

Palinología de Angiospermas en la región Sur del Estado de Guanajuato

Avila-González José Armando¹, Garnica-Palafox Karen Andrea¹, Jacobo-Zamarripa Fátima Andrea¹, Quintana-Rojas Silvia Judith¹, Amaro-Meza Fernanda Yatsuri¹, Ramírez-Olvera Alondra Natalie¹, Vásquez-Morales Suria Gisela²

¹Licenciatura en Biología Experimental, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato

²Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato
sg.vasquez@ugto.mx²

Resumen

Las angiospermas son plantas con flores que presentan una estrecha relación simbiótica con polinizadores siendo el polen la célula principal de esta relación. La palinología es la disciplina que estudia los granos de polen. El polen está constituido por una membrana interna (protoplasma) y una externa (exina), esta última presenta diferentes ornamentaciones que determinan su taxonomía y su relación con el polinizador. Los objetivos de este estudio fueron: 1) caracterización de polen de las angiospermas de tres sitios: Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Jardín Botánico El Charco del Ingenio, y División de Ciencias Naturales y Exactas, y 2) realizar diagramas florales de las angiospermas y fotografías bajo diferentes aumentos en microscopio óptico y de fluorescencia. Se colectaron 27 flores con presencia de polen. La morfología y ornamentación de los granos de polen se determinó mediante PalDat con 23 tipos de polen de forma esférica. Se colectó el escarabajo *Euphoria basalis* dentro de la flor de *Ipomoea* sp.

Palabras clave: diagrama floral; flor; fluorescencia; PalDat; polinizador

Introducción

Las angiospermas son plantas que producen flores y frutos. Las flores presentan forma, coloración y aromas para atraer a los polinizadores como dispensadores [1]. El proceso de polinización es de gran importancia debido a que se encarga de la transferencia de granos de polen desde la parte masculina de una flor (antera) hacia la parte femenina (estigma) de otra o de la misma flor. La célula formada contiene la carga genética de ambos padres que dará lugar al fruto y la semilla, por consiguiente, una nueva generación de plantas [2].

El polen es la célula gamética masculina producido por las plantas, se forma en las anteras de las flores por medio de la división reducida de la célula madre, es unicelular, haploide y su función primaria es la reproducción sexual; son microscópicos pero cada uno tiene una forma distinta dependiendo de la especie; su alta resistencia les permite soportar altas temperaturas, así como, condiciones ambientales adversas [3]. Están constituidos por una membrana interna (protoplasma) y una externa (exina) que se constituye de esporopolenina, un polisacárido complejo de carotenoides y ésteres carotenoides, que es resistente a bases y ácidos fuertes [4].

La transferencia de polen se realiza mediante el viento, el agua, así como, vectores a través de animales polinizadores, por ejemplo: mariposas, abejas, colibríes, murciélagos. La mayoría de los animales polinizadores buscan alimento en el néctar y polen de las flores [2].

La caracterización del polen se basa en determinar las diferentes morfologías y ornamentaciones exhibidas por la exina. Aunado a ello, el estudio del polen es necesario para determinar la cantidad, calidad y viabilidad del mismo y por consiguiente la reproducción y supervivencia de las angiospermas [4]. La palinología, es una disciplina que estudia los granos de polen, esporas, dinoflagelados y cualquier palinomorfo actual o fósil [4]. El estudio del polen contribuye a la taxonomía de las angiospermas, además, estudia la naturaleza de los contaminantes biológicos, el ensamble de las especies a través del tiempo, entre otros [3].

Los animales polinizadores son sensibles a frecuencias de luz que son invisibles para el ser humano. La combinación de ciertos pigmentos vegetales genera en las flores patrones de fluorescencia que podrían operar a modo de señal para los polinizadores. Las betaxantinas, que son de color amarillo, bajo luz normal blanca emiten fluorescencia verde visible. Abejas y murciélagos, que son sensibles a la luz verde, podrían ser atraídas hacia esas flores. Además de las betacianinas de color violeta. La relación que hay entre la polinización y la fluorescencia es una interacción simbiótica, debido a que los organismos polinizadores como

los insectos son dependientes estrictos del fenómeno de fluorescencia como una señal para ubicar los granos de polen [5].

En este estudio se abordaron los siguientes objetivos: 1) Caracterización de polen de las angiospermas de tres sitios: Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Jardín Botánico El Charco del Ingenio, y División de Ciencias Naturales y Exactas, y 2) Realizar diagramas florales de las angiospermas y fotografías bajo diferentes aumentos en microscopio óptico y de fluorescencia.

Metodología

Sitios de estudio

En este estudio se tomaron en cuenta diversos sitios de la región sur del estado de Guanajuato que cuentan con especies de angiospermas, con la finalidad de identificar y hacer un estudio palinológico donde se confirma la emisión de fluorescencia en la exina del polen, así como comparar la relación que hay entre el polen de cada sitio. El primer sitio de donde se obtuvieron muestras fue el Área Natural Protegida Sierra de Lobos ubicada entre los municipios de León, San Felipe, Ocampo y Silao, en un matorral xerófilo, donde se encontraron algunas especies de angiospermas como *Opuntia sp* y *Helianthus annuus*. El segundo sitio fue el Jardín botánico El Charco del Ingenio en San Miguel de Allende, que cuenta con una gran colección de cactáceas y flora nativa de la región. Los jardines botánicos son clave en la conservación de la diversidad biológica de la Tierra, que es amenazada por la actividad humana [6]. Cumplen tres funciones sustanciales, la conservación de especies vegetales con enfoque creciente en los ecosistemas regionales, la investigación de plantas y su interacción con el ambiente y humanos; y la educación ambiental, orientada a la construcción de una cultura ambiental en la sociedad. El tercer sitio fueron los jardines de la División de Ciencias Naturales y Exactas (DCNE), Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, donde encontramos variedad de flores principalmente ornamentales (Fig. 1).

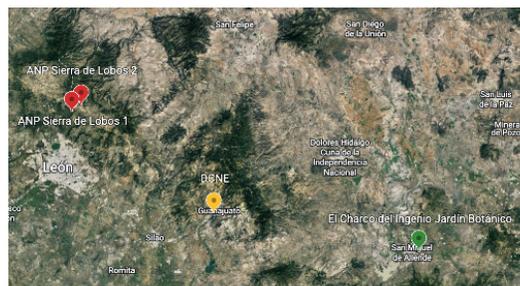


Figura 1. Sitios de estudio. 1) Área Natural Protegida Sierra de Lobos, León, Guanajuato., 2) División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, 3) Jardín Botánico El Charco del Ingenio, San Miguel de Allende, Guanajuato.

Selección de Individuos

Se revisaron las especies disponibles en los sitios de estudio, las cuáles puedan ser reproducidas o propagadas fácilmente y que estén cercanas o en antesis (con presencia de flores). Se procedió a la identificación de la especie mediante la consulta de la Base unificada flora Guanajuato 2020 elaborado por la SMAOT [7,8].

Colecta de muestra floral y palinológica

Se revisó la planta, se observó y contó la cantidad de flores. Se seleccionaron para el muestreo las flores en antesis en mejor estado y color. Una vez que se ubicó la flor de interés, se preparó un pequeño contenedor con una bolsa de papel para la colecta. La colecta se realizó mediante un corte de una pulgada aproximadamente de la base de la flor, para que conservará un poco de tallo. Una vez colectada la flor, se colocó en el contenedor hermético previamente preparado, se etiquetó la muestra. De la colecta de flores, una vez haciendo el proceso de disección se guardarán las anteras en un tubo eppendorf de 2.5 mL.

Revisiones microscópicas

En el Laboratorio de Botánica e Invertebrados se sometió cada flor bajo luz ultravioleta para detectar las huellas florales. Mediante el uso de estereoscopios, se separaron las partes de cada flor para obtener las anteras aisladas y coleccionar los granos de polen. Cabe destacar que las flores grandes con anteras prominentes se coleccionaron en campo. Los granos de polen se observaron bajo el microscopio compuesto a 10X, 40X o 100X, posteriormente se tiñeron con rosa fucsina para tener un mejor contraste, además también se revisaron en el microscopio de fluorescencia a 40X.

De cada muestra se tomaron fotografías además se realizó la descripción palinológica mediante el manual Illustrated Pollen Terms, 2020 Paldat [9], destacando las siguientes características: Forma, superficie y ornamentación, sistema apertural, número de aperturas y tamaño. De las muestras se describió la morfología general de cada grano en microscopía óptica, mientras que con microscopía de fluorescencia bajo los filtros GFP, DsRed y DAPI (verde, rojo y azul) se observó la emisión de fluorescencia.

Polinizadores

Se revisó cada flor con el objetivo de buscar polinizadores. La colecta del polinizador se realizó mediante pinzas y se colocó en un vial individual con alcohol al 70%, se etiquetó la muestra con la siguiente información: planta en donde se realizó la colecta.

En el Laboratorio de Botánica e Invertebrados se revisó el polen que contiene el polinizador, se colectó el polen tanto del cuerpo del polinizador como del filtrado del alcohol, y se sometió a microscopía identificando el tipo de polen y la especie de planta a la que pertenece. Se identificará al polinizador una vez terminada la revisión de este.

Resultados

Se coleccionaron cuatro muestras de flores en el ANP Sierra de Lobos, destacándose el género *Opuntia*. En el Jardín Botánico se tomaron cinco muestras y en los jardines de la DCNE 18 muestras (Tabla 1). En base en el manual de PalDat [9], se describió la morfología y ornamentación de los granos de polen prevaleciendo los de forma esférica con 23 especies, además, se encontraron dos especies con forma de bote, una especie con forma irregular y una con forma monosacciforme. Dentro de los esféricos se encontraron seis especies de polen porados, seis colporados, ocho colpados, uno plicado y uno ulcerado. Por otro lado, las dos especies con polen de bote son de tipo sulcado, y la especie de polen irregular es de tipo tétrada (Tabla 2). Cabe destacar que se colectó el escarabajo *Euphoria basalis* dentro de la flor de *Ipomoea* sp (Fig. 2). La representación esquemática de una flor nos permite comparar las diferencias morfológicas de las diversas especies. La flor de *Bugainvillea* es zigomorfa con los pétalos fusionados, la flor de *Hibiscus* y *Opuntia* son Actinomorfas, la primera con fusión en estigma y pétalos y la segunda tiene múltiples pistilos (Fig. 3).

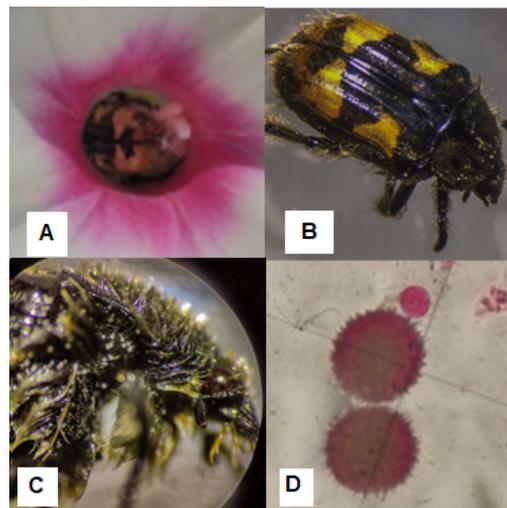
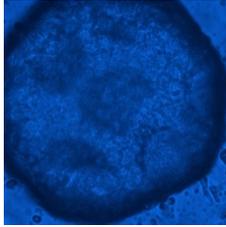
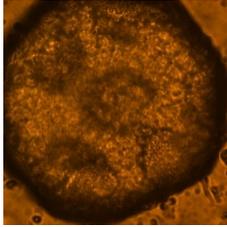
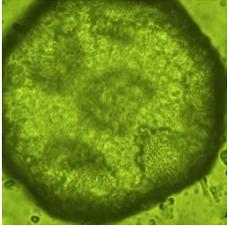
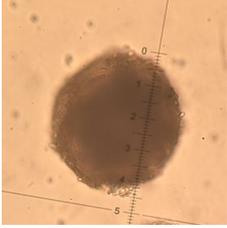
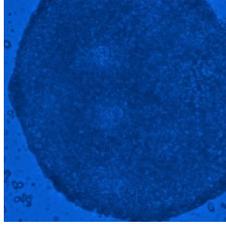
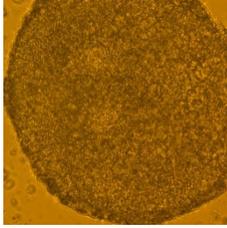
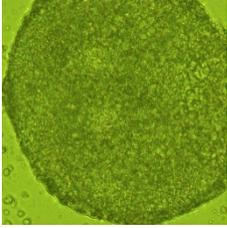
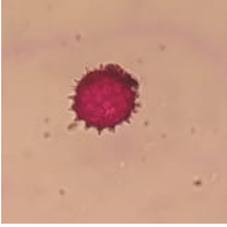
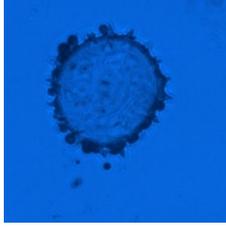
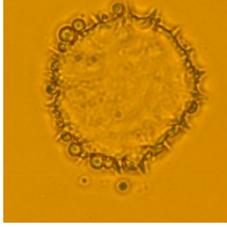
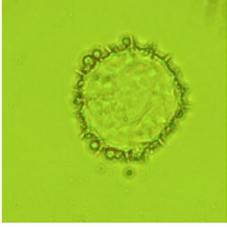
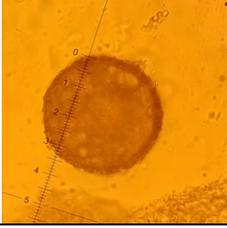
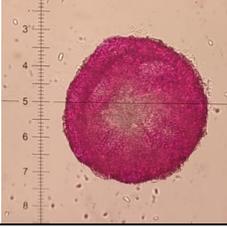
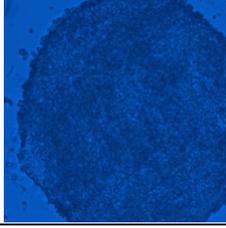
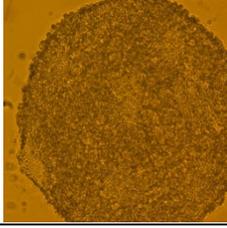
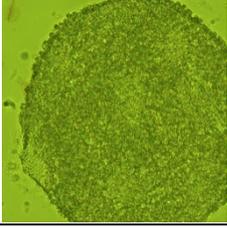


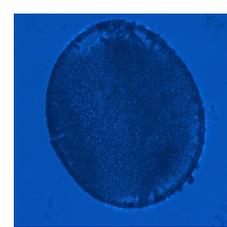
Fig. 2. A) El escarabajo *Euphoria basalis* dentro de una flor del género *Ipomoea*. B) Plano dorsal del insecto. C) Vista lateral de la mandíbula del escarabajo. D) Granos de polen encontrados en el cuerpo del polinizador.

Tabla 1. Descripción de las muestras. Fotografías de flor, el polen bajo microscopio compuesto y bajo tres tipos de fluorescencia.

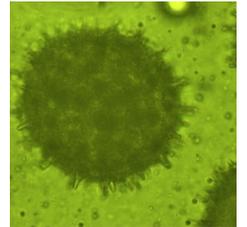
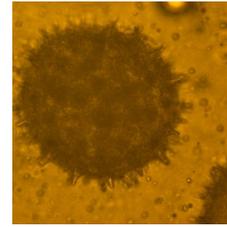
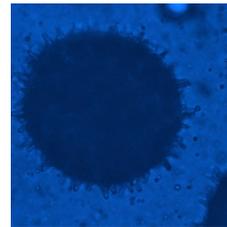
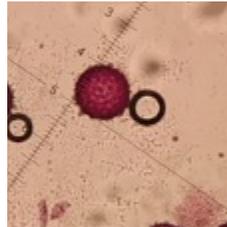
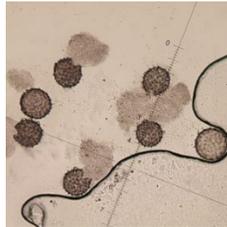
Nombre científico	Flor	Microscopia de luz	Teñido con rosa fucsina	DAPI	DsRED	GFP
ÁREA NATURAL PROTEGIDA SIERRA DE LOBOS						
<i>Opuntia sp. 1</i>						
<i>Opuntia sp. 2</i>						
<i>Verbesina sp. 1</i>						
<i>Opuntia robusta</i>						

JARDIN BOTÁNICO EL CHARCO DEL INGENIO

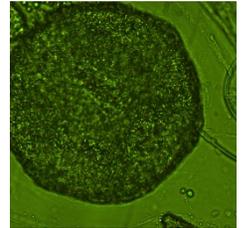
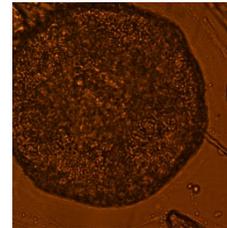
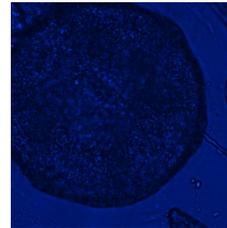
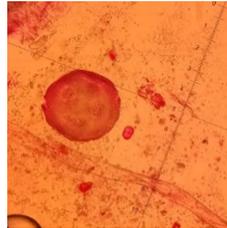
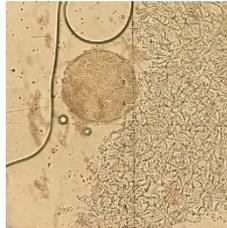
Zephyranthes fosteri



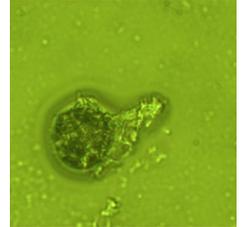
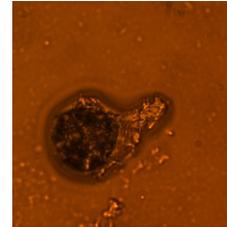
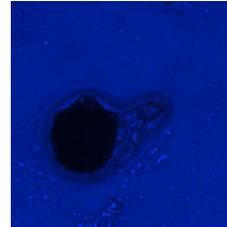
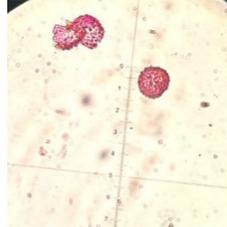
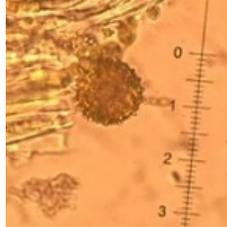
Ipomoea squamosa



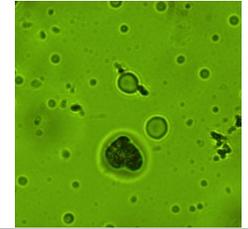
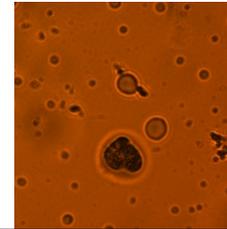
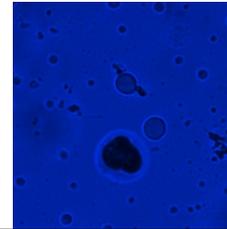
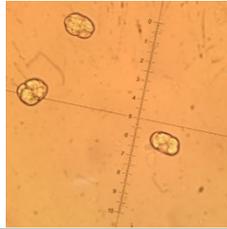
Cylindropuntia imbricata



Verbesina sp 2



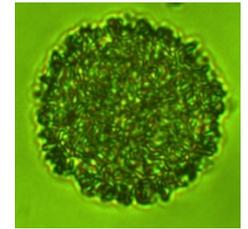
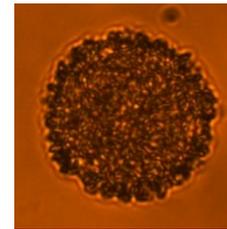
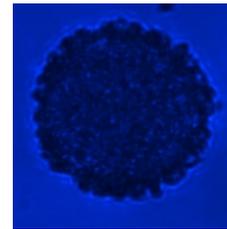
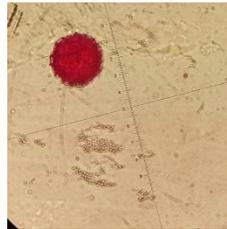
Mimosa borealis



División de Ciencia Naturales y Exactas

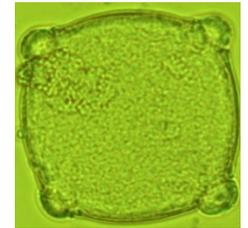
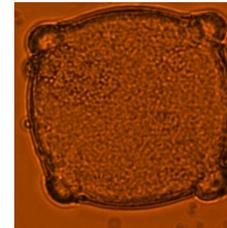
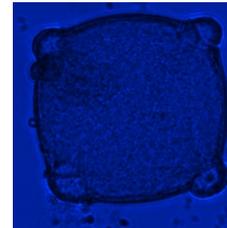
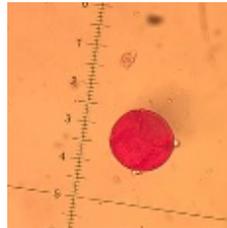
Bougainvillea

buttiana



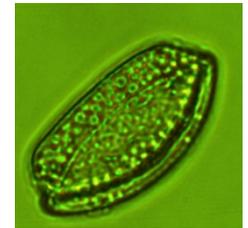
Lantana

camara

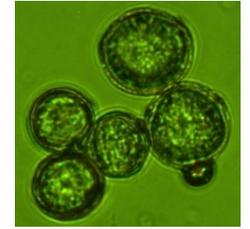
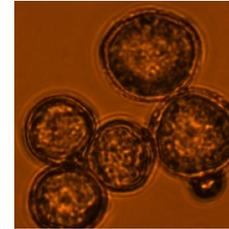
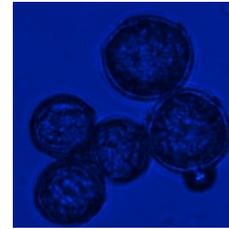
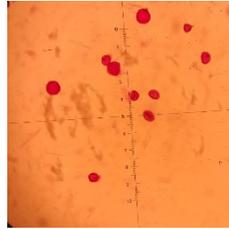


Tradescantia

pallida

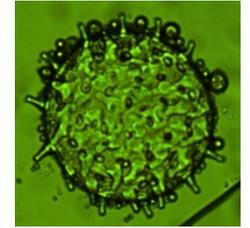
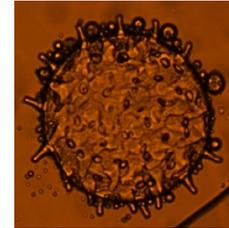
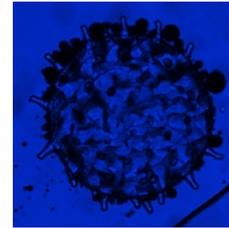
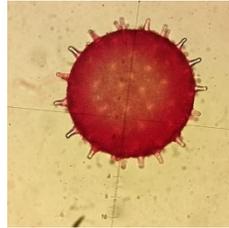
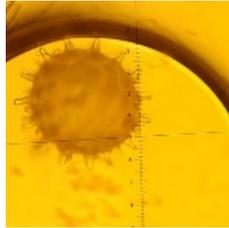


Mesembryanthemum cordifolium



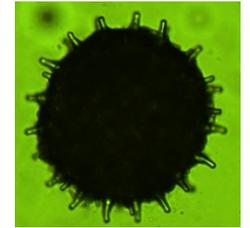
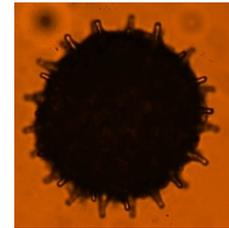
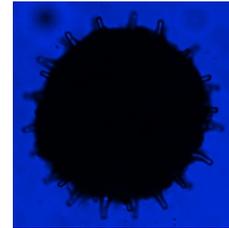
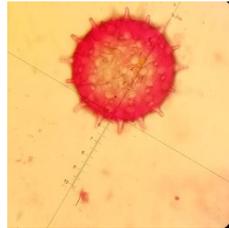
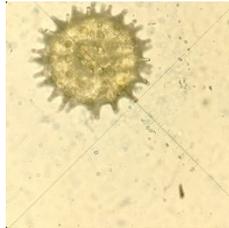
Yucca

sp



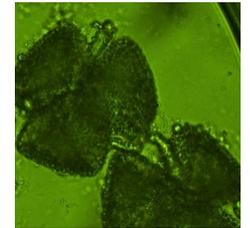
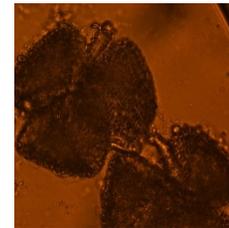
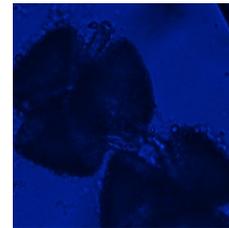
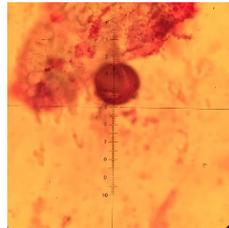
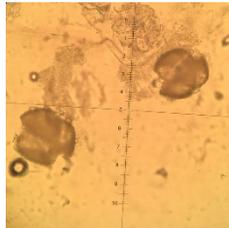
Hibiscus

sabdariffa

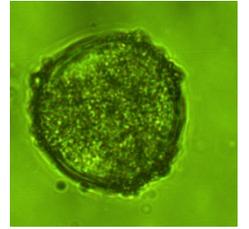
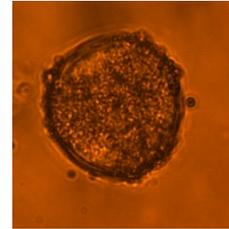
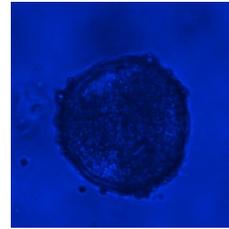
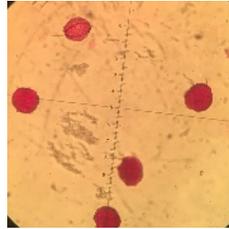
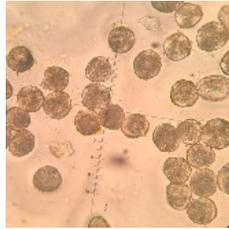


Plumbago

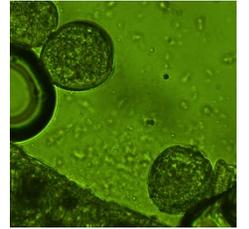
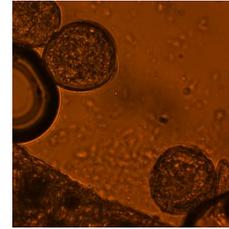
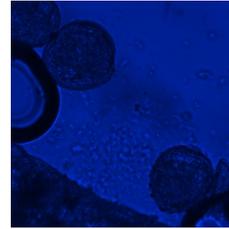
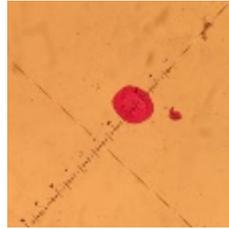
auriculata



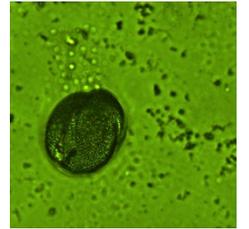
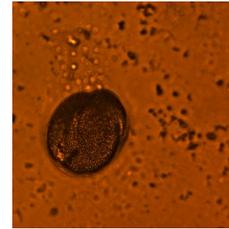
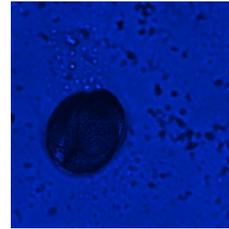
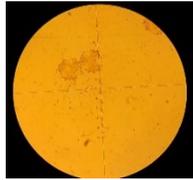
Podranea ricasoliana



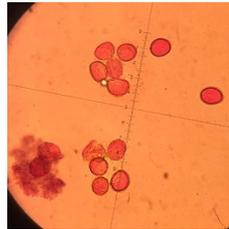
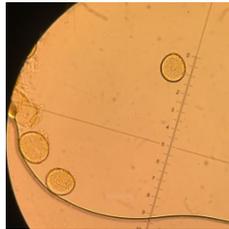
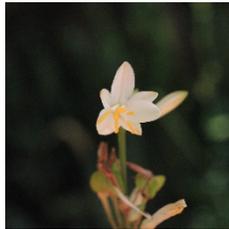
Tulbaghia violacea



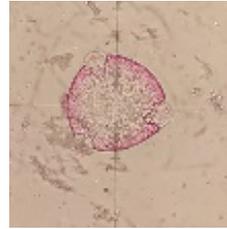
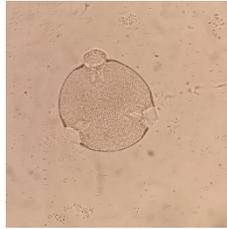
Tecomaria sp.



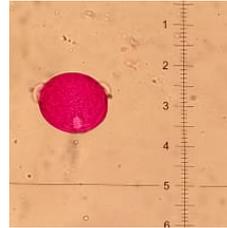
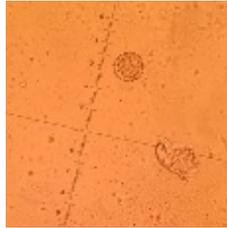
Chlorophytum sp



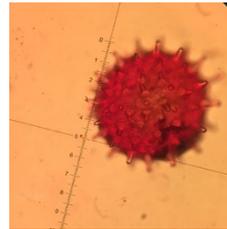
Thevetia peruviana



Plumeria alba



Hibiscus sp



Spathiphyllum wallisii



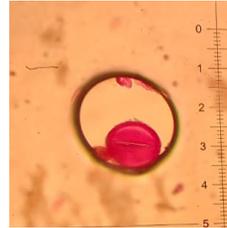
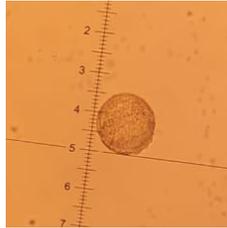
Delonix

regia



Oxalis

sp



Stenocereus queretaroensis

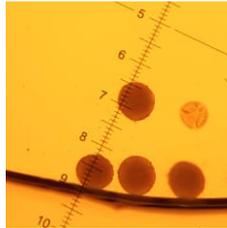


Tabla 2. Caracterización del polen.

Nombre	Forma	Tamaño (µm)	Unidad	Clase	# aperturas	Tipo Apertura	Ornamentación LM
ANP Sierra de Lobos							
<i>Opuntia sp 1</i>	Esférica	140	Mónada	Porado	>6	Porus	Porada
<i>Opuntia sp 2</i>	Esférica	115	Mónada	Porado	>6	Porus	Superficie porada
<i>Verbesina sp 1</i>	Esférica	30	Mónada	Colporado	3	Colporo	Equinado
<i>Opuntia robusta</i>	Esférica	95	Mónada	Porado	>6	Porus	Porada
Jardín Botánico El Charco del Ingenio							
<i>Zephyranthes fosteri</i>	De bote	88	Mónada	Sulcado	1	Sulcus	Reticulada
<i>Ipomoea squamosa</i>	Esférica	110	Mónada	Lofado	>6	Porus	Equinado
<i>Cylindropuntia</i>	Esférica	87	Mónada	Colpado	>6	Porus	Psilado
<i>Verbesina sp 2</i>	Esférica	35	Mónada	Colporado	3	Colporus	Exina equinada
<i>Mimosa borealis</i>	Irregular	15	Tétrada	Tétrada	0	Sin apertura	Psilado
DCNE							
<i>Bougainvillea (buttiana)</i>	Esférica	30	Mónada	Colpado	3	Colpus	Rugoso
<i>Lantana camara</i>	Esférica	38	Mónada	Colporado	4	Colporus	Psilado
<i>Tradescantia pallida</i>	De bote	50	Mónada	Sulcado	1	Sulcus	Fosulado
<i>Mesembryanthemum cordifolium</i>	Esférica	18	Mónada	Colpate	3	Colpus	Gemmado, escabrado, verrugoso
<i>Yucca sp</i>	Esférica	125	Mónada	Porada	>6	Porus	Equinado
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Esférica	158	Mónada	Porada	>6	Porus	Equinado
<i>Plumbago auriculata</i>	Esférica	63	Mónada	Colpado	3	Colpus	Porado rugoso
<i>Podranea ricasoliana</i>	Esférica	38	Mónada	Colpado	3	Colpus	Crotonado
<i>Tulbaghia violacea</i>	Esférica	43	Mónada	Ulcerado	1	Ulcus	Psilado

<i>Tecomaria</i>	<i>sp</i>	Esférica	46	Mónada	Colpado	3	Colporado	Reticulado
							Sulcus	Granulado
							Porus	Granulado
							Porus	Psilado
						3	Poro	Equinado
							Sin apertura	Plicado
<i>Delonix</i>	<i>regia</i>	Esférica	68	Mónada	Colporado	3	Colporus	Reticulado
<i>Oxalis</i>	<i>livida</i>	Esférica	39	Mónada	Colpado	3	Colpus	Psilado
<i>Stenocereus</i> <i>queretaroensis</i>		Esférica	75	Mónada	Colpado	3	Colpus	Psilado

Figura. 3 Diagramas florales. *Bougainvillea* (izquierda), *Hibiscus* (centro) y *Opuntia* (derecha) [18].

Discusión de

resultados

Los estudios palinológicos son ampliamente utilizados para la identificación taxonómica de familias, géneros e incluso especie vegetales que resultan complicadas de identificar por su morfología externa [10]. En las áreas de estudio donde se llevó a cabo la recolecta de flores se encontraron varias plantas de la familia Cactaceae, y las muestras revisadas pertenecientes a este taxón presentan fluorescencia en todos los filtros, por lo que se puede decir que son especies con polinizadores generalistas.

Se encontraron diferencias en el polen de las cactáceas principalmente en tamaño y su ornamentación. Por ejemplo, el grano de *Opuntia sp1* es bastante diferente, ya que posee una ornamentación muy marcada, que en microscopia de fluorescencia se remarca con un contorno grueso negruzco, lo que podría indicar una posible ornamentación lodada, reportado en el género. Los tamaños de los granos variaron desde los 87 µm hasta 140 µm y presentaron ornamentaciones de tipo Psilado y Porado. Cabe destacar que *Hibiscus sabdariffa* no presentó fluorescencia en ningún filtro, y de las dos especies del género *Verbesina*, la segunda no presentó fluorescencia en el filtro azul. En la bibliografía se reporta que el género *Lantana* presenta 3 aperturas, en este trabajo se encontraron granos con 4 aperturas, lo que pudiera ser una posible hibridación/mutación.

Ornamentaciones. Existen diversas morfologías del polen entre los cuales están los equinados que se caracterizan por presentar espinas o aguijones (*Ipomoea*), que a su vez se diferencian entre ellos mismos, unos por presentar aguijones cercanos y ser con una punta más ancha o redondeada como lo son pilos (*Yucca*), con aguijones o báculos más largos como *Hibiscus*, sin embargo, también llegan a presentarse con aguijones separados y que son micro espínulas por ejemplo *Verbesina*, *Bougainvillea*. Estas diferencias dependen de las especies y de la coevolución presentada con sus polinizadores. Es destacable que los báculos del polen de *Hibiscus* si presentan transmisión de luz en contraste con el interior del grano, mientras que las demás estructuras eran uniformes con la fluorescencia del grano.

El tamaño adecuado. En las angiospermas, con el objetivo final de optimizar la polinización, independientemente del modo especialista o generalista, se demostró que la evolución floral conlleva en primer lugar un aumento del atractivo para los polinizadores, por lo que se han desarrollado diversas morfologías florales, aromas, colores, in/decremento en el tamaño o en número floral [11,12]. Dichos caracteres han evolucionado para atraer a los polinizadores, y al realizarse la visita floral se genera el contacto del polen al cuerpo del visitante, y sucede la polinización y una interacción simbiótica. Los rasgos morfológicos de las flores tienen una incidencia directa en el uso y manejo de los recursos. Ya que en la interacción planta-polinizador, el acople de los rasgos morfológicos podría representar una alta calidad en el servicio de

polinización de comunidades vegetales y un alto aprovechamiento en el uso de los recursos [13]. Nuestros resultados muestran una relación directa entre el tamaño de la flor y el tamaño del polen, las flores de mayor tamaño presentaban un polen de mayor tamaño, el cual superaba los 100 μm (*Hibiscus*, *Yucca*, *Opuntia*, *Ipomoea*) mientras que las flores de menor tamaño presentaban un polen pequeño o mediano, sin superar los 50 μm (ej. *Mimosa*, *Mesembryanthemum*, *Lantana*). Por lo anteriormente mencionado y lo revisado en microscopia, podríamos decir que el grano de polen está adaptado para el polinizador, generando estructuras accesorias y, un tamaño adecuado que le permitirá ser transportado fácilmente. Igualmente, la abundancia floral es otro atributo ecológico importante que determina la cantidad de recursos disponibles para forrajeo de los polinizadores en una comunidad y, generalmente, hay una relación positiva entre abundancia de flores y de polinizadores [14]. La única especie en presentar granos no unitarios corresponde a *Mimosa borealis*, la cual presenta una inflorescencia globosa. Ya que un aspecto particular de las estructuras reproductivas en Mimosoideae es que el polen es liberado, en la mayoría de las especies, en unidades permanentemente compuestas que reciben el nombre general de políades [15].

La diversificación de las angiospermas y de los insectos se produjo al mismo tiempo *coevolución*. El polen de las flores entomófilas presenta púas, espinas, irregularidades y elementos de viscosidad que facilitan la adhesión al cuerpo del agente polinizador [16] en este caso, el polen de *Ipomoea* se observaba en diferentes partes del cuerpo de *Euphoria basalis*, siendo que su comportamiento de forrajeo era de adentramiento al fondo de la flor (Fig. 2A). Los granos de polen quedaron adheridos a las vellosidades del escarabajo, las cuáles eran abundantes en la parte de la cabeza y patas (Fig. 2B,C). Finalmente se observaron los diferentes granos de polen que se encontraron en el cuerpo del insecto, habiendo por lo menos más de una especie (Fig. 2D) encontrándose hasta 4 variedades polínicas.

La historia evolutiva de las plantas no puede entenderse sin considerar el papel polinizador de los insectos. La morfología de las flores se debe a la presión selectiva ejercida por la polinización entomógama debido a que la diferencia en la longitud de las piezas bucales de los grupos polinizadores determina el que una u otras flores sean polinizadas por las diferentes especies, es decir, la forma, el color, el olor y el néctar de las flores serían muy diferentes e incluso no existirían de no cumplir un papel fundamental como señuelo atractivo o recompensa para los insectos polinizadores [17].

Referencias

- [1] B., and Vegetal, B. O. (2012). Angiospermas: Plantas vasculares con flores y frutos. Uprn.edu. Recuperado el 7 de julio de 2022, de <https://www.uprn.edu/labs3417/wp-content/uploads/sites/176/2019/01/Angiospermas-1.pdf>
- [2] Ashworth, L., M. Quesada, A. Casas, R. Aguilar and Oyama. K. (2009). CONABIO. Polinización. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 9 de julio de 2022, de <https://biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion/>
- [3] Torres, T. (1992). Palinología. Giornale botanico italiano (Florence, Italy: 1962), Universidad de Chile. Facultad de Ciencias agrónomas. Dpto. de Producción agrícola. 126(2), 420–427. <https://doi.org/10.1080/11263509209430296>
- [4] Orozco-Muñiz H., Hernandez-Rocha J.V., Ávila-González J.A., Méndez-López M.R., Vásquez-Morales S. G. (2019). Análisis Palinológico de Angiospermas en el Centro Turístico Las Palomas, Gto. Jóvenes de la ciencia. Revista de Divulgación de la Ciencia. Recuperado el 9 de julio de 2022, de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3088/2550>
- [5] García F., Gandía H., Escobano F. (2011). Bioquímica. Investigación y ciencia. Flores fluorescentes. Investigación y Ciencia. Recuperado el 12 de julio de 2022, de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/combater-la-obesidad-525/flores-fluorescentes-490>
- [6] Jardín Botánico, El Charco del Ingenio. Folleto de visita.
- [7] Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. (2020). Base de datos digital. Listado de la Flora Nativa del Estado de Guanajuato. SMAOT. <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/biodiversidad#:~:text=Base%20unificada%20Flora%20Guanajuato%202020>
- [8] Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. (2020). Documento Técnico Base del Inventario de Especies Vegetales Nativas del Estado de Guanajuato. SMAOT. Guanajuato, México. https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/upload/biodiversidad/inventario_especies/Documento_Tecnico_Especies_Vegetales_Nativas.pdf

- [9] Paldat. (2020). Illustrated Pollen Terms.
https://www.paldat.org/static/illustrated_pollen_terminology_2020.pdf
- [10] González Fernández, R., Valero Galván, J. (2018). Variabilidad del polen de cactáceas del desierto chihuahuense. Instituto de Ciencias Biomédicas.
- [11] Waser, N.M. 1983. The adaptive nature of floral traits: ideas and evidence. En: Real, L. (ed.), *Pollination Biology*, pp. 241-285. Academic Press, Cambridge, MA, Estados Unidos.
- [12] Fornero Parodi, C., Galiger Ristich, S., & Inzaurrealde Rosano, C. (2012). Estudio del comportamiento reproductivo de la mandarina "Afourer"(Citrus reticulata Blanco).
- [13] Dohzono, I., Takami, Y., & Suzuki, K. (2011). Is bumblebee foraging efficiency mediated by morphological correspondence to flowers?. *International Journal of Insect Science*, 3, IJIS-S4758.
- [14] Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84(10), 2628-2642.
- [15] Taisma, M. A. (2007). Morfometría de unidades de inflorescencia, flores y políades en especies de la tribu Ingeae (Mimosoideae). *Acta Botánica Venezuelica*, 30(1), 227-247.
- [16] Arbo, M. M. (2013). Tema 23: Reproducción y Polinización. 23.8. Agentes polinizadores. *Botánica Morfológica*. Recuperado 22 de julio de 2022, de <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema23/tema23-8zoofilia.htm>
- [17] Viejo-Montesinos, J. L., & Ormosa-Gallego, C. (1997). Los insectos polinizadores: una aproximación antropocéntrica. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20, 71-74.
- [18] Freire E. S. (2016). *Catedra de Botánica Sistemática II. Apuntes del segundo parcial*. Facultad de Ciencias Naaturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata. Argentina. <https://docplayer.es/60288304-Apuntes-del-segundo-parcial-botanica-sistemtica-ii.html>