



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

TÍTULO DE LA TESIS

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL POLEN DE 13 ESPECIES DE
PLANTAS DE IMPORTANCIA ALERGÉNICA PRESENTES EN LA ZONA
URBANA DE LA CIUDAD DE PUEBLA

Tesis que presenta para obtener el título de
BIÓLOGO

PRESENTA.

JORGE CARLOS ARRAZOLA BONILLA

TUTOR:

M. en C. CARLOS CASTAÑEDA POSADAS



Octubre 2014

Índice

Resumen	1
1.-Introducción	1
2.-Antecedentes	3
2.1 Polen	3
2.2 Pólenes y ciudades	5
2.3 Pólenes en México	8
3.-Justificación	9
4.-Objetivos	10
4.1 objetivo general	10
4.2.- objetivo particulares	10
5.- Área de estudio	11
5.1 Localización	11
5.2 Relieve del Municipio de Puebla	13
5.3 Clima	13
5.4 Vegetación del Municipio de Puebla	13
6.- Metodología	16
6.1 Colecta de muestras	16
6.2 Identificación y verificación de los especímenes	17
6.3 Morfología de los granos de polen	17
6.4 Preparación de las laminillas de los pólenes	18
6.5 La centrifugación	19
6.6 Descripción de los granos de polen	19

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

6.7 Almacenaje del polen y las laminillas	19
7.- Resultados	21
7.1 Descripción de los granos de polen	22
8.- Discusión	53
9.- Conclusiones	55
10.- Anexos	57
10.1 Glosario	57
11.- Referencias bibliográficas	61

Índice de Figuras

Figura 1.- Ubicación de la zona de colecta	12
Figura 2.- <i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.	23
Figura 3.- Granos de polen de <i>A. hypochondriacus</i> L.	24
Figura 4.- <i>Dysphania ambrosioides</i> L.	25
Figura 5.- Granos de polen de <i>D. ambrosioides</i> L.	26
Figura 6.- <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	28
Figura 7.- Granos de polen de <i>C. bipinnatus</i> Cav.	29
Figura 8.- <i>Sonchus oleraceus</i> L.	30
Figura 9.- Granos de polen de <i>S. oleraceus</i> L.	31
Figura 10.- <i>Taraxacum officinale</i> G. H. Webber	32
Figura 11.- Granos de polen de <i>T. officinale</i> G. H. Webber	33
Figura 12.- <i>Cupressus lusitanica</i> Mill	35
Figura 13.- Granos de polen de <i>C. lusitanica</i> Mill	36
Figura 14.- <i>Ricinus communis</i> L.	38
Figura 15.- Granos de polen de <i>R. communis</i> L.	39
Figura 16.- <i>Acacia saligna</i> H. L. Wendl	40
Figura 17.- Granos de polen de <i>A. saligna</i> H. L. Wendl	41
Figura 18.- <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	43
Figura 19.- Granos de polen de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	44
Figura 20.- <i>Ligustrum lucidum</i> Aiton	46
Figura 21.- Granos de polen de <i>L. lucidum</i> Aiton	47
Figura 22.- <i>Plantago lanceolata</i> L.	49
Figura 23.- Granos de polen de <i>P. lanceolata</i> L.	50

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Figura 24.- *Rumex crispus* L. 52

Figura 25.- Granos de polen de *R. crispus* L. 53

Figura 26.- *Salix bonplandiana* Kunth. 55

Figura 27.- Granos de polen de *S. bonplandiana* Kunth.

Resumen

En este estudio se tomaron en cuenta las características morfológicas de los granos de polen de 13 especies de plantas pertenecientes a 10 familias botánicas que se encuentran frecuentemente en la zona urbana de la ciudad de Puebla y que son de importancia alérgica alrededor del mundo. El material polínico se obtuvo de muestras colectadas recientemente, posteriormente tratado con acetólisis, técnica establecida por Erdtman (1960), que básicamente consiste en remover de la intina (pared interna) a los granos de polen seguido de un montaje en láminas permanentes con resina sintética. Se observó al microscopio la morfología de los granos de polen para realizar las descripciones correspondientes y se le tomaron microfotografías a un grano de polen representante de cada especie. Con la información obtenida se hicieron descripciones morfológicas, se tomaron microfotografías y se proporcionó material polínico al laboratorio de palinología de la escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, dando así, inicio a la colección palinológica de la misma.

1.- Introducción

La palinología es el estudio morfológico de los granos de polen y esporas de épocas recientes o pasadas. Su área de estudio también incluye organismos o partes de organismos como flagelados, foraminíferos, etc., que se encuentran dentro del rango del tamaño del grano de polen y esporas (Bogotá, 2002 y Sáenz, 2004).

Los granos de polen y las esporas son utilizados en gran cantidad de investigaciones, así como botánica pura y aplicada, reciente y fósil, donde el polen y las esporas se utilizan como instrumento de investigación. El estudio de estas estructuras se centra básicamente en el análisis de su morfología externa, que presenta patrones estructurales asombrosamente diferentes a consideración de las variaciones de la exina, que es la pared externa de los granos de polen. Esta pared externa es muy resistente químicamente con estructuras y simetría distintivas (Oxman, 2011).

Las aplicaciones de la palinología resultan de dos propiedades que son inherentes a la naturaleza del polen, su especificidad y capacidad de preservación. La primera de ellas refiere a la posibilidad concreta de determinar la identidad de la planta productora de los granos de polen, a diferentes niveles taxonómicos (familia, género y especie); mientras que la segunda alude a su capacidad de preservación a través del tiempo, bajo condiciones ambientales adecuadas como sitios ácidos, anaerobios, como el caso de las turberas (Faegri y Iversen, 1989).

Estos atributos especiales dan a la ciencia de la palinología la capacidad de proporcionar una mejor aproximación a la comprensión de la biodiversidad del planeta en el que vivimos y como ésta ha cambiado a través del tiempo (Blackmore, 2007).

La escala de información que ésta línea de investigación ofrece es generalmente regional, reflejando la composición de las comunidades vegetales y en ocasiones las condiciones ambientales bajo las cuales las plantas se desarrollan o desarrollaron, esto puede variar según el tipo de polinización y de la intervención de diversos agentes como el viento, el agua y animales como aves, murciélagos o insectos (Blackmore, 2007). Sin embargo, la escala de resolución del sistema muestreado puede ofrecer una

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

señal más acotada. Esto se puede observar en el análisis del polen adherido en materiales aglutinantes como resinas, coprolitos y otras matrices aglutinantes, donde el área de captación es reducida. Lo anterior genera que la señal polínica refleje las condiciones locales de la vegetación (Dincauze, 2000).

Debido a que la palinología posee un carácter multidisciplinario se espera que este estudio sirva de base para futuras investigaciones, llámese en paleoecología mediante análisis de lluvias polínicas para comprender la dinámica actual de la vegetación, en aerobiología, mediante atlas palinológicos, los que contienen fotografías e información detallada sobre las características de los granos de polen de varias especies vegetales de una región, siendo éstos útiles para estudios de vegetación, medicina, apicultura, farmacología entre otros (Quiñonez, 1992; Graham, 1998). En arqueopalinología por ejemplo, donde mediante el análisis del polen depositado en los pulmones de personas enterradas en tumbas o sitios arqueológicos, se puede obtener información acerca de la

alimentación o del lugar inmediato en donde estuvo la persona en el momento previo a su muerte, esta técnica es también utilizada actualmente y tiene gran auge en el campo de la palinología forense. La palinología también es utilizada como un medio de rastreo de la historia de los cereales cultivados (Erdtman, 1957).

Los estudios palinológicos, nos permiten reconstruir la vegetación del pasado mediante el estudio del polen fósil (Paleopalinología), además, nos permiten conocer los cambios experimentados por la vegetación, bien sea de origen natural o antrópico, además, gracias a las largas secuencias se ha establecido una cronología sobre la que pueden apoyarse otras investigaciones (Palacios, 2011).

De todas las técnicas que emplean partículas biológicas, la palinología es posiblemente la que posee el rango más amplio de aplicaciones (Stillman y Flenley, 1996).

2.- Antecedentes

2.1 Polen

El término polen proviene del griego *paluno* (distribuir o dispersar) y está emparentado con el término del latín *pollen* (harina o polvo) que Carl Von Linné habría definido como el polvillo diseminado por los órganos masculinos de las flores y cuya función es la fertilización (Kremp, 1965).

Actualmente, su significado refiere al nombre colectivo que se le da al conjunto de células reproductoras masculinas producidas en los estambres de las flores que realizan la fecundación de las plantas con semillas (Faegri y Iversen, 1989).

Los pólenes pueden ser anemófilos, polinizando a través del viento, son éstos los que tienen mayor importancia alérgica, o entomófilos, polinización a través de insectos.

Guidos en 2006 describe el polen como células sexuales masculinas de las plantas con flores que se forman en el interior de los estambres y una vez maduros, son liberados.

Al traslado del polen desde el órgano donde se ha formado hasta la parte femenina de la flor se le llama polinización.

El tamaño del grano de polen, que oscila entre 5/ 60µm es importante, ya que a partir de las 20µm no pasan a las vías respiratorias inferiores (Guidos, 2006), otros estudios, han demostrado que los rasgos del polen, particularmente su tamaño, pueden variar de acuerdo a las condiciones ambientales (Bell, 1959; Aizen y Raffaele, 1998).

Bell (1959) demostró que el tamaño del polen de *Lycopersicum esculentum* Mill, *Petunia hybrida* Vilm, *Anethum graveolens* y *Portulaca grandiflora*, varía en función del suministro de nutrientes al que sean sometidos los individuos de cada especie. Tak-Cheung y Stephenson (1994) demostraron que el tamaño del polen de *Cucurbita pepo* L. es mayor cuando se tiene una mayor disponibilidad de nitrógeno.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

La diversidad en el tamaño de los granos de polen de las angiospermas ha sido interpretada como el resultado de una adaptación, para asegurar que el polen pueda llegar hasta el estigma de las flores (Fonnegra, 2005). Aún con todo esto la morfología del polen (tipo y número de aperturas, simetría, forma y tamaño) ha sido considerada como constante dentro de cada especie vegetal y se ha utilizado como carácter taxonómico (Bravo-Hollis *et al.*, 1978).

Los granos de polen cuentan con dos paredes que los protegen: la intina, que se encuentra en contacto con el gameto, y la exina, una cubierta resistente situada en la parte externa. La exina puede ser lisa, con grabados, poros, surcos, areolas, verrugas, o espinas (Jaramillo *et al.*, 2006), que le proporcionan una ornamentación muy variada y que favorecen su adherencia a los estigmas durante la polinización (Bravo-Hollis *et al.*, 1978), la cual puede efectuarse de diferentes maneras, que son características para cada especie (Guidos, 2006).

La exina puede proporcionarnos ideas sobre cuestiones tan fundamentales como el cuándo y de qué manera las plantas colonizaron la tierra o como la vegetación de la tierra se ha desarrollado a través del tiempo geológico y en escalas de tiempo más finas (Blackmore, 2007).

2.2 Pólenes y ciudad

Se conoce como aerobiología a la disciplina científica encargada de estudiar entre otras partículas biológicas al polen aéreo en cuanto a su diversidad, así como las concentraciones con que se presenta en las distintas épocas del año. De acuerdo a datos aerobiológicos y ecológicos, la temperatura es el factor ambiental que afecta más fuertemente el desarrollo generativo y vegetativo, así como la presencia de polen en el aire (Kasprzyk, 2012). La humedad disminuye las concentraciones atmosféricas del polen, acelerando el proceso de deposición; por el contrario, en periodos secos se facilita la dispersión del mismo. Por otro lado, la concentración de polen atmosférico está sujeta a la variación en el tiempo debido a los ciclos reproductivos de la vegetación del área (Latorre, 2008).

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Los resultados de los estudios cualitativos y cuantitativos del contenido polínico atmosférico son aplicables por una parte al conocimiento de la fenología de las plantas, y constituyen también datos importantes para la horticultura, apicultura y floricultura. También se aplican en los estudios de la historia de la vegetación de un territorio puesto que el polen no se deposita sobre el suelo por efecto simplemente de la gravedad, lo que se denomina “lluvia polínica”, sino que también es transportado a largas distancias por las corrientes atmosféricas (Sáenz y Gutiérrez, 1983).

Por otra parte, la incidencia en la salud humana del contenido polínico atmosférico se puso de manifiesto desde 1819 cuando el inglés Bostock descubrió que los síntomas del catarro que lleva su nombre, o “fiebre del heno”, se debían a la ingestión por las vías respiratorias, principalmente del polen atmosférico (Eder *et al.*, 2006). Este descubrimiento pone de manifiesto como la contaminación del aire, la cual incluye alérgenos como el polen, es una llave ambiental determinante para el asma.

En estudios de alergias se pueden mencionar los trabajos de (Ilanovici *et al.*, 2009) donde mencionan como las alergias dependen de una combinación de efectos y varios factores, el paciente, los alérgenos, la duración del tiempo de exposición y las características del ambiente; se sabe que cambios en la vegetación y uso de tierra, pueden incrementar las emisiones de granos de polen alérgico (Hyde, 1959); y

también sabemos que las condiciones ambientales afectan de gran manera la calidad de vida de los ciudadanos (Cariñanos *et al.*, 2010), lo cual conduce a una disminución en la calidad de vida de las personas que sufren alergias así como también a un incremento de gastos socioeconómicos, por lo que estudiar los niveles de polen en las plantas y su relación con elementos meteorológicos es de gran importancia ya que se relaciona en varios aspectos concernientes a la salud (Makra *et al.*, 2007).

En muchos países de Europa así como en Norte América, los alérgenos con más altos niveles de sensibilización entre pacientes con síndromes nasales, es el polen, seguido por el polvo de casa y la caspa de gato (Solomon y Platts-Mills, 1998). Ilanovici *et al.* (2013), mostraron como el polen es el alérgeno más potente en pacientes con síntomas

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

respiratorios, y se ha comprobado el notable incremento en casos relacionados con alergias al polen en toda Europa en años recientes (D'Amato *et al.*, 2007).

Desde el punto de vista clínico, el polen de las hierbas es mucho más dañino que el polen de los árboles, las hierbas pertenecientes al taxa *Ambrosia*, *Poaceae*, *Urticaceae*, *Rumex*, *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, *Artemisia* y *Plantago* contribuyen con cantidades significativas de polen a la atmósfera. La familia *Poaceae*, *Asteraceae* y *Amaranthaceae* incluyen a hierbas muy abundantes y son conocidas como alérgenos muy potentes según Puc y Puc (2004); son causa frecuente de polinosis en zonas templadas.

Algunas especies, por ejemplo, *Plantago* y *Rumex*, las cuales pueden causar polinosis pueden tener un efecto combinado y diferentes tipos de contaminantes que pueden derivar en, e inducir respuestas clínicas, inclusive a bajas concentraciones de polen en el aire (Weisel *et al.*, 1997).

La urbanización crea un ambiente totalmente distinto a aquellos de zonas suburbanas o rurales; cambios considerables en la flora local pueden atraer cambios en las características de la principal temporada de polen, por ejemplo puede hacer que la temporada empiece antes y termine después (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2010).

Adicionalmente, la turbulencia incrementada en las ciudades, causada por los patrones de vientos termales característicos de cada ciudad, puede transportar granos de polen de áreas suburbanas hasta el centro de la ciudad (Emberlin y Norris-Hill, 1991), retrasando los picos de polen intradiurno.

Dependiendo de la fenología de las plantas, la aparición de sus pólenes en la atmósfera es estacional, sin embargo, también está influida por parámetros meteorológicos. Se ha encontrado que las concentraciones de polen se correlacionan positivamente con la temperatura y la velocidad y dirección del viento. Por otra parte, correlación negativa ha sido observada entre la concentración de polen y la presión de aire, la humedad relativa y la lluvia (Terán *et al.*, 2009). Además, la pluviosidad durante el otoño y verano

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

condiciona la mayor o menor germinación y crecimiento de las plantas y por lo tanto la cantidad de pólenes emitidos a la atmósfera (Pekonen *et al.*, 1994).

Las mayores concentraciones de polen suelen detectarse por las mañanas, ya que las plantas emiten el polen a primeras horas de la mañana (7-10 horas) y al atardecer, pues al enfriarse el aire los pólenes tienden a descender de las capas más altas de la atmósfera hacia la superficie (Subiza *et al.*, 1998).

Si bien en el interior de las grandes ciudades la concentración de granos de polen es menor que en las zonas rurales, es en las grandes metrópolis donde se ha informado una alta prevalencia de enfermedades respiratorias alérgicas y mayor gravedad de los síntomas en sujetos hipersensibles. Varios estudios sugieren que esto podría deberse a la interacción entre los contaminantes de las ciudades y los pólenes, lo que potencialmente podría provocar un incremento en la alergenidad de los mismos (Terán *et al.*, 2009). Kholer *et al.*, (1983), demostraron que hay un menor número de pacientes polínicos entre agricultores (4.8%) que en otras profesiones (15.5%). Charpin *et al.*, (1993), también observaron una mayor prevalencia de polinosis en ciudades, observando un aumento de sintomatología relacionado con altas concentraciones atmosféricas.

2.3 Pólenes en México

El primer registro que se tiene en México sobre pólenes atmosféricos fue realizado en 1940 por Salazar Mallén. En 1970 se publicó una reseña de los principales estudios sobre flora y pólenes alérgicos en la República Mexicana. Unos años antes ya se conocía un estudio ilustrado de los pólenes más comunes de México (Terán *et al.*, 2009). Posteriormente se publicaron otros estudios de aerobiología sobre los pólenes atmosféricos de la ciudad de México y en estados como Veracruz, Tlaxcala, Michoacán, Oaxaca, Guadalajara y Puebla (Rosas-Alvarado *et al.*, 2011).

Los trabajos que se realizaron entre 1940 y 1990 en la ciudad de México tuvieron como detonador más importante el papel patogénico que presentan muchos de los pólenes

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

atmosféricos. Sin embargo, son pocos los conocimientos que se obtuvieron sobre la evolución, riqueza y concentración ambiental de los distintos tipos polínicos, debido a que se utilizaron métodos no estandarizados, por lo que los resultados no se pueden interpretar ni comparar (Terán *et al.*, 2009).

Quizá el estudio más completo que se tiene sobre flora alérgica en el valle de México es la serie de artículos publicados por Orozco y Zamacona. En ellos se señaló la presencia de 106 especies pertenecientes a 30 familias y 79 géneros y presentan la descripción de las características microscópicas del polen y datos sobre la temporada de floración de 57 especies entre árboles, malezas y pastos (Rosas-Alvarado *et al.*, 2011).

3.- Justificación

La palinología es una ciencia joven que se dedica al estudio de los granos de polen y por extensión de las esporas; una de las herramientas fundamentales de la palinología es contar con una base de datos que permita comparar los granos de polen de las distintas especies, con los granos de polen hallados en los distintos tipos de muestras llámense suelo, agua, captadores polínicos, miel, etc.

Los estudios aerobiológicos son de vital importancia para obtener información detallada sobre la concentración atmosférica de pólenes e identificar los periodos de polinización capaces de desencadenar enfermedades alérgicas. Con esta información es posible tomar medidas preventivas para reducir la exposición e iniciar el tratamiento en el momento oportuno. Por otro lado, los estudios aerobiológicos permiten elaborar mapas polínicos, los cuales constituyen una herramienta básica en el diagnóstico etiológico del paciente alérgico. En cuanto a políticas de salud, los estudios e implementación de mapas polínicos ayudan a conocer los periodos de alto riesgo para la población alérgica, lo que permite una mejor preparación de los servicios hospitalarios.

Una palinoteca nos provee de información básica sobre la estructura y características de los granos de polen, también nos permite la identificación de especies vegetales por medio de ésta. Además, desde un punto de vista cultural una palinoteca constituye un patrimonio nacional puesto que en él están representados los ejemplares integrantes de un recurso natural, como es la flora de nuestro país. Las colecciones también constituyen la base de programas de educación formal y pública y a través de las exhibiciones, promueven el conocimiento de la naturaleza.

Los estudios que se abocan al análisis del polen son escasos en la Ciudad de Puebla, además en la Escuela de Biología así como en el Herbario de la Universidad no se cuenta con una palinoteca, por lo que éste trabajo no solo contribuirá para iniciar la primera colección palinológica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, sino que también se constituye una herramienta útil que permitirá en un futuro utilizar estos datos como punto de partida para la realización de posteriores investigaciones y a largo plazo hasta la implementación de una palinoteca en el estado de Puebla.

4.- Objetivos

4.1 Objetivo general

1.- Proporcionar una guía visual que ilustre la identificación microscópica e información de los pólenes con importancia alérgica más relevantes presentes en la ciudad de Puebla para la creación de una colección palinológica en la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

4.2 Objetivos particulares

- 1.- Seleccionar especies representativas de pólenes de importancia alérgica.
- 2.- Colectar botones florales de 13 especies de plantas cuyo polen fuera de importancia alérgica y que también tuvieran una presencia frecuente en la zona urbana de la Ciudad de Puebla.
- 3.- Aprender y aplicar el método de acetólisis a cada una de las muestras colectadas.
- 4.- Realizar observaciones al microscopio y describir las características morfológicas de los granos de polen de cada una de las especies colectadas y acetolizadas.

5.- Área de estudio

5.1 Localización

El municipio de Puebla, es uno de los 217 del estado de Puebla y su cabecera municipal es la ciudad de Puebla de Zaragoza, que a su vez es la capital y ciudad más poblada del estado, localizado en su región central. Es el principal integrante de la Zona Metropolitana de Puebla.

El municipio de Puebla se encuentra localizado en el Valle de Puebla-Tlaxcala en la zona central del estado e inmediatamente al sur del límite con el estado de Tlaxcala, sus coordenadas son 18°50´-19°14´ de latitud norte y 98°01´-98°18´ de longitud oeste y su extensión territorial es de 524.31 kilómetros cuadrados que lo convierten en el quinto municipio más extenso del estado de Puebla (INEGI, 2011).

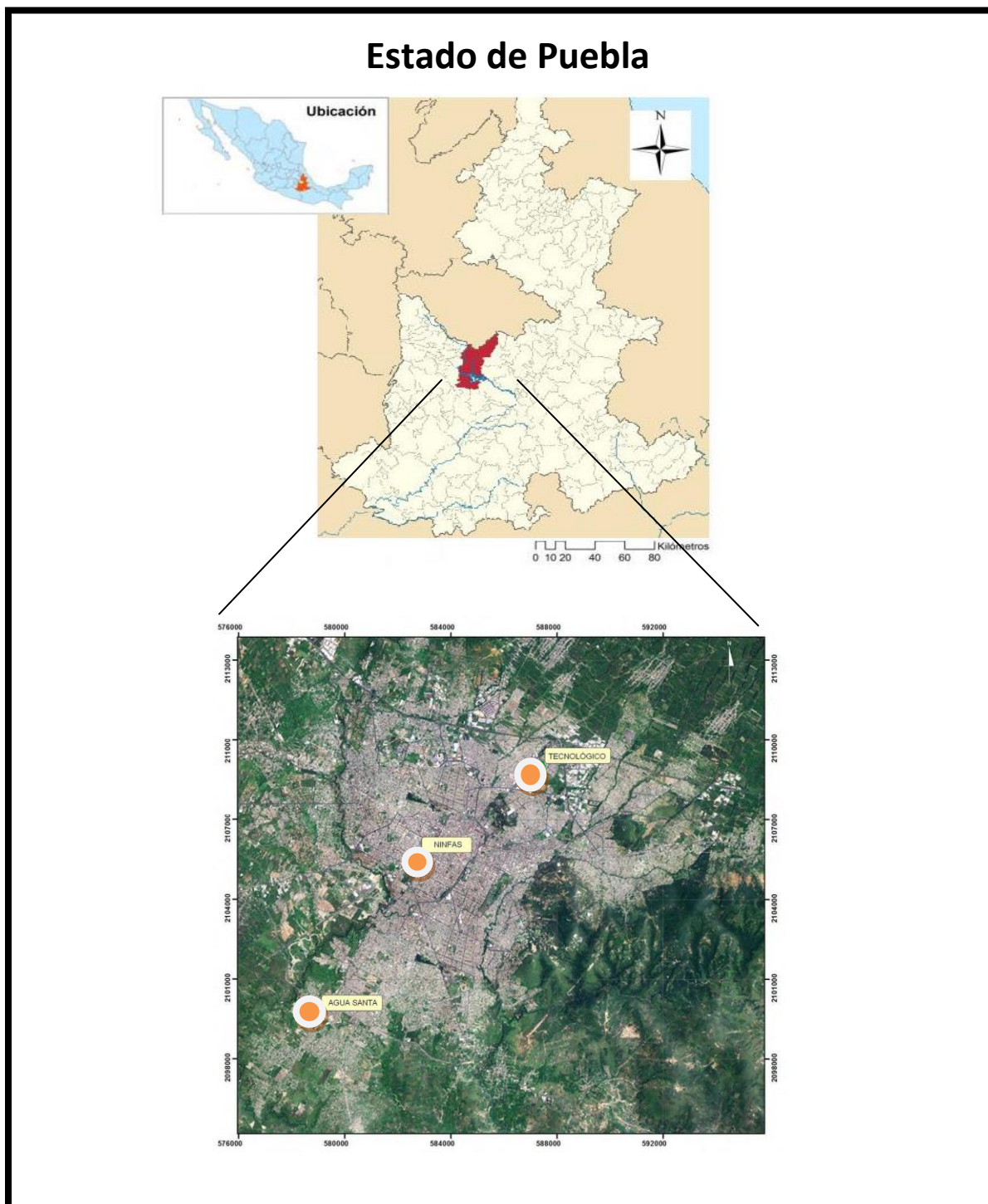


Figura. 1 Ubicación de la zona de colecta. Arriba.- ubicación del Estado de Puebla en la República Mexicana. Abajo.- vista satelital de la zona urbana en el municipio de Puebla, donde se muestran los puntos de colecta.

5.2 Relieve del Municipio de Puebla

El municipio de Puebla limita al noreste con el municipio de Tepetlaxco de Hidalgo, al este con el municipio de Amozoc y con el municipio de Cuautinchán, al sureste con el municipio de Tizcatlacoyan, al sur con el municipio de Huehuetlán el Grande y con el municipio de Teopantlán, al suroeste con el municipio de Ocoyucan, al oeste con el municipio de San Andrés Cholula y con el municipio de San Pedro Cholula y al noroeste con el municipio de Cuautlancingo; al norte limita con el estado de Tlaxcala, en particular con los municipios de Papalotla de Xicohtécatl, Tenancingo, San Pablo del Monte y Teolochocho (INEGI, 2011).

5.3 Clima

En el territorio municipal de Puebla se encuentran tres tipos de clima, definidos principalmente por la altura, el extremo noreste en las alturas del Volcán Malintzin, el clima es semifrío subhúmedo con lluvias en verano, en la mitad norte del valle de Puebla, abarcando en su mayor parte de la cabecera municipal el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad y en el resto del territorio formado por la mitad sur del valle y sus elevaciones al sur de la presa de Valsequillo el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media; la temperatura media anual registrada en la zona del valle es de 16 a 18°C, descendiendo en la medida que el terreno asciende hacia el Malintzin, la pluviosidad es superior a los 1000 mm al año, mientras que en el sureste es inferior a los 800 mm.

5.4 Vegetación del Municipio de Puebla

México es un país cuya flora es considerada como una de las más ricas y variadas del mundo, ello se debe a su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y lo variado de sus climas (Rzedowski, 1978; Bravo-Hollis, 1978). Los factores abióticos (precipitación, humedad relativa, luz, temperatura, suelo y altitud) y bióticos (flora y

fauna) son relevantes para entender la distribución de los diversos tipos de vegetación presentes en nuestro país (Reyes y Martínez, 2003).

La mayor parte del territorio municipal de Puebla, 42%, se encuentra cubierto por zona urbana, el 25% del territorio se destina a la agricultura, un 15% está cubierto por pastizal y un 12% por bosque, el resto se considera no aplicable a definición pero se refiere a vegetación ruderal o que se presenta en terrenos baldíos.

Los bosques se encuentran ubicados en las faldas del volcán Malintzin pero se encuentran continuamente amenazados por un proceso continuo de deforestación ya que se convierten en tierras de cultivo, las principales especies que se encuentran en esta zona son pinos piñoneros (*Pinus monophylla*, *Pinus edulis*, *Pinus cuadriflora*). También se pueden encontrar *Quercus* (encinos), diversas *Opuntia* (nopales) y tulares, carrizales y otras especies similares. En la parte más elevada se encuentra oyamel (*Abies religiosa*), además de otras especies menos numerosas como *Pinus hartwegii*, *Lupinus* spp., y *Bacharis* spp. Además en este tipo de vegetación se cultiva centeno, cebada, papa y haba. En la sierra de Amozoc también se encuentran zonas de encino (*Quercus* spp.), igualmente que en la Sierra del Tentzo donde además se localizan especies más bajas como táscate, jarilla (*Dodonea* spp.) y sabino (*Juniperus* spp.) y leguminosas espinosas bajas (4-8 m) y de hojas caedizas (*Mimosa*, *Acacia*, etc.).

Al pie de la Sierra del Tentzo se ubica la principal zona de pastizales del municipio en los alrededores de la presa de Valsequillo donde predominan *Hilaria cenchroides* (zacate grama), *Lycurus phleoides* y *Spartina espartinae* (espartillo) así como el género *Opizia*.

Rzedowski (1978); por su parte propone para Puebla los siguientes tipos de vegetación con sus respectivas especies:

Bosque tropical perennifolio; *Quercus* (encinos), *Salix* (sauces), *Populus* (álamos), *Taxodium* (cipreses, ahuehuetes, sabinos), caoba, cedro, *Ficus*, *Manilkara zapota* (chicle), líquenes, bromelias y orquídeas.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Matorral Xerófilo; la flora que predomina son cactáceas columnares, matorral espinoso. Entre las especies que se encuentran están: vegetación xerófila: *Euphorbia antisyphilitica* (candelilla), *Agave lecheguila*, *Yucca carnerosana* (palma samandoca), *Parthenium argentatum* (guayule), *Simmsia chinensis* (jojoba), *Rosella* spp. (Rosa de Jamaica), *Agave* spp., *Dasyllirion* spp. (sotol), *Larrea tridentata* (gobernadora), leguminosas y gramíneas. Presenta riqueza endémica, encinares arbustivos de 1-3m.

Bosque mesófilo de montaña; se pueden encontrar las siguientes especies: *Inga* (cajiniquil), *Quercus* (encinos), *Juglans* (nogales), *Podocarpus*, *Liquidambar* (ciprecillo), *Rhus*, *Smilax*, *Piperaceae*, *Bromeliaceae*, *Orchidaceae*, *Solandra*, *Phoradendron*.

6.- Metodología

6.1 Colecta de muestras

En 2013, previamente y durante el período de lluvias en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, y con base en autores como: Guidos *et al.* (2006), Rocha *et al.* (2009), Terán *et al.* (2009) y Rosas-Alvarado *et al.* (2011), se seleccionaron especies que fuesen de importancia alérgica y que se encontraran en periodo de floración.

Hecho lo anterior, se procedió a coleccionar, en diferentes puntos de la ciudad de Puebla, un total de 70 botones florales de 13 especies pertenecientes a 10 familias de plantas, de las cuales siete son hierbas, *Amaranthus hypochondriacus* L. 1753, *Cosmos bipinnatus* Cav. 1791, *Dysphania ambrosioides* (L). Mosyakin 2002, *Plantago lanceolata* L. 1753, *Rumex crispus* L. 1753, *Sonchus oleraceus* L. 1753, *Taraxacum officinale* G.H. Webber 1780; cinco son árboles: *Acacia saligna* H. L. Wendl. 1820, *Cupressus lusitanica* Mill. 1768, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. 1832, *Ligustrum lucidum* Aiton 1810, *Salix bonplandiana* Kunth. 1817; y un arbusto o maleza, *Ricinus communis* L. 1753. Se seleccionaron botones florales para asegurar que las anteras no hubieran iniciado la dehiscencia y así obtener óptimas cantidades de polen. Los botones coleccionados fueron cercanos a la antesis floral y de aproximadamente el mismo estadio de desarrollo.

Las muestras se guardaron en bolsas de papel encerado y así fueron transportados al laboratorio para su procesamiento.

Un ejemplar de cada especie de planta de donde fueron tomados los botones fue prensado y trasladado al laboratorio también donde se trataron con alcohol al 70%, para prevenir la aparición de hongos que pudiesen dañar el ejemplar, también se tomaron datos como el nombre de la planta, municipio, localidad, hábitat, coordenadas, altitud, descripción de la planta y día de la colecta.

6.2 Identificación y verificación de los especímenes

Una vez en el laboratorio los especímenes se identificaron y se compararon con ejemplares ya existentes cuando fue posible; cuando no se contaba con el ejemplar, se utilizó a Calderón *et al.* (2005); así como el archivo del herbario virtual de la CONABIO.

La identificación de los especímenes fue verificada y corroborada en el Herbario HUAP de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con la invaluable ayuda del curador del mismo MPhil Allen J. Coombes.

6.3 Morfología de los granos de polen

Para llevar a cabo la descripción morfológica de los granos de polen, estos deben estar desprovistos del contenido celular y de la intina (segunda capa de protección para el grano de polen); ya que como dice Sáenz (1997), al aumentar la transparencia, la exina se visualiza mejor.

Para esto el polen será sometido a un proceso de acetólisis (Erdtman, 1986). Este procedimiento consiste en suspender los granos de polen en ácido acético glacial, centrifugar y decantar. La solución de acetólisis se preparó añadiendo una parte de ácido sulfúrico concentrado a nueve partes de anhídrido acético puro. Los granos de polen se suspendieron en un tubo de ensayo y se les agregó ácido acético glacial (2-3 ml) para deshidratarlo. Enseguida se centrifugó la muestra durante 10 min a una velocidad de 2500 revoluciones por minuto (RPM).

Al término de este lapso de tiempo se agregan 2ml de solución de acetólisis sin decantar el ácido acético. El tubo de ensayo se agita en un vórtex por 1 minuto, esto con fin de acelerar la reacción. Posteriormente, cada muestra fue centrifugada por 10 min a una velocidad de 2500 RPM. Después de la centrifugación se repite el mismo procedimiento, agregando 2 ml de la solución de acetólisis, agitando y centrifugando. Tras la centrifugación, se decantaron las muestras y al sedimento de cada tubo de ensayo se le añadió de 2-3 ml de solución de ácido acético y se centrifuga a una

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

velocidad de 2500 RPM durante 10 min otra vez. Al finalizar la centrifugación, los tubos se decantaron y el sedimento fue enjuagado hasta lograr un pH neutro en cada una de las muestras.

Una vez enjuagado, el sedimento de cada muestra, se tamizó con un tamiz de pruebas físicas marca: MONT INOX con una abertura de micrones de 88 ó de .0035 pulgadas con el cual se logró capturar los restos de materia orgánica que pudiese haber habido en alguna de las muestras y se consiguió contener el polen limpio en microtubos.

Con el polen contenido en los microtubos con agua destilada, se realizó la preparación de laminillas para ser observadas con el microscopio óptico.

6.4 Preparación de las laminillas de los pólenes

Una vez acetolizado, el polen fue montado en resina sintética cristal marca Poliforma. Con una pipeta Pasteur se colocó solución que contenía el polen acetolizado sobre un portaobjetos limpio y desengrasado; inmediatamente se agregó una gota de resina sintética y se le colocó un cubreobjetos para después introducir las laminillas a una estufa donde se dejaron secar por 4 días.

Esta fase se llevó a cabo en el laboratorio palinológico, debido a que se debe tener mucho cuidado y tomar algunas precauciones a lo largo de todo el proceso con el fin de eliminar la contaminación y evitar el intercambio de muestras. Enciso-De (1992); nos dice cómo es que se debe mantener fuera el viento pues es capaz de soplar el polen por lo que es recomendable conservar las ventanas cerradas en todo momento, limpieza constante del equipo y todos los instrumentos, el uso de agua destilada en todo el proceso, el control teniendo los recipientes numerados, vasos de plástico y los tubos de centrifuga. Los vapores producidos por ciertos reactivos en algunas ocasiones causan daños no sólo al hombre, sino que también se unen a los instrumentos ópticos y de laboratorio, por lo que usar protección es recomendable, además de trabajar todo el tiempo bajo una campana de gases y no escatimando en agua destilada, utilizándola en todo momento. Se prepararon dos laminillas de cada muestra de polen.

6.5 La centrifugación

El proceso de centrifugación debe llevarse a cabo con la cabeza del tubo de la centrífuga en la capacidad completa; cuando menos muestras de las requeridas sean centrifugadas, se utilizará agua adicional para completar el llenado (Enciso-De, 1992).

Para éste procedimiento se deben tener en cuenta factores variables como la densidad del líquido, la velocidad centrífuga (RPM), tiempo de centrifugación, el tamaño y el peso específico de los granos. Además, se requieren tubos bien equilibrados durante la centrifugación por lo que se utilizó una balanza analítica para pesar tanto los tubos vacíos como los mismos con el material polínico dentro de ellos

6.6 Descripción de los granos de polen

Una vez procesadas las muestras, se procedió al análisis microscópico de las mismas, las preparaciones fueron observadas con una lente Carl Zeiss con el objetivo 40 x y se tomaron coordenadas de los granos de polen que presentaban mayor claridad y mejor perspectiva para ser fotografiados. La descripción morfológica se realizó eligiendo al azar los granos de polen que presentaban mejor visibilidad. La descripción morfológica de los granos de polen incluyó forma, estructura de la esporodermis, tipo de ornamentación, posición de poros, tipo y tamaño de aperturas. La descripción del polen se llevó a cabo de acuerdo con Punt *et al.* (1994), y Sáenz (2004).

6.7 Almacenaje del polen y las laminillas

Para poder ser observado en el microscopio de barrido electrónico (MEB) en futuras investigaciones, el polen debe secarse así que se volvió a centrifugar durante 10 minutos a una velocidad de 2500 RPM y se decantó el sobrenadante, posteriormente, a los microtubos se les agregó alcohol etílico al 90% y se centrifugaron durante 10 min. a 2500 RPM. Después de esto, se decantó el sobrenadante y se dejó evaporándose los sedimentos durante una semana; al término de ésta se repitió el procedimiento dos

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

veces más y una vez evaporado el alcohol, el polen quedó contenido en microtubos y listo para ser observado.

Las laminillas con los granos de polen montado, debidamente identificadas, se colocaron en una caja de plástico junto con los microtubos que contienen el polen acetolizado, así como una memoria USB que contiene en archivo las microfotografías de los granos de polen descritos.

7.- Resultados

Se obtuvieron 13 especies de plantas pertenecientes a 10 familias botánicas incluyendo árboles, arbustos y malezas, herborizadas y debidamente identificadas, también se incluyó una ficha técnica con la información de la colecta para cada una de las especies de plantas colectadas así como la descripción de las características más importantes del polen de cada una de ellas incluyendo la forma, tipo y número de aperturas, tamaño relativo, elementos esculturales y tamaño de la exina entre otras.

Se obtuvieron 13 muestras de polen acetolizado y deshidratado listas para ser observadas con el microscopio de barrido electrónico y debidamente rotuladas contenidas en microtubos eppendorf y un total de 26 laminillas con polen acetolizado montado en resina sintética y rotuladas, de éstas, se tomaron 26 microfotografías del polen de las 13 especies de plantas utilizadas y se archivaron en una memoria USB.

El material fue donado para su conservación y almacenaje al herbario HUAP de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, donde podrá ser consultado para futuras investigaciones.

7.1 Descripciones de los granos de polen

En el texto, las distintas especies aparecen dispuestas por familias. Para cada una de ellas se incluye además su área natural de distribución, así como las referencias que se tienen sobre estudios previamente realizados tanto desde el punto de vista morfológico como alérgico.

Amaranthaceae/Chenopodiaceae

Unos 100 géneros con 1400 especies ampliamente distribuidas por todo el mundo, muchas son malezas o habitantes de zonas áridas, otras son características de suelos salinos.

En esta familia se reúnen plantas herbáceas, más raramente pequeños arbustos, en su mayoría ruderales, o de terrenos baldíos, por lo que son abundantes en los alrededores de las ciudades (Sáenz *et al.*, 1983). *Spinacia oleracea* L. “espinaca” corresponde a ésta familia y en México se cultiva abundantemente. Algunas de ellas son comestibles o se usan como condimento, o bien, en la medicina vernácula. Muchas especies son malezas introducidas del Viejo Mundo (Calderón *et al.*, 2005).

Las familias botánicas Quenopodiáceas (*Chenopodiaceae*) y Amarantáceas (*Amaranthaceae*) por la semejanza de sus granos de polen, constituyen un único grupo estenopalino (presentan muy poca variación en los tipos polínicos) por lo que habitualmente se tratan en la literatura conjuntamente.

Amaranthaceae

Morfología: son hierbas o arbustos (rara vez árboles) rastreros, erguidos o ascendentes. Con hojas alternas u opuestas, simples, casi siempre enteras.

Tipo de flor: Flores pequeñas, generalmente hermafroditas o unisexuales, bracteadas y bibracteoladas, dispuestas en epicastros, espigas, racimos, panículas, cabezuelas o glomérulos.

***Amaranthus hypochondriacus* L. 1753**



Figura 2.- *Amaranthus hypochondriacus*. Se muestra la planta en una zona urbana y en etapa reproductiva.

Polen de *Amaranthus hypochondriacus*

El polen de *A. hypochondriacus* presenta una forma esferoidal y de tamaño pequeño a mediano, entre 23-30 μm (imagen A). Pantoporado, con la superficie escábrida; las aberturas simples, de tipo poro, miden de 1-1.5 μm de diámetro y están dispuestas en número de 32-45 por grano de polen (imagen B), muy similar al de las Chenopodiáceas.

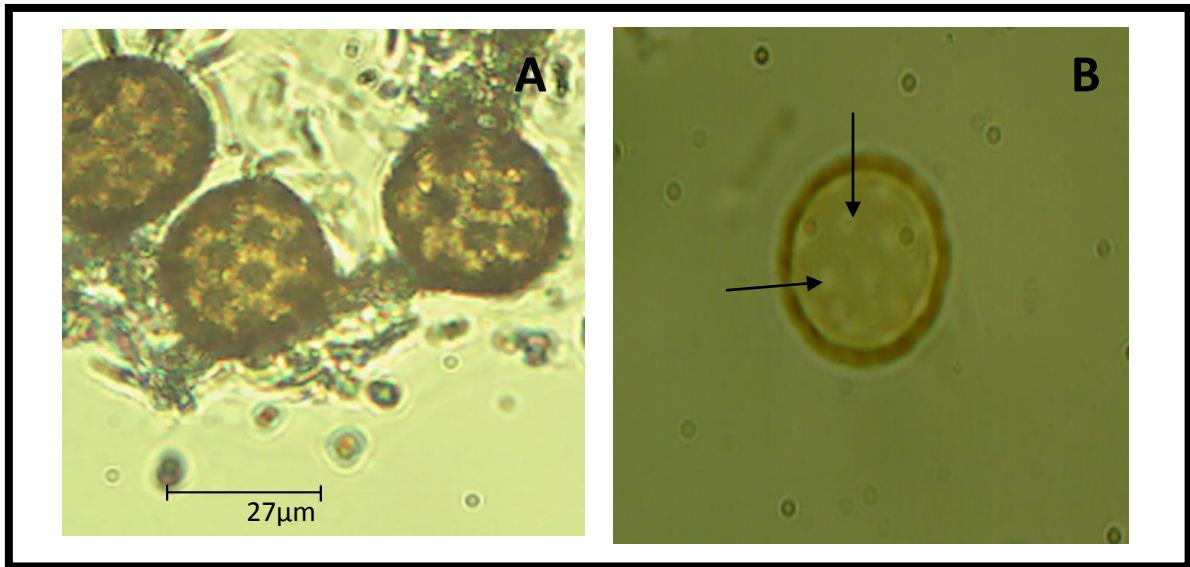


Figura 3.- Granos de polen de *A. hypochondriacus*. A) Granos (3) de polen de tamaño mediano (27 μm) y pantoporados. B) Grano de polen donde se muestran 2 aperturas simples de tipo poro.

El género *Amaranthus* ha sido citado como alérgeno por Sáenz (1983), Lewis *et al.* (1983), Domínguez *et al.* (1984) y King y Norman (1986) y Matthiesen *et al.* (1991).

Chenopodiaceae

Morfología: son plantas herbáceas o arbustivas, anuales o perennes, glabras o con indumento glandular o farinoso que tienen polinización anemófila. Poseen hojas alternas u opuestas, a veces con limbo muy reducido, simple y sin estípulas.

Tipo de flor: hermafroditas o unisexuales, dispuestas en inflorescencias de diferentes tipos, perianto ausente o de 2 a 5 segmentos, o a veces de una sola pieza, persistente; estambres del mismo número (a veces menos) que los segmentos del perianto.

***Dysphania ambrosioides* (L). Mosyakin 2002**



Figura 4.- *Dysphania ambrosioides*. Se muestra la planta en etapa de floración y creciendo en una zona urbana

Polen de *Dysphania ambrosioides*

El polen de *D. ambrosioides* presenta forma esferoidal y de tamaño pequeño a mediano 23-28 μm (imagen A). Con sistema apertural pantoporado y superficie escábrida, con los poros operculados, muy numerosos (más de 50), de un diámetro sobre 1.7 μm (imagen B). Exina menor de 2 μm de espesor, con gránulos suprategmiales y numerosas perforaciones.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

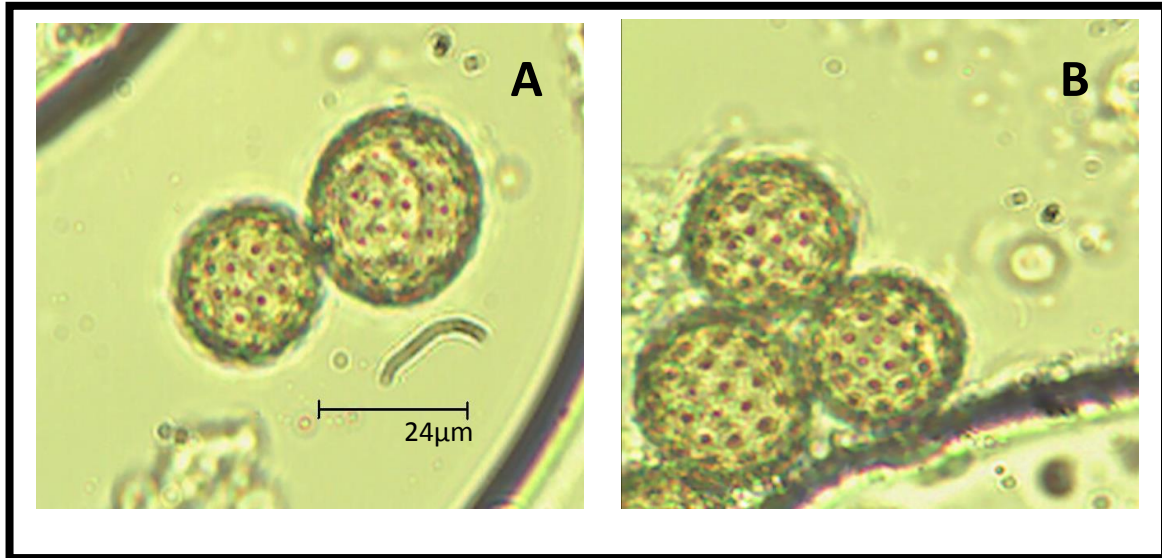


Figura 5.- Granos de polen de *D. ambrosioides*. A) 2 granos de polen de *D. ambrosioides*, el más grande con 24 μ m de diámetro. B) se muestran 3 granos de polen donde se aprecia el sistema apertural pantoporado (más de 50 poros).

El género *Chenopodium* al igual que *Amaranthus* ha sido citado como alérgeno por Sáenz (1983), Matthiesen *et al.* (1991).

Compositae

La familia *Compositae* cuenta con unas 25,000 especies, repartidas en 1100 géneros. Los más importantes, desde el punto de vista alérgico, son los géneros *Taraxacum* (diente de león) y *Artemisia*. Pero también pertenecen a esta familia: lechugas, alcachofas y girasoles, así como margaritas, crisantemos y dalias y muchas otras plantas ornamentales y malas hierbas como el cardo (Redonda-Martínez *et al.*, 2011).

Morfología: la mayoría son arbustos o matas de hoja persistente, o plantas herbáceas rizomatosas perennes, aunque también son frecuentes las herbáceas vivaces con raíces tuberosas. Las hojas son alternas u opuestas, sin estípulas, simples, con nerviaciones pinnadas o palmeadas, sentadas o pedioladas, generalmente lobadas o dentadas.

Tipo de flor: por lo general pequeñas, agrupadas por muchas o pocas en cabezuela (capítulo), dispuestas sobre un receptáculo y en muchos casos acompañadas cada una por una bráctea individual. Las cabezuelas pueden llevar un solo tipo de flores, pero con mayor frecuencia en su periferia se sitúan las flores liguladas, mientras que el resto está constituido por las “flores del disco”, que suelen ser hermafroditas o a veces masculinas; en otros géneros puede ver otra composición de las cabezuelas, inclusive la presencia de tres tipos florales.

Esta familia es europolínica, es decir que el polen de sus especies es muy variable morfológicamente. Aparte de ello está poco estudiada, de tal manera que Sáenz y Gutiérrez (1983) dividen los tipos polínicos en tres grupos: equinado, equinado y lofado y polen equinado no lofado.

***Cosmos bipinnatus* Cav. 1791**



Figura 6.- *Cosmos bipinnatus*. Se muestra la planta en etapa de floración.

Polen de *Cosmos bipinnatus*

El polen de *C. bipinnatus* es un polen de tipo equinado no lofado, con colpos cortos, en vista polar es triangular redondeado y en vista ecuatorial es esferoidal u oblato, tricolporado de tamaño pequeño-mediano como se muestra en la imagen A, (25-27 μm). Superficie equinada y tectum perforado, las espinas con más de 2.5 μm de longitud (imagen B).

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

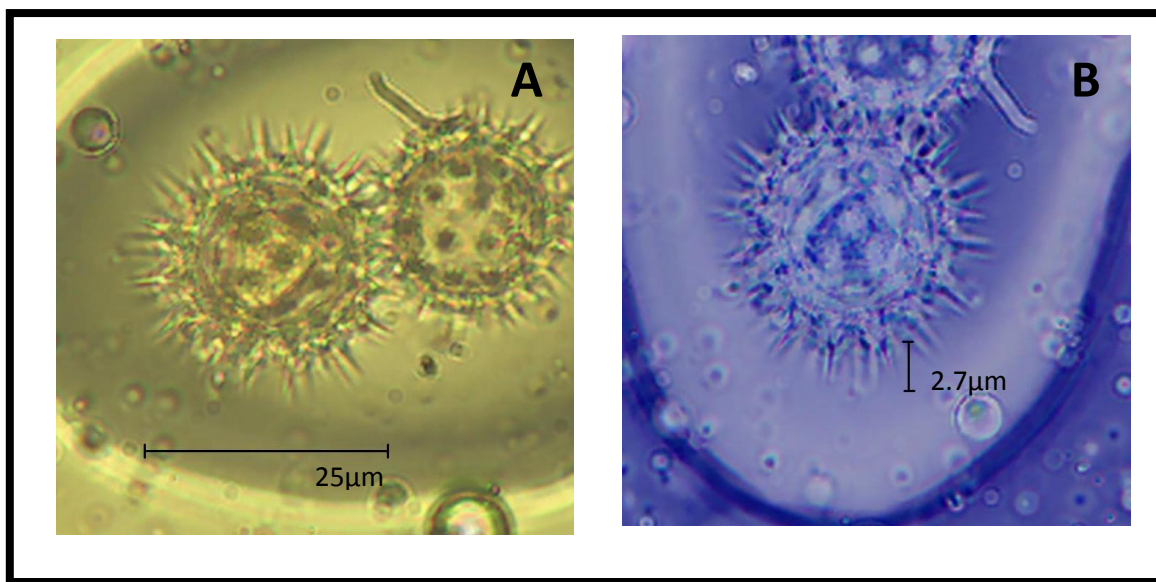


Figura 7.- Granos de polen de *C. bipinnatus*. A) se observan 2 granos de polen de tamaño pequeño (25 µm). B) se muestra una espina de una longitud de 2.7 µm.

Cosmos bipinnatus es una especie citada por Rosas-Alvarado *et al.* (2011), como especie de relevancia alérgica.

***Sonchus oleraceus* L. 1753**



Figura 8.- *Sonchus oleraceus*. Se muestra la planta en etapa de floración, creciendo en una zona urbana.

Polen de *Sonchus oleraceus*

El polen de *S. oleraceus* presenta una forma radiosimétrica, apolar, esferoidal. De tamaño mediano (30-35 μm). Trizonocolporado, poro circular sin anillo ni opérculo. Exina fenestrada con muros que forman hexágonos, presentan espínulas con puntas obtusas en la parte superior de las mismas. El lumen es hexagonal y algunos tienen conglomerados de espínulas.

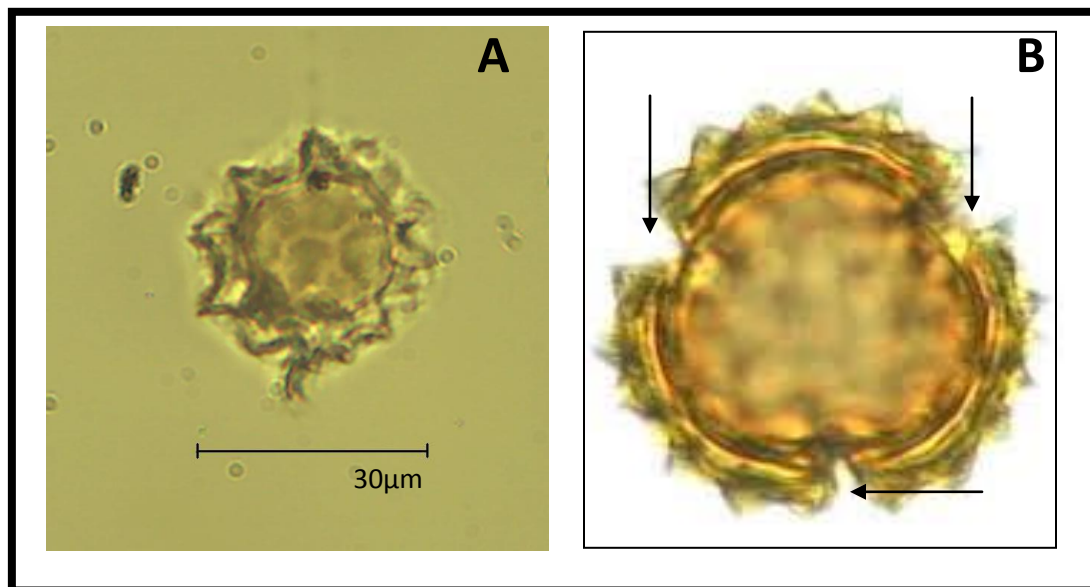


Figura 9.- Granos de polen de *S. oleraceus*. A) se muestra un grano de polen de tamaño mediano (30 µm). B) fotografía aumentada y recortada de un grano de polen de forma isopolar donde se muestra el sistema apertural 3-zonocolporado

***Taraxacum officinale* G. H. Webber 1780**



Figura 10.- *Taraxacum officinale*. Se muestra la planta creciendo en una zona urbana y en etapa de floración.

Polen de *Taraxacum officinale*

El polen de *T. officinale* presenta una forma de tipo equinado y lofado, granos de polen esferoidales. Tri o tetraporados, a veces con colpos cortos difícilmente diferenciables de los poros y de tamaño mediano 25-30 μm (imagen A). La superficie es fenestrada; la exina, de un grosor superior a las 3 μm , forma unas crestas o penachos rematados por espinas de más de 2 μm de longitud, que dejan libres unas ventanas poligonales (imagen B). El tectum y la base de las espinas, microperforado.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.



Figura 11.- Granos de polen de *T. officinale*. A) grano de polen de tamaño mediano (28 µm) y donde se puede apreciar el sistema apertural triporado. B) se observan 3 granos de polen de *t. officinale* y señalado de izquierda a derecha, la cresta formada por las espinas que emergen de la exina y las ventanas poligonales que se forman con éstas y que le hacen ser polen fenestrado.

Cupressaceae

La familia *Cupressaceae* cuenta con unas 125 especies, repartidas en 16 géneros. Los más importantes son los géneros *Cupressus* (cipreses) y *Juniperus* (enebros y sabinos). Las cupresáceas se utilizan para repoblación forestal o como plantas ornamentales en setos y jardines y están ampliamente distribuidos en las regiones templadas de ambos hemisferios (Calderón *et al.*, 2005).

Morfología: son árboles o arbustos muy ramosos de gran altura y muy longevos, que tienen polinización anemófila. Las hojas pueden tener forma de agujas punzantes; plantas monoicas y dioicas.

Tipo de flor: son flores muy pequeñas, las masculinas dispuestas en pequeños amentos terminales o axilares, estos amentos están formados por pocas hileras de escamas, cada una protegiendo de 2 a 6 sacos polínicos, las femeninas constituyendo una inflorescencia de 3 a 8 escamas, cada una con 1 a 2 óvulos; cono globoso, seco, semillas pequeñas a veces aladas.

***Cupressus lusitanica* Mill. 1768**



Figura 12.- *Cupressus lusitanica*. Se muestra una pequeña rama del árbol donde se aprecian los sacos polínicos.

Polen de *Cupressus lusitanica*

El polen de *C. lusitanica* posee una forma esferoidal cuando está embebido, pero que fácilmente se invagina por su fina exina al secarse (imagen B). El diámetro de los pólenes hallados varía entre las 24 y 30 μm . Inaperturado, con superficie gemada, presenta una resquebrajadura en forma estrellada en la parte central del grano, que actúa como pseudoporo, se puede observar en la imagen A. La exina lleva sobre su superficie unas granulaciones escasas y muy dispersas.

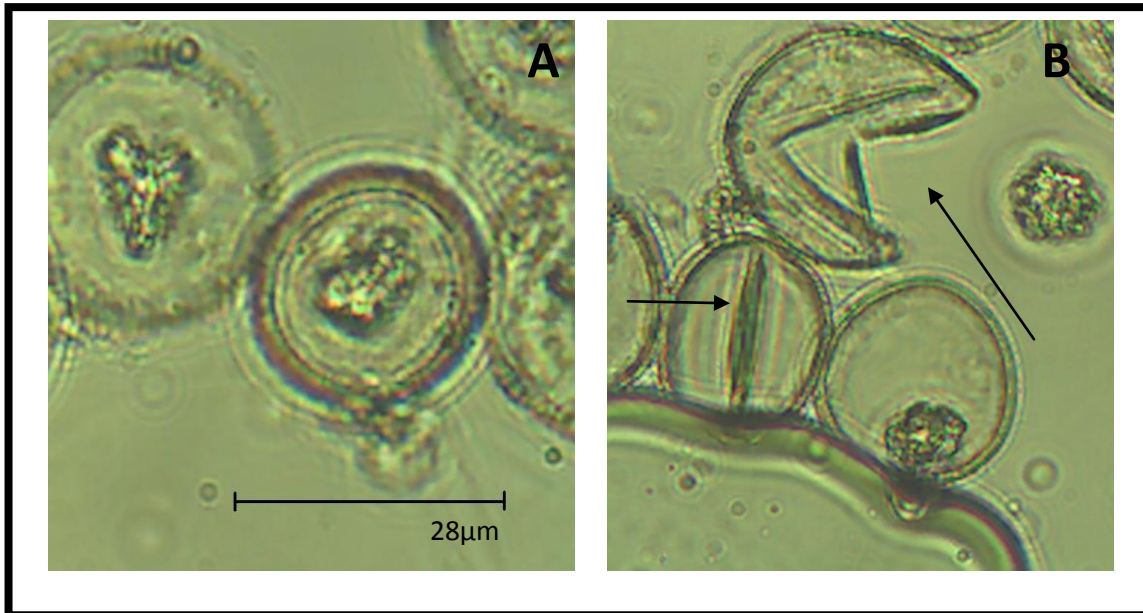


Figura 13.- Granos de polen de *C. lusitanica*. A) se muestran granos de polen de *C. lusitanica* de tamaño pequeño (28 μm). B) señalados de izquierda a derecha, un grano de polen invaginado y derecha un grano de polen liberando su contenido celular.

El polen del género *Cupressus* frecuentemente mencionado como alérgico en Europa, y en México ha sido citado como especie de relevancia alérgica por Rosas-Alvarado *et al.* (2011); además de que es un género numerosas veces citado en trabajos de aerobiología por ejemplo Guido *et al.* (2006).

Euphorbiaceae

Familia con más de 200 géneros y 7000 especies ampliamente distribuidas en el mundo, pero sobre todo en regiones tropicales. Incluye plantas de gran importancia económica como: *Hevea* de donde se extrae gran parte del caucho comercial, *Manihot esculenta* Crantz (“guacamote”, “mandioca”, “yuca”), *Ricinus communis* L. (“higuerilla”). En algunas especies el látex es venenoso, cáustico o urticante y las semillas con frecuencia tienen propiedades purgantes o son venenosas (Calderón *et al.*, 2005).

Morfología: hierbas, arbustos o árboles, a veces carnosos, a menudo lactíferos. Sus hojas pueden ser alternas u opuestas, en ocasiones verticiladas, enteras, dentadas o partidas, rara vez compuestas, a veces ausentes, con frecuencia estipuladas y a menudo con glándulas en la base del limbo.

Tipo de flor: inflorescencias muy variadas; flores comúnmente pequeñas, actinomorfas, a veces bastante modificadas o incompletas, unisexuales, con el perianto reducido, rara vez en forma de cáliz y corola (entonces pentámera), pero con frecuencia protegidas por un involucre caliciforme.

***Ricinus communis* L. 1753**



Figura 14.- *Ricinus communis*. Se muestra la planta en una zona urbana y etapa de floración.

Polen de *Ricinus communis*

El polen de *R. communis* es un polen de forma esferoidal triangular en vista polar, en visión ecuatorial oval-esferoidal con los lados casi rectos o anguloaperturado y de tamaño mediano (23-28 μm). Posee un sistema apertural tricolporado, se muestra en la imagen B, muy raramente tetracolporado; las ectoaberturas son colpos terminales y estrechos de menos de 1 μm de anchura y con los extremos agudos. La exina es de 2 μm de grosor.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.



Figura 15.- Granos de polen de *Ricinus communis*. A) vista polar de dos granos de polen de *R. communis* de tamaño mediano (24.5 μm). B) se muestra el grano de polen y señalado el sistema apertural tricolporado.

El género *Ricinus* es considerado como altamente alérgico por numerosos autores como Lewis *et al.* (1983); Rocha-Estrada *et al.* (2009); y Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

Fabaceae

Esta familia está ampliamente representada en diversas regiones del Globo terrestre por cerca de 500 géneros y alrededor de 17000 especies, comprende gran número de plantas útiles, especialmente en lo que se refiere a alimentación y maderas (Torres-Colín *et al.*, 2008).

Morfología: son árboles, arbustos o hierbas tendidas, trepadoras o erguidas, provistas de espinas. Sus hojas generalmente alternas, estipuladas, pecioladas o sésiles, pinnadas, bipinnadas o digitado-compuestas, en ocasiones simples, folíolos de forma, tamaño y número variables.

Tipo de flor: pueden ser solitarias o estar dispuestas en fascículos, cabezuelas o racimos axilares o terminales; flores generalmente con una bráctea, con 2 bracteolas en la base del cáliz o sin ellas, actinomorfas o zigomorfas, bisexuales o unisexuales de tamaño y color variable, cáliz con 5 sépalos libres o más o menos fusionados

***Acacia saligna* H. L. Wendl. 1820**



Figura 16.- *Acacia saligna*. Se muestra una rama del árbol en etapa de floración.

Polen de *Acacia saligna*

El polen de *A. saligna* es una poliada acalimadas, granos revestidos individualmente por una envoltura de exina individual, que ayuda en la unión de la poliada, de forma oblato-esferoidal (imagen A). De tamaño grande, 45-50 μm . Superficie psilada, formadas por 24 mónadas con disposición regular, las cuales pueden ser heteropolares, prismáticas, cúbicas o con forma de pirámide truncada (imagen B).

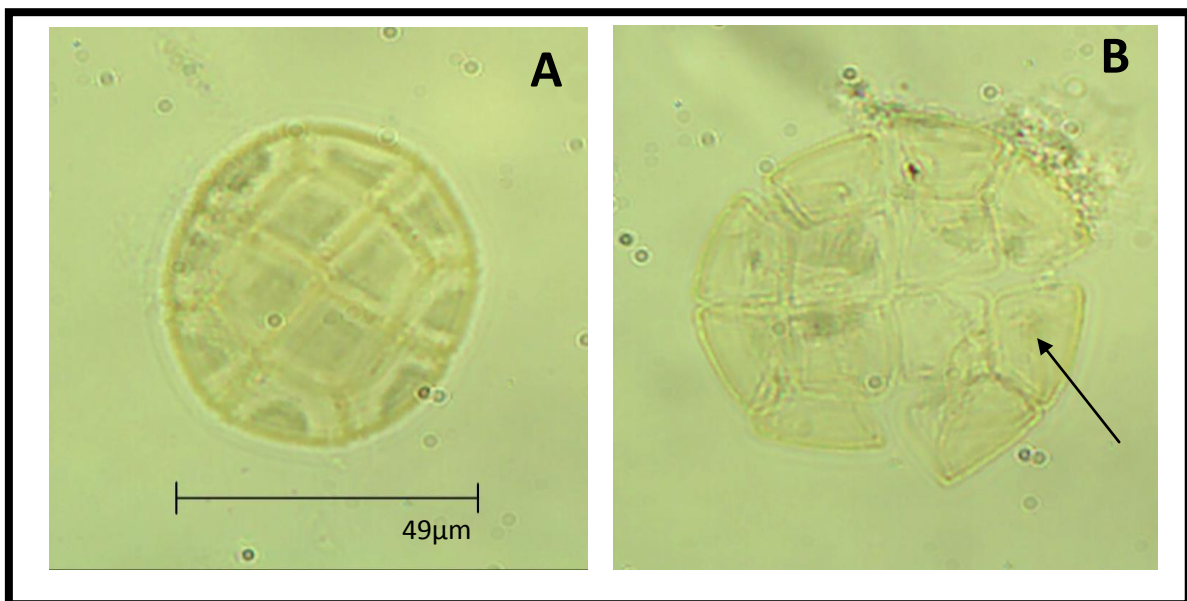


Figura 17.- Granos de polen de *Acacia saligna*. A) se muestra una poliada grande (49 μm), compuesta por 24 mónadas dispuestas regularmente. B) se muestra una poliada separándose y señaladas, 2 mónadas separadas de la poliada original.

Esta especie ha sido reportada en México como altamente alérgica por Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

Myrtaceae

La familia *Myrtaceae* cuenta con aproximadamente 140 géneros, con más de 3000 especies, distribuidas principalmente en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. De importancia económica, esta familia es predominantemente leñosa, con árboles de gran tamaño (Sánchez-Vindas, 1990).

Morfología: son árboles o arbustos, raramente subarbustos. Poseen hojas simples, opuestas, raramente subalternas (excepto algunos géneros introducidos con hojas alternas), pecioladas sin estípulas, enteras, usualmente con nerviación pinnada.

Tipo de flor: pueden ser flores solitarias o en inflorescencias bracteadas, axilares o raramente subterminales, racimosas o cimosas, con frecuencia paniculadas o modificándose como glomérulos o agrupaciones umbeliformes; flores hermafroditas, aromáticas, anteras cortas, versátiles, biloculares, dehiscentes por aperturas longitudinales; ovario ínfero, hipanto adnado al ovario; óvulos 2 o numerosos.

***Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. 1832**



Figura 18.- *Eucalyptus camaldulensis* Se muestran las flores de la planta.

Polen de *Eucalyptus camaldulensis*

El polen de *E. camaldulensis* presenta en vista polar, forma triangular con las esquinas redondeadas y los lados planos (imagen A). De tamaño pequeño, 12-17 μm y posee un sistema apertural tricolporado. La exina es lisa, menor de 1 μm de espesor y con forma de cúpulas en las zonas aperturales.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

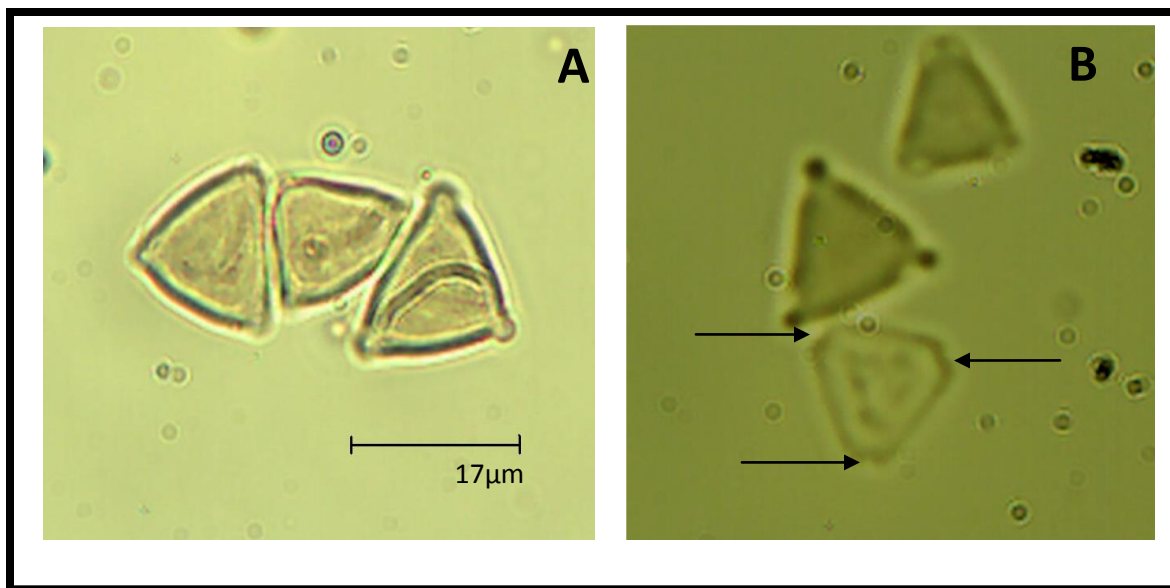


Figura 19.- Granos de polen de *E. camaldulensis* A) se muestran granos de polen (3) de *Eucalyptus* de tamaño pequeño, 17 µm. B) se muestran los lados planos y exina lisa del grano de polen y señalado el sistema apertural tricolporado.

El género *Eucalyptus* ha sido reportado como alérgico por Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

Oleaceae

La familia *Oleaceae* cuenta con unas 500 especies, repartidas en 27 géneros. Las más importantes desde el punto de vista alérgico son los géneros *Olea* (olivo), *Ligustrum* (trueno) y *Fraxinus* (fresno). Pertenecen también a este grupo de plantas los géneros: *Jasminum* (jazmín) y *Syringa* (lila). Se encuentran en regiones templadas y tropicales del mundo (Calderón *et al.*, 2005). En Puebla se encuentran diversas especies del género *Ligustrum* y una especie de *Fraxinus*, tanto en los alrededores como en parques y jardines. Esta familia ha sido citada como alérgica y aerovagante por Domínguez *et al.* (1984), y alérgica por (Macchia *et al.*, 1991).

Morfología: son árboles y arbustos de tamaño mediano, caducifolios o perennifolios, éstos últimos trepadores leñosos o rupícolas. Indumento característico, consistente en pelos escamosos peltados, además de los pelos normales, que a menudo dan tonalidad grisácea a los tallos jóvenes y a las hojas, las cuales se encuentran generalmente opuestas, sin estípulas, simples, trifoliadas o pinnadas, a menudo enteras o lobadas.

Tipo de flor: puede presentar inflorescencias racimosas, paniculadas, tirsiformes o algunas veces las flores solitarias; flores frecuentemente numerosas y pequeñas, bisexuales, raramente unisexuales (y entonces las plantas son dioicas o polígamo-dioicas), actinomorfas.

***Ligustrum lucidum* Aiton 1810**



Figura 20.- *Ligustrum lucidum*. Se muestra la planta en etapa de floración.

Polen de *Ligustrum lucidum*

El polen de *L. lucidum* presenta una forma esferoidal trilobulado en vista polar y esferoidal u oblató en vista ecuatorial, con el eje mayor sobre las 30 μm de longitud. De tamaño mediano (26-30 μm) y con sistema apertural tricolporado (imagen A). Superficie reticulada que disminuye hacia los colpos y exina gruesa, de hasta 4 μm de espesor, como se muestra en la imagen B.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

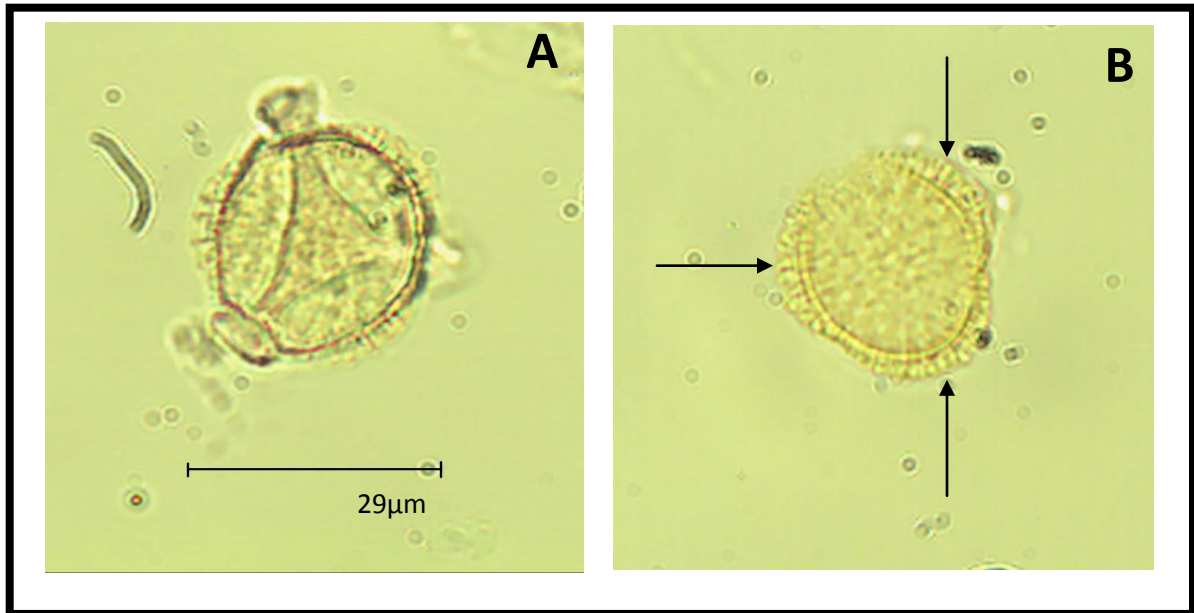


Figura 21.- Granos de polen de *L. lucidum*. A) se muestra un grano de polen de *L. lucidum* de tamaño mediano (29 μm) donde se aprecia el sistema apertural tricolporado. B) se muestra un grano de polen de *L. lucidum* donde se aprecia la superficie reticulada y señalados la exina gruesa formando lúmenes y estos disminuyendo hacia los colpos.

El género *Ligustrum* ha sido reportado como alérgico por Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

Plantaginaceae

Esta familia se compone por los géneros: *Litorella*, *Bougueria* y *Plantago*, aunque estudios más recientes aceptan a los dos primeros como subgéneros de *Plantago*. El grupo incluye alrededor de 275 especies distribuidas alrededor del mundo siendo *Plantago* el único hallado en territorio mexicano. Este último cosmopolita, contiene a la mayor parte de esta diversidad y es el único representado en la República Mexicana. La familia no tiene valor económico, sino todo lo contrario, pues algunas especies de *Plantago* son malas hierbas (Calderón *et al.*, 2005). El género *Plantago* comprende muchas especies de plantas herbáceas o leñosas en su base, anemógamas, en su mayoría ruderales o de terrenos baldíos, con periodos de floración de Marzo a Septiembre, aunque *P. coronopus* L. florece todo el año y es mencionado frecuentemente en trabajos de aerobiología.

Morfología: son plantas herbáceas, rara vez arbustivas, sus hojas usualmente dispuestas en roseta, basales, alternas u opuestas; gruesas o algo coriáceas, con la base a menudo envainante, de nervaduras aparentemente paralelas.

Tipo de flor: presenta inflorescencias en forma de espiga, rara vez de cabezuela, en ocasiones las flores solitarias o agrupadas por pocas; flores actinomorfas o a veces zigomorfas, generalmente hermafroditas, pequeñas y protegidas por brácteas con frecuencia tan anchas y largas como los sépalos; cáliz herbáceo, tetralobulado, de prefloración imbricada, con márgenes escariosos; corola gamopétala, tubular, actinomorfa, con 4 estambres, raramente 2, insertos en el tubo de la corola, alternando con sus lóbulos, con filamentos delgados, anteras biloculares, por lo común con dehiscencia longitudinal; ovario súpero, tetralocular, con uno o varios óvulos en cada lóculo.

***Plantago lanceolata* L. 1753**



Figura 22.- *Plantago lanceolata*. Se muestra la planta en etapa de floración.

Polen de *Plantago lanceolata*

El polen de *P. lanceolata* presenta una forma esferoidal, con un diámetro sobre las 25-30 μm . como se muestra en la imagen A. Periporado 6-10 poros operculados de un diámetro sobre las 3 μm , posee una superficie escábrida y exina con nanoverrugas que se pueden apreciar en la imagen B.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

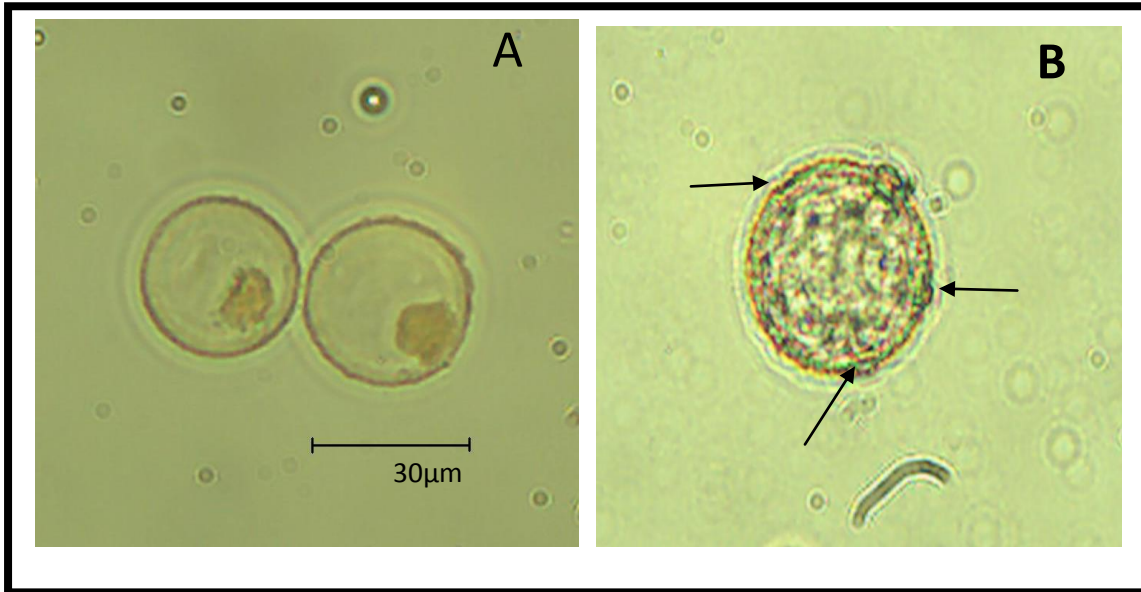


Figura 23.- Granos de polen de *P. lanceolata*. A) se muestran 2 granos de *P. lanceolata* de tamaño mediano 30 µm. B) se muestra un grano de polen de *P. lanceolata* donde se aprecia la exina provista de nanoverrugas (señaladas) y con la superficie escábrida.

Terán *et al.* (2009), Subiza *et al.* (2008) y Rosas –Alvarado *et al.* (2011), mencionan la alérgenicidad de ésta especie.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Polygonaceae

Esta familia incluye unos 30 a 40 géneros y 800 especies, principalmente de regiones templadas del Hemisferio Norte. Varias especies europeas han sido ampliamente introducidas en América como malezas (Calderón *et al.*, 2005).

Morfología: hierbas, arbustos o a veces árboles, sus hojas generalmente alternas, en ocasiones opuestas, basales o en fascículos verticilados, simples, frecuentemente provistas de un tubo o vaina estipular más o menos envolvente en la base del peciolo (ócrea).

Tipo de flor: posee flores solitarias, axilares o dispuestas en fascículos espigados o racimosos; flores actinomorfas, hermafroditas o unisexuales, por lo general inconspicuas, pero en ocasiones con los periantos corolinos formados por 3-6 tépalos, a veces parcialmente unidos, dispuestos en 1 a 2 series, con frecuencia persistentes.

***Rumex crispus* L.1753**



Figura 24.- *Rumex crispus*. Se muestra la floración de la planta.

Polen de *Rumex crispus*

El polen de *R. crispus* presenta forma esferoidal y es de tamaño pequeño, 20-30 μ m. de diámetro, como se muestra en la imagen A. Posee un sistema apertural tricolporado (imagen B), los colpos son delgados y agudos. La exina con un grosor menor de 1 μ m y con una superficie psilada, sin elementos esculturales que sobresalgan de la exina.

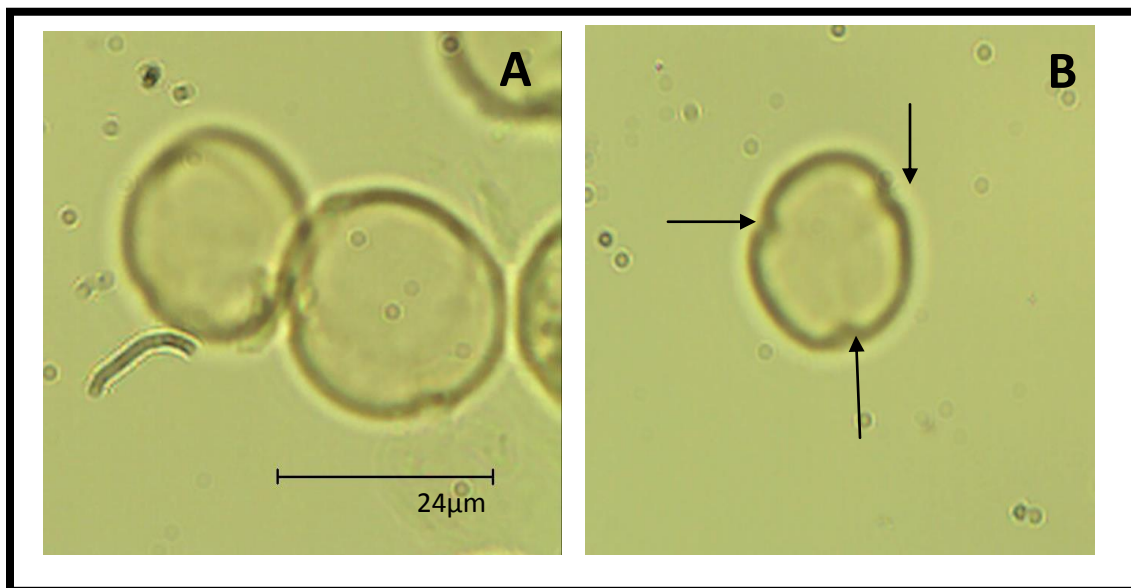


Figura 25.- Granos de polen de *R. crispus*. A) se muestran 2 granos de polen de tamaño pequeño 24 µm. B) se muestra un grano de polen de *R. crispus* y señalados los colpos delgados que forman un sistema apertural tricolporado.

Especie frecuentemente citada como alérgeno por diferentes autores, entre ellos Subiza *et al.* (2008), Terán *et al.* (2009), Rocha-Estrada *et al.* (2009) y Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

Salicaceae

La familia *Salicaceae* cuenta con unas 250 especies, repartidas en solo dos géneros: *Salix* (sauces) y *Populus* (álamos). Su centro de distribución actual es en regiones templadas y subárticas del norte. La presencia del compuesto salicina confiere a la familia importancia económica. El ácido salicílico deriva su nombre del género *Salix*. Se tiene conocimiento que desde tiempos antiguos se usaba la corteza de éste género como analgésico y antipirético. Además varias especies de *Populus* y *Salix* se cultivan como ornamentales (Magdalena *et al.*, 2011).

Morfología: son árboles o arbustos de hoja caduca, muy raramente con tallos, casi herbáceos, cuyas raíces se asocian con frecuencia a las hifas de hongos. Anemófilos. Sus hojas simples, alternas, muy raramente opuestas, con estípulas que se caen por lo general muy pronto.

Tipo de flor: sus flores son unisexuales pequeñas, protegidas por brácteas y dispuestas en amentos que aparecen por lo general antes que las hojas, las masculinas constituidas por uno o más estambres insertos en un receptáculo y sostenidos por un disco en forma de glándula o cúpula, anteras con dehiscencia longitudinal, las flores femeninas integradas por un ovario unilocular, ubicado sobre un disco pequeño, conteniendo numerosos óvulos, estigmas 2 a 4, simples o partidos.

***Salix bonplandiana* Kunth. 1817**



Figura 26.- *Salix bonplandiana*. Se muestran las flores de la planta.

Polen de *Salix bonplandiana*

El polen de *S. bonplandiana* presenta en vista polar presenta una forma esferoidal, trilobulado. En vista ecuatorial es prolato con un sistema apertural tricolporado y con colpos largos. De tamaño pequeño, 19-20 μm . como se aprecia en la imagen A. La exina, de un grosor sobre 1.3 μm , con superficie reticulada que disminuye hacia las aperturas, con grandes lúmenes que disminuyen su tamaño en las zonas alrededor de los colpos formando márgenes, (imagen B).

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.



Figura 27.- Granos de polen de *S. bonplandiana*. A) vista ecuatorial de un grano de polen de *S. bonplandiana* de tamaño pequeño (19 µm), donde se aprecia un colpo largo y la superficie reticulada. B) vista polar donde se muestra la forma esferoidal y el sistema apertural tricoplorado.

El género *Salix* ha sido reportado como alérgico por Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

8.- Discusión

La morfología polínica de las especies analizadas dentro de la clase Magnoliopsida, presenta caracteres de gran valor para la sistemática de los diferentes grupos analizados.

Las variaciones observadas han permitido diferenciar claramente a todas las familias y en su mayoría a todos los géneros estudiados, usando características morfológicas como el tamaño, la ausencia o presencia de perforaciones en el techo, el tipo de superficie, patrones esculturales, presencia, tipo y número de aperturas, entre otros.

Los granos de polen de las familias *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Cupressaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Oleaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae* y *Salicaceae*, poseen características propias de cada familia, que permiten diferenciarlas unas de otras, podríamos decir que, en general no existen grandes discrepancias con la bibliografía consultada, si bien en algunos casos encontramos alguna diferencia que pasamos a comentar.

Las familias *Cupressaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Oleaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae* y *Salicaceae*; estuvieron representadas en este estudio por una sola especie, por lo que solamente se obtuvo información morfológica de los granos de polen de esas especies. Esta información se comparó con otras especies de la misma familia para lo cual se consultaron algunos atlas palinológicos como el publicado por César *et al.* (1999) y Rosas-Alvarado *et al.* (2011), en los que se encontró una o varias características distintivas de los granos de polen de cada familia.

Se constató lo mencionado por Soltis y Soltis., (2004), que los granos de polen pertenecientes a la clase Magnoliopsida poseen granos triaperturados (tres aperturas), prácticamente el total de las especies tratadas en este estudio, saliendo de esta lista *Cupressus lusitanica* Mill. la cual pertenece a la clase Pinopsida.

Los pólenes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. y *Salix bonplandiana* Kunth. son granos de polen de tamaño pequeño, comparados con el tamaño de las otras especies

contenidas en este catálogo 17 y 19 μm respectivamente, la especie *Acacia saligna* H. L. Wendl. es la que presentó el grano de polen de mayor tamaño, 49 μm .

En lo que concierne a la familia *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* discernimos de lo expuesto por Singh y Kumar (2003), y Alfaya y Márques (2002), en cuanto a que sus granos de polen no pueden distinguirse, ya que a pesar de que si presentan morfología tamaño y forma similar, encontramos una considerable diferencia en cuanto al número de poros por grano de polen, 32-45 en *Amaranthus* y más de 50 en *Dysphania*.

En cuanto a las especies pertenecientes a la familia *Compositae*, se ha podido constatar lo expuesto por Trigo *et al.* (1994), que se trata de una familia cuyo polen es muy variable (euripalino). Los granos son trizonocolporados, isopolares y radiosimétricos. De circulares a elípticos tanto en vista polar como en vista ecuatorial o, a veces, poligonales. Su tamaño oscila de pequeño a mediano, generalmente. La exina es gruesa y a menudo la superficie presenta espinas, crestas y lagunas de tamaño muy diverso.

Los mismos autores mencionan lo extremadamente difícil que es la identificación polínica en cuanto a la determinación exacta de la especie, sin embargo, nosotros consideramos que el largo de las espinas así como su disposición es un carácter taxonómico muy útil para la identificación de los géneros pertenecientes a ésta familia.

Particularmente, con *Sonchus oleraceus* L., se constató lo expuesto por Skvarla y Turner (1996), la presencia de crestas equinadas y el téctum fenestrado caracterizan el polen de este género, y consideramos como Tormo *et al.* (1985), y Blanca *et al.* (1988), que se trata de un género estenopalino, cuyo polen aporta pocos datos a la taxonomía

Al estudiar los granos de polen de *Cupressus lusitánica* Mill. se ha podido constatar que su forma es esferoidal cuando está embebido pero que al secarse, fácilmente se invagina adoptando una forma parecida a la de un molusco bivalvo, como mencionan Sáenz *et al.* (1983).

En el caso de *Rumex crispus* L. discrepamos con Rosas-Alvarado *et al.* (2011) en cuanto a la superficie reticulada de sus granos de polen, ya que en este trabajo se observó una superficie lisa en los granos de polen seleccionados para la descripción.

De las 13 especies estudiadas, encontramos una de la que no tenemos referencias sobre trabajos anteriores, al menos en lo que a morfología polínica se refiere. Así, cabe mencionar que, aunque no encontramos referencias sobre la morfología polínica de: *Salix bonplandiana* Kunth. se observó que su aspecto es muy similar, prácticamente idéntico al de las especies parentales estudiadas por Domínguez *et al.* (1984), Rocha-Estrada *et al.* (2009) y Rosas-Alvarado *et al.* (2011).

Ya que en el análisis morfológico de los granos de polen de las 13 especies trabajadas en este estudio, se observaron diferencias cualitativas y cuantitativas únicas de cada especie. Se considera a igual que Futuyama (1998) que esto es consecuencia de la evolución temporal y espacial del espécimen, que se ve afectada por la selección natural.

Por otro lado al igual que Guido *et al.* (2006), consideramos que el conocimiento de la flora o de la región donde vivimos y de los pólenes que se encuentran en la región (familia, estacionalidad, concentración etc.) es muy útil en el diagnóstico y en el tratamiento de los pacientes polínicos y es un campo en el que biólogos y alergólogos deben trabajar conjuntamente, ya que no existe una alergia genérica al polen, sino que las alergias a los pólenes son específicas de cada planta: por ejemplo, hay personas alérgicas al polen de amaranto, que toleran perfectamente el polen de las gramíneas, personas alérgicas al polen del sauce que toleran el polen del ciprés, etc.

En general se trata de especies cuyos pólenes son citados habitualmente como aerovagantes en numerosos trabajos de aerobiología y calendarios polínicos, por lo que se considera que este trabajo, al ser el primero en su tipo en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y uno de los primeros para la ciudad de Puebla en general, puede ser de gran importancia para futuros trabajos.

9.- Conclusiones

Para algunos taxa se han encontrado diferencias entre los años de estudio, por lo que es necesario realizar futuros estudios de relación entre el polen atmosférico y la meteorología para poder explicar estos cambios.

Se ha podido comprobar que la mayoría de las especies que fueron estudiadas, han sido citadas como alérgenos en gran cantidad de trabajos, aunque son escasos los estudios que incluyen pruebas sobre la capacidad alérgica de las mismas.

Este trabajo de tesis ha dado como resultado el primer material palinológico y el establecimiento de una base de datos digital para la Escuela De Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Por modesta que sea una colección palinológica, cada una de sus muestras es un compendio o una monografía que encierra una vasta información, siendo de gran importancia en museos, escuelas y universidades, por su valor didáctico y docente, por lo que se recomienda la donación de más material palinológico y la creación de una palinoteca así como el mantenimiento del material donado, también que las palinotecas de diferentes universidades en el país intercambien muestras e información, aumentando así sus conocimientos y su colección.

10.- Anexos

10.1 Glosario

Acetólisis.- Técnica de preparación de polen y esporas para su estudio.

Anillo.- Área de la ectexina que rodea un poro y que se diferencia del resto de la superficie por su grosor u ornamentación.

Apertura.- Rotura, adelgazamiento o zona diferenciada del resto de la superficie del polen o la espora.

Cávea.- Cavidad entre sexina y nexina que se extiende hasta los márgenes de los colpos, donde se reúnen, por ejemplo en la familia *Compositae*.

Colpo.- Apertura orientada en sentido longitudinal, cuya longitud es más del doble de la anchura.

Colporo.- Apertura compuesta de un colpo y una o más aperturas en forma de poro.

Colporado.- Se aplica al grano de polen provisto de aperturas compuestas de un colpo y una o más endoaperturas en forma de poro.

Cresta.- Arista prominente más o menos compleja, formada por elementos esculturales que se reúnen lateralmente.

Ectexina.- Capa más externa de la exina.

Equinado.- Con espinas o aguijones.

Equinolofado.- Se aplica a la superficie del grano de polen lofado con las crestas provistas de espinas.

Escábrida.- Se aplica a la superficie del grano de polen cuyos elementos esculturales no sobrepasan 1µm de longitud en todas direcciones.

Estefanoporado.- Que los poros se localizan en una zona, como puede ser el ecuador.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Estenopolínico.- Se aplica a ciertos grupos taxonómicos caracterizados por presentar muy poca variación en los tipos polínicos o esporales.

Estriado.- Con elementos esculturales dispuestos en surcos más o menos paralelos.

Euripolínico.- Se aplica a ciertos grupos taxonómicos caracterizados por presentar amplias variaciones de sus tipos polínicos o esporales. Se opone a estenopolínico.

Exina.- La capa más externa de la pared del grano de polen, constituida por esporopolenina.

Fenestrado.- Dícese del polen semitectado que presenta lagunas o ventanas simétricamente dispuestas.

Gema.- Provisto de elementos esculturales de mayor proyección radial isodiamétricas, altura mayor de 1 μm , anchura igual o mayor que la altura y con la parte basal constreñida.

Gemada.- Provisto de gemas.

Granulosa.- Provisto de elementos esculturales menores a 1 μm , de contorno más o menos redondeado.

Inaperturado.- Desprovisto de aperturas.

Intina.- Capa más interna de la esporodermis que rodea al citoplasma, usualmente poco resistente a la acetólisis por su naturaleza celulósica.

Iso.- Pref. igual.

Isopolar.- Se aplica al grano de polen o a la espora en cuyas caras polar y proximal no hay diferencias.

Lobulado.- Se aplica al polen con el ámbito dividido en gajos o porciones redondeadas.

Lofado.- Se aplica al grano de polen con crestas que rodean depresiones o lagunas.

Lolongado.- Con las endoaperturas alargadas en sentido longitudinal.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Margen.- Área diferenciada de la exina por el grosor o por la ornamentación, que rodea un colpo.

Monoporado.- Con un solo poro.

Nexina.- Parte interna de la exina, lisa, no estructurada, que comprende la base (nexina-1) y la endexina (nexina-2).

Onco.- Engrosamiento de la intina por debajo de la apertura.

Oblato.- Muy ancho. Se aplica al polen cuando la razón eje polar/diámetro es 0.75 – 0.50. Se opone a prolato.

Ornamentación.- Escultura, elementos esculturales.

Operculado.- Provisto de opérculos.

Opérculo.- Porción engrosada de ectexina, más o menos circular que cubre una apertura y que está aislada del resto por una estrecha zona en la que falta completamente

Periporado.- Con poros distribuidos homogéneamente en toda su superficie.

Polen.- Células de forma y dimensión variables, dotadas de una cubierta muy resistente o esporodermis, que se forman dentro de los sacos polínicos del estambre y tienen como misión, una vez formado el microgametófito pluricelular, fecundar el óvulo.

Poliada.- Conjunto de granos de polen de una célula madre cuando se forman en número superior a cuatro.

Porado.- Provisto de endoaperturas en forma de poro.

Poro.- Lugar por donde surge el tubo polínico al germinar el grano de polen, de contorno más o menos isodiamétrico, que suele situarse en un surco germinal.

Prolato.- Se aplica al polen cuando la razón eje polar/diámetro es 2.00 – 1.33. Se opone a oblato.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Psilada.- Se aplica al grano de polen con superficie lisa, sin elementos esculturales que sobresalgan más de $1\mu\text{m}$.

Reticulada.- Se aplica a los granos de polen con muros o crestas que rodean lúmenes de más de $1\mu\text{m}$ de anchura, ordenados conforme a las mayas de una red.

Rugulada.- Se aplica al polen con los elementos esculturales de más de $1\mu\text{m}$ de longitud distribuidos irregularmente por la superficie. Intermedio entre estriado y reticulado.

Subprolato.- Se aplica al polen cuya razón eje polar/diámetro ecuatorial es de 1.14 – $1.33\mu\text{m}$.

Tetracolporado.- Provisto de cuatro colporos.

Tri.- Pref. que denota triplicación.

Verrugosa.- Con la superficie provista de elementos esculturales más anchos que largos de diámetro mayor de 1mm , no puntiagudo y con a base constreñida.

Vesículas.- Espacio libre en el interior de la exina, parcialmente relleno de una infraestructura alveolar.

Zona.- La franja masiva que se extiende por el ecuador de ciertas esporas fósiles.

Zono.- Pref. Que indica la posición ecuatorial de ciertos caracteres, como las aperturas.

Referencias bibliográficas

- Aizen M. A., Raffaele E. 1998. Flowering-shoot defoliation affects pollen grains size and post-pollination pollen performance in *Alstroemeria aurea*. 79:2133-2142.
- Alfaya A. T., Márquez L. 2002. "Chenopodiaceas/Amaranthaceas (Chenopodiaceae/amaranthaceae)". Polinosis, polen y alergia. MRA Ediciones, España. pp. 69-78.
- Bell, C. R. 1959. Mineral nutrition and flower to flower pollen size variation. American Journal of Botany 46 (9): 621-624
- Blackmore S. 2007. Pollen and spores: Microscopic keys to understanding the earth's biodiversity. Springer 263: 3-12
- Blanca G. J., Guirado J. Romero-García A. 1988. Palinología de plantas endémicas del sureste de la Península Ibérica. Actas de palinología, pp. 23-28.
- Bogotá R., Roberto L. 2002. Caracterización palinológica de la familia Celastraceae para Colombia. Botánica-Palinología. 23(1): 269-280.
- Bravo-Hollis H., Sánchez-Mejorada R. H. 1978. Las cactáceas de México. Vol 1, 2ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. pp. 46-57.
- Calderón de Rzedowski G., Rzedowski J. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. Ed., 1ª reimp., Instituto de Ecología A. C. y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), pp. 1406.
- Cariñanos P., Galan C., Alcázar P., Dominguez E. 2010. Airborne pollen records and status of the anemophilous flora in arid areas of the Iberian Peninsula. Journal of Arid Environments 74: 1102-1105.
- César A., Velásquez R. 1999. Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermae. Colciencias, pp. 125.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Charpin D., Hughes B., Mallea M., Sutra J., Balansard G., Vervloet D. 1993. Seasonal allergic symptoms and their relation to pollen exposure in south-east France. *Clin Exp Allergy*, 23: 435-439.

D'Amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano L., Behrendt H. 2007. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*; 62: 976-990.

Dincauze D. F. 2000. *Environmental Archeology: principles and practice*. University of Cambridge Press. Cambridge. pp. 324-326.

Domínguez E., Ubera J., Galán C. 1984. *Polen alergógeno de Córdoba*. Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba.

Eder W., Ege M. J., von Muutius E. 2006. The asthma epidemic. *New England Journal of Medicine*. 355: 226-2235.

Emberlin J., Norris-Hill J. 1991. Diurnal variation of pollen concentration in the air of north-central London. *Grana* 30: 229-234.

Enciso-De S. 1992. Technique of Sample Preparation for Palynological Analysis. *Bol. Depto. Geol. Uni-son*. 9(2): 101-107.

Erdtman, G. 1957. Sobre la terminología del polen y las esporas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agraria*, 6(2): 39- 51.

Erdtman G. 1960. The acetolysis method, a revised description. *Svensk Bot. Tidsk.* 54: 561–564.

Erdtman, G. 1986. *Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms (an introduction to palynology)*. Volumen 1. Alquist y Wiksell. Estocolmo, Suecia. 1063 pp.

Faegri K., Iversen J. 1950. *Textbook of modern pollen analysis*. Munksgaard. Copenhagen. 709 pp.

Faegri K., Iversen J. 1989. *Textbook of pollen analysis*. Scandinavian University Copenhagen, Denmark. 709 pp.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Futuyma D. 1998. *Evolutionary Biology*. Third Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers, USA. 763 pp.

Graham A. 1998. *Studies in Neotropical Paleobotany*. XI. Late Tertiary Vegetation and Environments of Southeastern Guatemala: Palynofloras from the Mio-Pliocene Padre Miguel group and the Pliocene Herrería Formation. *American Journal of Botany* 85(10): 1409-1425.

Guidos G. 2006. Polinosis y aeroalérgenos. *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas*. 14: 2 52-55.

Hyde H. 1959. Atmospheric pollen in relation to and use. *Nature* 183: 1694-1695.

Ianovici N., Juhasz M., Kofol-Seliger A. 2009. Comparative analysis of some vernal pollen concentrations in Timisoara (Romania), Szeged (Hungary), Novi Sad (Serbia). *Natulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37(2) 49-56.

Ianovici N., Bunu C., Brudiu I. 2013. Analysis of airborne allergenic pollen spectrum for 2009 in Timisoara, Romania. *Springer*. 29: 95-111.

Jaramillo C., Rueda M., Mora G. 2006. Cenozoic plant diversity in the Neotropics. *Science*. 311: 1893-1896.

Kasprzyk I., Sulborska A., Nowak M., Szymańska A., Kaczmarek J., Haratym W., Jedryczka M. 2012. *Alternaria* Conidiospores sampled at different geographical locations in Poland (2010-2011). *Acta Agrobotánica*. 66(1): 65-76.

Kholer F., Kolcher Ch., Patris A., Grilliat J. 1983. Fréquence de l'allergie pollinique chez les agriculteurs par rapport aux autres catégories socio-professionnelles. *Rev Fr Allergie*, 23: 3119-3124.

King T. P., Norman P. S. 1986. Standardized extracts of weeds. *Clin. Rev. Allergy*, 4: 425-433.

Kremp G. O. 1965. *Morphologic encyclopedia of Palynology*. The University of Arizona Press, Tucson. pp. 263.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Latorre F., Romero J., Mancini M. V. 2008. Comparative study of different methods for capturing airborne pollen, and effects of vegetation and meteorological variables. *Aerobiología* 24: 107-120.

Lewis W., Vinay P., Zenger V. E. 1983. Airborne and allergenic pollen of North America. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, pp. 1023.

Macchia L., Caiaffa M., D'Amato G. Tursi A. 1991. Allergenic Significance of Oleaceae Pollen. Pp. 79.

Magdalena Ma., Solano E. 2011. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Departamento de Botánica. Instituto de Biología, UNAM. 87: 1-14.

Makra L., Juhász M., Milka J., Batzokas A., Béczi R., Sümeghy Z. 2007. Relationship between the Péczeley's large-scale weathertypes and airborne pollen grain concentration for Szeged, Hungary. *Grana*; 46: 43-56.

Matthiesen F., Ipsen H., Lowenstein H. 1991. Pollen Allergens. En D'Amato G., Spiekma M., Bonnini S. 1991. Allergenic pollen and polinosis in Europe: Blackwell Scientific Publications. Pp. 87-93.

Miranda F., Hernández X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín sociedad botánica México*. 28: 28-79.

Oxman B. 2011. Aplicación de análisis polínicos a casos arqueológicos: perspectivas actuales, precauciones metodológicas y algunas cuestiones interpretativas. *La Zaranda de ideas*. 7: 81-89.

Palacios L. 2011. Cambio en la vegetación y en el clima en áreas estuarinas del norte del Caribe colombiano. Tesis de grado para optar al título de Magister en Ciencias-Biología con énfasis en la línea de investigación en palinología y paleoecología. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. 2-4

Pekonen E., Rantio- Lehtmakl A. 1994. Variations in airborne pollen antigenic particles caused by meteorologic factors. *Allergy* 49: 472-477.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Puc M., y Puc M. I. 2004. Allergenic airborne grass pollen in Szezecin, Poland. *Annals of agricultural Enviromental Medicine*. 11: 237-244.

Pla Dalmau J. M. 1961. *Polen. Talleres gráficos*. D. C. P. Gerona, España. pp. 36.

Punt W., Blackmore S., Nilsson T. 1994. *Glossary of pollen and spore terminology*. IPP Foundation. (LPP contributions series no.1), Utrech. Suecia. Pp. 71.

Quiñónez, J. 1992. *Descripción Ilustrada del Polen de Árboles y Arbustos de un Bosque Sub-tropical muy Húmedo de Escuintla, Guatemala, con una clave dicotómica para las especies*. Tesis de Grado Biología. UVG, Guatemala. Pp. 10-13.

Redonda-Martínez R., Villaseñor-Ríos J. 2011. *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Departamento de Botánica. Instituto de Biología, UNAM. México. 89: 1-64.

Reyes M., Martínez M. 2003. *Clasificación de los tipos de vegetación de México*. Edit. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Pp. 148.

Rocha-Estrada A., Alvarado M., Foroughbackhch R., Hernández J. 2009. *Polen atmosférico de importancia alérgica en el área metropolitana de Monterrey (Nuevo León, México), durante el periodo marzo 2003-febrero 2005*. *Polibotánica* 28: 191-212.

Rodríguez-Rajo F., Iglesias I., Jato V. 2004. *Allergenic airborne pollen monitoring of Vigo (NW Spain) in 1995-2001*. *Grana* 43: 164-173.

Rodríguez-Rajo F., Fdez-Sevilla D., Stach a., Victoria J. 2010. *Assessment between pollen seasons in areas with different urbanization level related to local vegetation sources and differences in allergen exposure*. *Aerobiología* 26: 1-14.

Rosas-Alvarado A., Bautista-Huerta M., Velázquez-Sámamo G. 2011. *Atlas de los pólenes alérgicos de mayor relevancia en México*. *Revista Alergia México*; 58(3): 162-170.

Rzedowski J. 1978. *La vegetación de México*. Editorial. Limusa, México. Pp. 1406.

Sánchez-Vindas P. 1990. *Flora de Veracruz*. Instituto de Ecología A. C. y Universidad de California at Riverside. 62:1-15.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Sáenz L., Gutiérrez M. 1983. El contenido polínico de la atmósfera de Madrid. *Anales Jardín. Botánica. Madrid* 39(2): 433-463.

Sáenz L. 1997. *Polen y esporas (Introducción a la palinología y vocabulario palinológico)*. H. Blume Ediciones, Madrid. Pp. 589.

Sáenz L. C. 2004. Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*. 25: 93-112.

Singh A. B., Kumar P. 2003. "Aeroalergens in clinical practice of allergy in India. An overview". *Ann. Agriculture Enviromental Medicine*. 10: 131-136.

Skvarla J. J., Turner B. 1996. Systematic implications from electron microscopic studies of Compositae pollen. A review. *Ann. Missouri Bot Gard*. 53(2): 220-256.

Sofiev M., Bousquet J., Linkosalo T., Ranta H., Rantio-Lehtimaki A., Siljami P., Valovirta E. 2009. *Pollen, Allergies and Adaptation*. Springer Science. 5: 75-99.

Soltis P., Soltis D. 2004. The origin and diversification of angiosperms. *American Journal of Botany*. 91(10): 1614-1626.

Solomon W., Platts-Mills A. 1998. Aerobiology and inhalant allergens. *Allergy: Principles and practice*. (5): 367-404.

Spieksma F. Th. M. 1991. Regional European Pollen Calendars. En G. D'Amato. F. Th. M. Spieksma & S. Bonnini editores. *Allergenic pollen ad polinosis in Europe*. Blackwell Scientific Publicatios. Pp. 49-65.

Stillman E., Flenley J. 1996. The needs and prospects for features for automation in palynology. *Quaternary Science Reviews*. 15: 1-5.

Subiza J., Jerez M., Jiménez J. 1998. Pólenes alérgicos y polinosis en 12 ciudades españolas. *Revista. España Alergología Inmunología Clínica*. 13: 45-58.

Tak-cheung L., Stephenson A. G. 1994. Effects of soil phosphorus on pollen production, pollen size, pollen phosphorus content, and the ability to sire seeds in *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). *American Journal of Botany*. 80: 763-768.

Descripción morfológica del polen de 13 especies de plantas de importancia alérgica.

Terán L., Haselbarth-López M., Quiroz-García D. 2009. Alergia, pólenes y medio ambiente. *Gaceta Médica México*. 145: 3 215-218.

Tormo R., Ubera J. L., Domínguez E. 1985. Contribución al estudio palinológico del género *Senecio* L. *anales asoc. Palinol. Leng. Esp.*, 2: 169-176.

Torres-Colín A., Delgado-Salinas A. 2008. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Departamento de Botánica Instituto de Biología, UNAM. 59: 1-52.

Trigo Mar M., Fernández I. 1994. Contribución al estudio polínico de especies ornamentales con interés alérgico cultivadas en Málaga: Dicotiledóneas. *Acta Botánica Malacitana* 19: 145-168.

Weisel Y., Ganor E., Glikman M., Epstein V. 1997. Seasonal distribution of airborne pollen in the coastal plain of Israel. *Aerobiología* 13. 127-134.

Páginas web:

CONABIO. (2013, 15 de agosto). Herbario virtual de CONABIO (HVC). [www.conabio.gob.mx] recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/otros/cgi-bin/herbario.cgi>

INEGI. (2011, 23 de septiembre). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. [www3.inegi.org.mx] recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21114.pdf>