la flor y el CP 4, fue formado fuertemente por el contenido de azúcar (Tabla 2). Por otro lado, es interesante mencionar que la accesión RRS006 fue la única que tuvo una clara proximidad a las variables de área floral y producción de polen, el resto de las accesiones no mostró un patrón tan definido (Fig. 9).

**Tabla 2.** Varianza explicada por cuatro componentes principales derivados de siete variables de rasgos florales de *Cucurbita argyrosperma*.

Ejes	CP1	CP2	CP3	CP4
Eigenvalores	1,51	1,44	1,07	1,04
Variación (%)	0,22	0,21	0,15	0,15
Var. Acumulada (%)	0,22	0,42	0,57	0,72
Correlación con las variables originales				
Ancho corola	0,43	0,47	0,36	-0,21
Altura flor	0,03	0,45	<b>0,70</b>	-0,21
Área floral	<b>0,73</b>	0,16	-0,28	-0,21
Producción polen	<b>0,67</b>	-0,46	0,05	0,14
Viabilidad polen	-0,42	<b>0,62</b>	-0,37	-0,03
Producción néctar	0,40	<b>0,60</b>	-0,37	0,30
Contenido azúcar	-0,50	0,13	0,31	<b>0,91</b>



**Figura 9.** Análisis de Componentes Principales mostrando la proximidad de las accesiones de *Cucurbita argyrosperma* con rasgos florales.

Cuando se analizó una posible asociación de los visitantes florales hacia los rasgos florales, se encontró una reducida separación de los visitantes florales sobre los ejes, aunque el eje 1 y los cuatro ejes mostraron una ordenación de los visitantes florales de parcialmente significativo a significativo (Tabla 3).

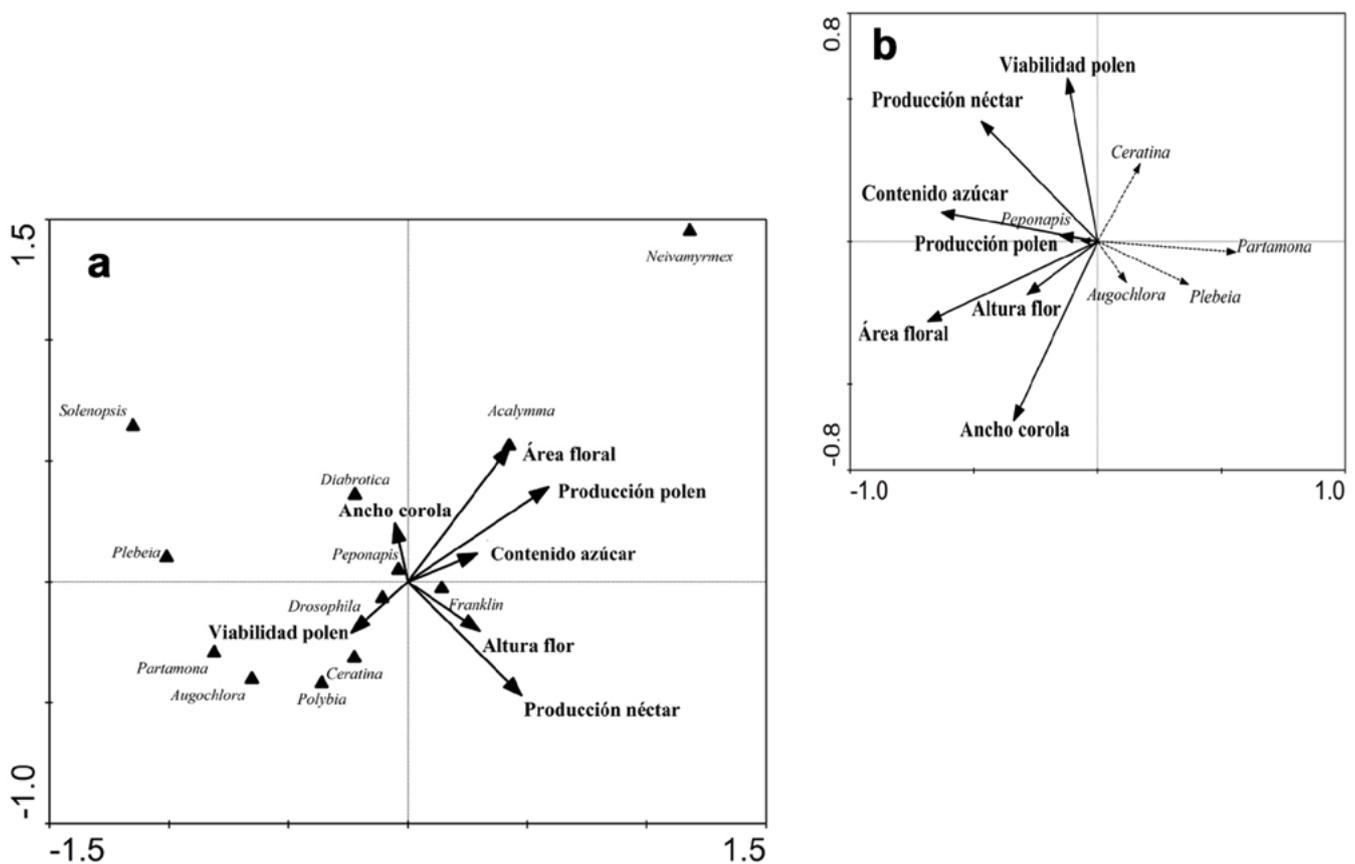
Además, se encontró que los rasgos florales tales como la producción de polen ( $F = 2,88$ ,  $p = 0,008$ ) y néctar ( $F = 2,37$ ,  $p = 0,03$ ), y el área floral ( $F = 2,27$ ,  $p = 0,05$ ) tuvieron efectos importantes en la asociación con los visitantes florales. En este sentido, el género *Neivamyrmex* estuvo asociado a flores con mayor área floral y producción de polen, en tanto que el género *Solenopsis* estuvo asociado a flores con menor producción de néctar (Fig. 10a).

Por otra parte, cuando se analizó la asociación de los rasgos florales con los visitantes florales legítimos, se encontró que la ordenación de los géneros a pesar de ser reducida, si fue significativa para todos los ejes (Tabla 3).

Los rasgos florales como área floral ( $F = 6,72$ ,  $p = 0,004$ ), contenido de azúcar ( $F = 5,85$ ,  $p = 0,004$ ), producción de néctar ( $F = 3,35$ ,  $p = 0,03$ ) y ancho de corola ( $F = 2,26$ ,  $p = 0,07$ ), tuvieron efectos mayormente significativos en la asociación con los géneros de visitantes florales. Por ejemplo, se registró que el género *Partamona* estuvo asociado negativamente con el área floral, contenido de azúcar y producción de néctar; mientras que el género *Ceratina* tuvo también una asociación negativa, pero con el ancho de la corola (Fig. 10b).

**Tabla 3.** Valores propios y resultados de los análisis de Monte Carlo para un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de los visitantes florales totales (VFT) y Análisis de Redundancia (RDA) de los visitantes florales legítimos (VFL), asociados a los rasgos florales de cinco accesiones de *Cucurbita argyrosperma*.

Visitantes florales totales (VFT)	Ejes			
	1	2	3	4
Valores propios:	0,124	0,071	0,038	0,018
Correlaciones de los rasgos florales con los VFT:	0,506	0,486	0,453	0,413
Varianza acumulada de los VFT (%):	6,5	10,2	12,1	13,1
Varianza acumulada de los rasgos florales –VFT:	47,2	74,0	88,5	95,3
Significancia del primer eje canónico:	F = 4,63		p = 0,09	
Significancia de todos los ejes canónicos:	F = 1,52		p = 0,04	
Visitantes florales legítimos (VFL)				
Valores propios:	0,174	0,025	0,012	0,002
Correlaciones de los rasgos florales con los VFL:	0,580	0,296	0,345	0,189
Varianza acumulada de los VFL (%):	17,4	19,9	21,1	21,3
Varianza acumulada de los rasgos florales –VFL:	81,6	93,2	98,8	99,8
Significancia del primer eje canónico:	F = 14,107		p = 0,002	
Significancia de todos los ejes canónicos:	F = 2,592		p = 0,002	



**Figura 10.** Asociación de los visitantes florales totales (a) y legítimos (b) hacia los rasgos morfológicos florales en cinco accesiones criollas de *Cucurbita argyrosperma*.

### Discusión

En este estudio se ha demostrado que existe una variación considerable en los rasgos florales de las accesiones de calabaza y que influyen en la atracción de diferentes visitantes florales. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia de esta relación en la cual un mayor número de visitantes puede implicar la predominancia de visitas legítimas o bien de ilegítimas, lo cual dependerá de la afinidad de los visitantes hacia la accesión evaluada.

Se encontró que el tamaño de la corola tuvo asociación con los visitantes florales tanto positiva como negativa. En el caso de la asociación positiva, los resultados sugieren que esta característica hace más fácil la ubicación de las flores desde lejos y se traduzca como un indicador de la gran disponibilidad de recursos (Brunet et al., 2015). Bauer et al. (2017) encontraron que mayores tamaños de flores atrajeron más abejas, en nuestro estudio encontramos esta asociación positiva con el género *Neivamyrmex*.

En cuanto a la asociación negativa en *Ceratina* y *Partamona*, Mallinger y Prasifka (2017) encontraron resultados similares debido a que registraron que las tasas de visitas disminuían con la longitud de la corola. Estas variaciones pueden deberse a la especificidad de las especies involucradas ya que familias de abejas silvestres y grupos de abejas funcionalmente distintos tienen respuestas únicas a la expresión de rasgos florales (Rowe et al., 2020).

Consideramos que este trabajo aporta información complementaria ya que incluye visitantes florales legítimos como ilegítimos y que, en ambos grupos de insectos, los mismos

rasgos atraen a los dos tipos de visitantes con variaciones específicas a nivel grupo o género.

Por otro lado, llama la atención que cuando evaluamos la altura de los tubos de las corolas, estas no difirieron en profundidad. No obstante, en otros estudios como el de Ricou et al. (2014) se han encontrado relaciones entre la morfología de las corolas y la de los insectos visitantes específicos para optimizar su forrajeo. Newman y Jhonson (2021) también encontraron que las longitudes de los tubos florales correspondieron a la longitud de la probóscide de sus visitantes (en este caso moscas).

La producción y viabilidad de polen tuvo diferencias entre accesiones y si presentó asociación con los visitantes florales. Tal como informaron Ricou et al. (2014) el polen es un recurso importante, que influye en las decisiones de forrajeo de abejorros, pero también en visitantes ilegítimos como los crisomélidos (Eben, 2012).

Ahora bien, para complementar esta información se sugiere realizar estudios de composición. Vaudo et al. (2020) analizaron proporciones de proteína-lípidos en el polen que dan forma a las preferencias de alimentación. Los resultados de Ghosh et al. (2020) de igual manera indicaron que el primer criterio para la preferencia de alimentación de las abejas sería el contenido nutricional de proteínas, pero además la disponibilidad de recursos de las fuentes florales.

En la producción de néctar y contenido de azúcares no se encontraron diferencias entre accesiones, sin embargo también este rasgo floral tuvo asociación con los visitantes florales, esto puede deberse a que el néctar proporciona la principal fuente de energía, y su calidad tiene un papel crítico

en las especies que forrajean sobre las flores, tomando en este sentido gran importancia el contenido balanceado de los azúcares basados en sacarosa, glucosa y fructosa. Por ejemplo, la disimilaridad de las preferencias florales de las abejas melíferas, atraídas por un contenido balanceado de los tipos de azúcares; y los abejorros, atraídos por la mezcla (no necesariamente balanceada) de los azúcares (Ricou et al., 2014). Además, habría que considerar la influencia de los compuestos volátiles (Gaffney et al., 2020; Rering et al., 2018) y el contenido de aminoácidos del néctar (Barberis et al., 2021) ya que podrían estar interviniendo en estas respuestas.

Para los géneros registrados en este estudio se encontraron similitudes con otras investigaciones en *Cucurbita* (aunque en diferentes abundancias). Bazo et al. (2018) registraron en *C. maxima* familias como Drosophilidae, Chrysomelidae, Apidae y Vespidae. En Yucatán, Meléndez-Ramírez et al. (2002) reportaron de 8 a 12 géneros en cultivos de *Cucurbita* incluyendo solo polinizadores, pero sólo cuatro géneros como más abundantes, *Augochlora*, *Ceratina*, *Partamona*, y *Peponapis*, registrados también para nuestro estudio.

En cuanto al género *Peponapis* es considerado especializado al género *Cucurbita* con el que comparte una historia evolutiva y el cual ha resultado en una alta eficiencia de polinización (Delgado-Carrillo et al., 2017).

Delgado-Carrillo et al. (2018) mencionaron otro grupo de polinizadores considerados potenciales para *Cucurbita*, las abejas halictidas nativas, abejas *Ceratina* y abejas sin aguijón, a las cuales pertenecen las reportadas para este estudio. El mismo autor compara la eficiencia en polinización con respecto a *Peponapis* con la observación de ser menos abundantes, pero que implica una complementariedad en los procesos de polinización que es reflejada en los rendimientos.

En la proporción de visitantes a nivel género se encontró alta variación en la predominancia entre las accesiones. Es posible que este resultado sea debido a que cada género presenta particularidades en sus elecciones en sinergia con los rasgos florales. Sin embargo, en los géneros en los cuales no se hallaron diferencias entre accesiones existe la probabilidad de que el motivo sea que los visitantes se enfrentan a las señales en conjunto de toda la flor y esto puede repercutir para que en sus elecciones no discriminen la calidad de la recompensa (Carr et al., 2015).

También, podrían estar involucradas las interacciones de los rasgos florales con otros factores como las feromonas para la atracción de pareja y esto podría explicar las grandes agregaciones de individuos en *Frankliniella* (Akinyemi, 2021). De igual manera la variación en la presencia de los géneros de hormigas en las accesiones puede estar relacionado con la composición del néctar (tipo de azúcares y aminoácidos) que además interactúa con los requerimientos fisiológicos óptimos de la especie y de sus relaciones competitivas dentro de la comunidad (Blüthgen & Fiedler, 2004).

Por otra parte, al igual que en el trabajo de Gélvez et al. (2018), la mayoría de las visitas en las flores fueron predominantemente ilegítimas. A pesar de esto, es posible que las actividades de los visitantes ilegítimos no tengan efectos directos en la producción de semillas (Irwin et al., 2015), o bien puedan afectar o no a los visitantes legítimos. Mazzei et al. (2020) encontraron que la presencia de drosophilidos resultaba neutral para los visitantes legítimos, contrario a la presencia de hormigas y coleópteros en el mismo estudio. Por tal motivo, se sugieren realizar otros estudios que involucren el

rendimiento y producción de semillas, así como identificar el recurso utilizado en las visitas ilegítimas.

A pesar de que la calabaza es un cultivo de gran importancia, son pocos los estudios que complementan la información de rasgos y visitantes. De manera general sucede con una gran parte de las especies de plantas, algunos trabajos se enfocan solo en características florales (Bertazzini & Forlani, 2016) o solo en diversidad de abejas (Meléndez-Ramírez et al., 2002). Por tal motivo la riqueza y abundancia de visitantes florales en el género *Cucurbita* como tal no se puede comparar fácilmente con otros estudios debido al enfoque y los objetivos de los mismos. A pesar de esto, en este estudio se demostró que los rasgos florales sí influyen en la atracción de visitantes florales, y que esto puede repercutir en los procesos de polinización sumamente importantes para la agricultura.

## Conclusiones

Encontramos variación de los rasgos florales entre las accesiones de calabaza, y estos, sí tuvieron asociación con la presencia de insectos visitantes. Las características del tamaño floral, así como el polen presentaron un papel determinante en la atracción de visitantes legítimos e ilegítimos y estos variaron entre las accesiones. Con respecto al néctar, este de igual manera tuvo asociación con los visitantes. Además, en todas las accesiones evaluadas se presentó una mayor cantidad de visitas ilegítimas que visitas legítimas y entre los visitantes ilegítimos se identificaron géneros de crisomélidos, drosophilidos, trips, hormigas y avispa; para los visitantes legítimos se encontró la presencia de abejas de los géneros *Augochlora*, *Ceratina*, *Peponapis*, *Partamona* y *Plebeia*.

En cuanto a la relación de los rasgos con los visitantes a nivel género se encontró variabilidad en los resultados, que va a depender del género en estudio y de sus necesidades específicas.

También es importante destacar que los resultados obtenidos en este trabajo enriquecen los recursos de información existentes y se sugiere realizar estudios que incluyan más variables tales como aroma y color floral, para usar esta información en la selección de accesiones con atributos de interés. Dichos estudios se necesitan a nivel local ya que cada región contiene un ambiente particular con necesidades diferentes.

## Referencias

- Akinyemi, A. O., Subramanian, S., Mfuti, D. K., Pope, T., Tamiru, A., & Kirk, W. (2021). Mating behavior, mate choice and female resistance in the bean flower thrips (*Megalurothrips sjostedti*). *Scientific Reports*, 11, 14504. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93891-5>
- Ayala, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México. *Folia Entomológica Mexicana*, 106, 1-123.
- Bailes E. J., Ollerton J., Patrick J. G., & Glover, B. J. (2015). How can an understanding of plant–pollinator interactions contribute to global food security. *Current Opinion in Plant Biology*, 26, 72-9. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.06.002>
- Bailes, E. J., Patrick, J. G., & Glover, B. J. (2018). An analysis of the energetic reward offered by field bean (*Vicia faba*) flowers: Nectar, pollen, and operative force. *Ecology and Evolution*, 8(6), 3161-3171. <https://doi.org/10.1002/ece3.3851>
- Barberis, M., Bogo, G., Bortolotti, L., Conte, L., Alesandrini, M., Nepi, M., & Galloni, M. (2021). Gender-biased nectar targets

- different behavioural traits of flower visitors. *Plant Ecology*, 222, 233-246. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4271937>
- Bauer, A. A., Clayton M. K. M., & Brunet, J. (2017). Floral traits influencing plant attractiveness to three bee species: Consequences for plant reproductive success. *American Journal of Botany*, 104(5), 772-781. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600405>
- Bazo, I., Espejo, R., Palomino, C., Flores, M., Chang, M., López, C., & Mansila, R. (2018). Estudios de biología floral, reproductiva y visitantes florales en el "Loche" de Lambayeque (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Ecología Aplicada*, 17(2), 191-205. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1239>
- Bertazzini, M., & Forlani, G. (2016). Intra-specific variability of floral nectar volume and composition in raped seed (*Brassica napus* L. var *oleifera*). *Front in Plant Science*, 7, 288. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00288>
- Blüthgen, N., & Fiedler, K. (2004). Preferences for sugars and aminoacids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. *Journal of Animal Ecology*, 73(1), 155-156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2004.00789.x>
- Brothers, D. J., & Finnamore, A. (1993). Superfamily Vespoidea. En H. Goulet, & J. Huber (Eds.). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families* (pp. 161-232). Canada Communication Group. Canada. 688.
- Brunet, J. M., Thairu, M. W., Henss, J. M., Link, R. I., & Kluever, J. A. (2015). The effects of flower, floral display, and reward sizes on bumblebee foraging behaviour when pollen is the reward and plants are dichogamous. *International Journal of Plant Sciences*, 176(9), 811-819. <https://doi.org/10.1086/683339>
- Canul, K. J., Ramirez, V.P., Castillo, G. F. y Chávez, S. J. L. (2005). Diversidad morfológica de Calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 28(4), 339-349. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.4.339>
- Carr, D., Haber, A. I., Lecroy, K. A., Lee, D. E., & Link, R. (2015). Variation in reward quality and pollinator attraction: the consumer does not always get it right. *AoB Plants*, 7, plv034. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv034>
- Conner, J. & Rush, S. (1996). Effects of flower size and number on pollinator visitation to wild radish, *Raphanus raphanistrum*. *Oecologia*, 105(4) 509-516. <https://doi.org/10.1007/BF00330014>
- Delgado-Carrillo, O., Lopezaraiza-Mikel, M., Ashworth, L., Aguilar, R., Lobo, J., & Quesada, M. (2017). A scientific note on the first record of nesting sites of *Peponapis crassidentata* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 48(5), 644-647. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0507-5>
- Delgado-Carrillo, O., Martín-Rodríguez, S., Ashworth, L., Aguilar, R., Lopezaraiza-Mikel, M., & Quesada, M. (2018). Temporal variation in pollination services to *Cucurbita moschata* is determined by bee gender and diversity. *Ecosphere*, 9(11), e02506. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2506>
- Eben, A. (2012). ¿Porque amargarse la vida? La asociación de los escarabajos Diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae) con plantas de la familia Cucurbitaceae. En J. C. Rojas, & E. A. Malo (Eds.), *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos* (pp. 193-216). El Colegio de la Frontera Sur, México. 446.
- Eckhart, V. (1991). The effects of floral display on pollinator visitation vary among populations of phacelia-linearis (Hydrophyllaceae)- *Evolutionary Ecology*, 5(4), 370-384. <https://doi.org/10.1007/BF02214154>
- Enriquez, E., Ayala, R., Gonzalez, V., & Núñez-Farfán, J. (2015). Alpha and beta diversity of bees and their pollination role on *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae) in the Guatemalan cloud forest. *The Pan-Pacific Entomologist*, 91(3), 211-222. <https://doi.org/10.3956/2015-91.3.211>
- Ferreira C. A., & Torezan, H. M. (2013). Implications of floral herbivory on Malpighiaceae plant fitness: visual aspect of the flower affect attractiveness to pollinators. *Sociobiology*, 60(3), 323-328. <http://periodicos.ufrs.br/index.php/sociobiology/article/view/238>
- Gaffney, A., Bohman, B., Quarrell, S. R., Brown, P. H., & Allen, G. R. (2020). It is not all about being sweet: Differences in floral traits and insect visitation among hybrid carrot cultivars. *Insects*, 11(7), 402. <https://doi.org/10.3390/insects11070402>
- Garzón, T., Montes, H. & Becerra F. (1993). Fuentes de resistencia a los virus Mosaico del Pepino y de la Ssandia-2, en calabaza (*Cucurbita moschata*), en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 11, 167-171.
- Gélvez, I., Neves, A. N., Teixido, A., & Fernandes, G. W. (2018). Reproductive biology and floral visitors of *Collaea cipoensis* (Fabaceae), an endemic shrub of the rupestrian grasslands. *Flora*, 238, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.03.012>
- Ghosh, S., Jeon, H., & Jung, C. (2020). Foraging behaviour and preference of pollen sources by honey bee (*Apis mellifera*) relative to protein contents. *Journal of Ecology and Environment*, 44(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0149-9>
- Hernández, B. G. (1978). Cucurbitáceas. In: T Cervantes S (ed). Recursos Genéticos Disponibles a México. SOMEFI. Chapingo. pp 357-367.
- Irwin, R., Howell, P., & Galen, C. (2015). Quantifying direct vs. indirect effects of nectar robbers on male and female components of plants fitness. *Journal of Ecology*, 103(6), 1487-1497. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12476>
- Khan, M. S., & Yogi, M. K. (2017). Insect Crop Pollinators. En Omkar (Ed.), *Industrial Entomology* (pp. 397-412). Springer Singapore. Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3304-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3304-9_14)
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Krysan, J. (1986). Introduction: Biology, distribution and identification of pest *Diabrotica*. En J. L. Krysan, & T.A. Miller (Eds.), *Methods for the study of pest Diabrotica* (pp. 1-23). Springer. EE.UU. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4868-2>
- Lira, R. (1995). Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. 281p.
- Mackay, W., & Mackay, E. (1989). Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae). En Sociedad Mexicana de Entomología (Ed.), *Memorias del II Simposio Nacional de Insectos Sociales* (pp. 1-42). México.
- Mallinger, R. E., & Prasifka, J. R. (2017). Bee visitation to cultivated sunflowers increase with the amount and accessibility of néctar sugars. *Journal of Applied Entomology*, 141(7), 561-573. <https://doi.org/10.1111/jen.12375>
- Mcgrady, C. M., Troyer, R., & Fleischer, S. J. (2019). Wild bee visitation rates exceed pollination thresholds in commercial *Cucurbita* agroecosystems. *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 5562-574. <https://doi.org/10.1093/jeet/toz295>
- Mazzei, M., Vesprini, J. & Galetto L. (2020). Visitantes florales no polinizadores en plantas del género Cucurbita y su relación con la presencia de abejas polinizadoras. *Acta Agronómica*, 69(4), 256-265. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n4.87639>
- Meléndez-Ramírez, V., Magaña-Rueda, S., Parra-Tabla, V., Ayala, R., & Navarro, J. (2002). Diversity of native bee visitors of cucurbit crops (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. *Journal of Insect Conservation*, 6, 135-147. <https://doi.org/10.1023/A:1023219920798>
- Michener, C., Mcginley, R. J., & Danforth, B. N. (1994). *The bee genera of north and central America (Hymenoptera: Apoidea)*. Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU. 1994. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19941106984>
- Mitchell, R., Karron J., Holmquist K., Bell M. (2004). The influence of *Mimulus ringens* floral display size on pollinator visitation patterns. *Functional Ecology*, 18(1). 116-124. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2004.00812.x>
- Montes-Hernández, S., Merrick, L., & Eguiarte, L. (2005). Maintenance of squash (*Cucurbita* spp.) landrace diversity by farmers

- activities in México. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52, 697-707. <https://doi.org/10.1007/s10722-003-6018-4>
- Newman, E., & Jhonson, S. (2021). A shift in long-proboscid fly pollinators and floral tube length among populations of *Erica junonia* (Ericaceae). *South African Journal of Botany*, 142, 451-458. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.014>
- Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). El Sistema mundial de información y alerta rápida sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Glosario. [fao.org/views/glossary/es/](https://www.fao.org/views/glossary/es/)
- Piedade, K., Araujo, L. E., Medeiros, K. M., Ribeiro, M. F., & Sarmiento, E. M. (2016). Evaluation of floral characteristics of melon hybrids (*Cucumis melo* L.) in pollinator attractiveness. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(2), e531. <https://doi.org/10.1590/0100-29452016531>
- Rering, C. C., Beck, J. J., Hall, G. W., McCartney, M. M., & Vannette, R. L. (2018). Nectar-inhabiting microorganisms influence nectar volatile composition and attractiveness to a generalist pollinator. *New Phytologist*, 220(3), 750-759. <https://doi.org/10.1111/nph.14809>
- Rodríguez, A., Montes, S., Rangel, J. A., Mendoza, M., & Latournerie, L. (2009). Caracterización morfológica de la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). *Agricultura Técnica en México*, 35(4), 378-388. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n4/v35n4a3.pdf>
- Rowe, L., Gibson, D., Bahlai, C., Gibbs, J., Landis, D., & Isaacs, R. (2020). Flower traits associated with the visitation pattern of bees. *Oecologia*, 193, 511-522. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04674-0>
- Ricou, C., Schneller, C., Amiaud, B., Plantureux, S., & Bockstaller, C. (2014). A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. *Ecological Indicators*, 45, 320-331. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.022>
- Saini, P., Saini, P., Kaur, J. J., Francies, R. M., Gani, M., Rajendra, A. A., Negi, N., Jagtap, A., Kadam, A., Singh, Ch., & Chauhan, S. S. (2020). Molecular Approaches for Harvesting Natural Diversity for Crop Improvement. En R. K. Salgotra, & S. M. Zargar (Eds.), *Rediscovery of Genetic and Genomic Resources for Future Food Security* (pp. 67-169). Springer Singapore, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-0156-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-0156-2_3)
- Shivanna, K., & Tandon, R. (2014). Pollination Ecology. En K. R. Shivanna, & R. Tandon (Eds.), *Reproductive Ecology of Flowering Plants: A Manual* (pp. 63-96). Springer New Delhi, India. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2003-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2003-9_7)
- Simpson, B. B., & Neff, J. L. (1983). Evolution and diversity of floral rewards. En C.E. Jones, & R.J. Little (Eds.), *Handbook of experimental pollination biology*. Scientific and Academic Editions (pp. 142-159). New York, EE. UU.
- Soto, G. A., & Retana, A. (2003). Clave ilustrada para los géneros de Thysanoptera y especies de *Frankliniella* presentes en cuatro zonas hortícolas en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(2), 55-68. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43627205>
- Stanghellini, M. S., Schultheis J. R., & Ambrosio, J. T. (2002). Pollen mobilization in selected Cucurbitaceae and the putative effects of pollinator abundance on pollen depletion rates. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(5), 729-736. <https://doi.org/10.21273/JASHS.127.5.729>
- Unni, A. P., Mir, S. H., Rajesh, T. P., Ballullaya, U. P., Thomas, J., & Sinu, P. A. (2021). Native and invasive ants affect floral visits of pollinating honey bees in pumpkin flowers (*Cucurbita maxima*). *Nature. Scientific Reports*, 11, 4781. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83902-w>
- Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Patch, H. M., Biddinger, D. J., Coccia, M., Crone, M. K., Fiely, M., Francis, J. S., Hines, H. M., Hodges, M., Jackson, S. W., Michez, D., MU, J., Russo, L., Safari, M., Treanore, E. D., Vanderplanck, M., Yip, E., Leonard, A. S., & Grozinger, C. M. (2020). Pollen protein: Lipid macronutrient ratios may guide broad patterns of bee species floral preference. *Insects*, 11(2), 132. <https://doi.org/10.3390/insects11020132>
- Vijayakumar, R., Behera, T. K., Munshi, A. D., Durgesh, K., Jat, G. S., Boopala Krishnan, G., & Sharma, N. (2018). Pollen viability and in vitro pollen germination studies in *Momordica* species and their intra and interspecific hybrids. *International Journal of Chemical Studies*, 6(6), 32-40. <https://www.chemijournal.com/archives/2018/vol6issue6/PartA/6-4-513-379.pdf>
- Villanueva, C., (2007). Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y Descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo.
- Whitaker, T.W. & Davis, G.N. (1962). Cucurbits, botany, cultivation and utilization. *Interscience Publishers, Inc.* 250
- Whitaker, T. W. (1968). *Cucurbita*. In: *Handbook of Genetics*. R c King (ed). Plenum Press. 135-144 pp.
- Whitney, H. M., & Glover, B. J. (2007). Morphology and development of floral features recognised by pollinators. *Arthropod-Plant Interactions*, 1, 147-158. <https://doi.org/10.1007/s11829-007-9014-3>

### Origen y financiación

La presente investigación forma parte de la tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical de María Luisa Balam Pech. En la cual se investigaron las características florales de la calabaza en la atracción de insectos visitantes. Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento a través del proyecto de investigación “Variación intraespecífica del crecimiento, defensa inducida por silicio y atracción floral en accesiones de calabaza (*Cucurbita* sp.)” con clave 13790.22-P otorgado a H.S.B.G. y a la beca de maestría otorgada a M.L.B.P. (clave 954348)”.

### Contribución de los autores

María Luisa Balam-Pech planteó los objetivos de la investigación, realizó los muestreos, realizó el análisis de los datos y la escritura del artículo científico. Horacio Salomón Ballina-Gómez en conjunto con la primera autora planteó los objetivos de la investigación, consiguió el financiamiento del proyecto, contribuyó en el análisis de la información recabada y en conjunto con el primer autor redactó el artículo científico. El tercer, cuarto y quinto autor, contribuyeron en el análisis, redacción y revisión del documento.

### Conflictos de interés

Los autores que participaron en esta publicación hicieron contribuciones significativas al manuscrito; todos los autores están de acuerdo y expresan que no hay conflictos de intereses en este estudio.