

## LLUVIA DE POLEN DE LA CIUDAD DE OAXACA, MÉXICO

Ángel Osorio-Pascual

David Leonor Quiroz-García

*Laboratorio de Palinología, Departamento de Botánica**Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN.**Carpio y Plan de Ayala, Col. Casco de Santo Tomás**Del. Miguel Hidalgo 11340 México, DF**Correo electrónico: osorioangel@yahoo.com.mx; dlquirozgar@yahoo.com.mx*

## RESUMEN

Con el propósito de determinar los tipos polínicos presentes en la atmósfera de la ciudad de Oaxaca y sus alrededores, se analizó la lluvia de polen de este lugar. Se establecieron 11 sitios de colecta: tres parques de la ciudad y ocho localidades de los alrededores. Las muestras se acetolizaron y se observaron al microscopio óptico. Se obtuvieron los espectros polínicos para cada sitio de colecta y se aplicaron métodos de clasificación y ordenación. Se reconocieron 39 tipos polínicos; nueve se determinaron a nivel de familia, 26 a nivel de género y cuatro a nivel de especie. El polen de los géneros *Pinus*, *Alnus*, *Quercus* y *Cupressus*, así como el de las familias Asteraceae, Poaceae y el tipo Amaranthaceae-Chenopodiaceae, se encontró en todas las muestras. El estrato mejor representado fue el arbóreo. Del total de tipos polínicos hallados, 17 son potencialmente alergénicos.

**Palabras clave:** lluvia de polen, tipos polínicos, ciudad de Oaxaca, alergias.

## ABSTRACT

Pollen rain from Oaxaca city and its surroundings was analyzed in order to determine the

airborne plant taxa. There were established 11 collect sites: three parks in the city and eight localities in the outskirts. All samples were acetolyzed and observed under optical microscope. The pollen spectra for each place were obtained and there were applied classification and ordering methods. A total of 39 pollen types were recognized, nine of them were identified to family level, 26 to genus and four to species level. The pollen from *Pinus*, *Alnus*, *Quercus* and *Cupressus* genus as well as families Asteraceae, Poaceae and Amaranthaceae-Chenopodiaceae type were found in all samples. Pollen grains from the arboreal stratum were the best represented. Seventeen pollen types are potentially allergenic.

**Key words:** pollen rain, pollen types, Oaxaca city, allergies.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios de lluvia de polen actual son de importancia en diversas ramas de las ciencias biológicas y geológicas (Palacios-Chávez, 1977). La lluvia de polen de un tipo determinado de vegetación consiste de una mezcla de granos de las especies presentes en la comunidad, y/o acarreados de lugares aledaños en proporciones que pueden ser o

no similares a las de las especies productoras (Tejero-Díez *et al.*, 1988).

La dispersión de los granos es uno de los factores que más afecta la composición de la lluvia de polen, ya que la mayor parte del polen presenta dispersión por viento (anemófila) y el resto de los granos pueden ser dispersados por insectos (entomófila), o por la expulsión como consecuencia de mecanismos propios de la planta que los produce (Limón, 1980).

La dispersión y depositación del polen difiere no sólo por sus características intrínsecas, sino también de acuerdo con variables externas, relacionadas con la topografía y las condiciones climáticas de la región (Trivi *et al.*, 2006).

Para llevar a cabo estudios de lluvia de polen actual se analizan muestras depositadas sobre musgo y líquenes (Hevly *et al.*, 1965; Acosta-Castellanos, 1999; Islebe *et al.*, 2001) o bromelias (*Tillandsia*) (Lozano-García, 1984; Montúfar-López, 1985). También se emplean muestras de polen atmosférico, obtenidas mediante la colocación de dispositivos artificiales, tales como filtros o portaobjetos con petrolato y aceite mineral (Sáenz-Lain, 1978). Este tipo de investigaciones se ha realizado principalmente en Estados Unidos y Europa (Carroll, 1943; Davis y Goodlett, 1960; Janssen, 1967; Lamb, 1984).

En México, Salazar-Mallén (1940) fue quien inició estudios similares al analizar el polen atmosférico de la ciudad de México. En épocas más recientes, Palacios-Chávez (1977) analizó la lluvia de polen de los principales tipos de vegetación del Valle de México utilizando musgos y líquenes. Limón (1980)

estudió la vegetación y la lluvia de polen del cerro Tetépetl en el Estado de México y comprobó que el musgo, más que el suelo, capta una mayor cantidad de tipos polínicos distintos. En la región de San Luis Potosí, México, Lozano-García (1984) analizó la lluvia de polen en nueve tipos de vegetación, empleando muestras de suelo.

Montúfar-López (1985), comparó la depositación de los granos de polen sobre bromelias, musgo y suelo superficial en cinco comunidades vegetales de Chiapas, México. Por su parte, Tejero-Díez *et al.* (1988) analizaron la lluvia de polen en un gradiente altitudinal con vegetación de clima templado en el Estado de México. Del mismo modo, Acosta-Castellanos (1999) analizó la lluvia de polen en un gradiente altitudinal, de los 1 500 a los 3 000 m en la Sierra Norte del estado de Oaxaca; estudió 15 muestras de seis tipos de vegetación.

De acuerdo con Palacios-Chávez (1977), los datos obtenidos al analizar la lluvia de polen actual tiene aplicación en la medicina, ya que se pueden identificar los granos de polen capaces de producir alergias. Actualmente, en Europa y Estados Unidos se trabaja para determinar los alérgenos más comunes en cada región. En nuestro país existen algunos trabajos al respecto como los de Salazar-Coria (1995), quien halló para la zona sur de la ciudad de México 24 taxa para la época de secas y nueve para la época de lluvias. Por su parte, Ramírez-Arriaga *et al.* (1995), registraron 80 tipos polínicos y determinaron 50 de ellos para el periodo junio-noviembre. Bronillet (1992) determinó en la zona norte de la ciudad de México, 24 taxa; para la temporada seca registró los 24, mientras que en la época de lluvias sólo 17.

Con este trabajo se pretende determinar la composición de la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca y sus alrededores, a partir de muestras de heno obtenidas durante la temporada seca; posteriormente comparar los espectros polínicos de cada uno de los sitios de muestreo, determinar si la lluvia de polen es homogénea para toda el área de estudio, proporcionar un listado del polen con capacidad alergénica del área de estudio y elaborar una clave palinológica para reconocer el polen presente en la atmósfera de la ciudad de Oaxaca.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la ciudad de Oaxaca de Juárez y sus alrededores. La ciudad se ubica en la cuenca del río Atoyac, en los valles centrales del estado de Oaxaca; sus coordenadas extremas son: latitud 17°06'04" N - 17°02'24" N y longitud 96°42'15" W - 96°45'02" W. Posee una altitud promedio de 1 550 m.s.n.m. Del total de su territorio, el 40.4% corresponde a la mancha urbana, un 34.48% se destina a usos agropecuarios, 20.79% se conforma por bosques de encino y pino, y el 4.32% por bosque tropical caducifolio. Su superficie es de 85.48 km<sup>2</sup>, la cual representa el 0.01% del total del estado y el 12.7% de los 527.24 km<sup>2</sup> del territorio de los 18 municipios aledaños (Díaz-Ortega, 2005).

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2002), en el área de estudio se distinguen complejas sierras y montañas que rodean al valle con alturas promedio de 2 700 m.s.n.m., constituidas por rocas metamórficas, cuarzo y feldespato del Precámbrico. Alfaro-Sánchez (2004) menciona que el distrito centro, que incluye a la ciudad de Oaxaca, está formado por las siguientes

unidades de suelo: Regosol 43%, Vertisol 29%, Acrisol 12%, Luvisol 8%, Litosol 6%, Feozem 1% y Fluvisol 1%.

El estado de Oaxaca es influenciado por tres flujos eólicos predominantes: un viento de noreste a norte de octubre a febrero, un viento del este de marzo a mayo, y un viento alisio de junio a septiembre (Elliott *et al.*, 2004). La época de lluvia de la ciudad de Oaxaca está comprendida entre los meses de mayo y octubre. La precipitación anual fluctúa entre los 590 y 754 mm (Velázquez-Sánchez, 1995). La temperatura media anual es de 19.7°C, con temperaturas máximas de marzo a junio, y mínimas en los meses de noviembre a febrero. La fórmula climática de la ciudad de Oaxaca es BS1hw(w)igw" (García, 2004).

En la ciudad de Oaxaca, la influencia de la altitud promueve la presencia de climas semicálidos subhúmedos (A)C(wo), semiáridos templados BS1kw (en las partes bajas), hasta templados subhúmedos C(wo) en las sierras circundantes (Trejo, 2004), donde la temperatura media anual es mayor de 18°C y la del mes más frío menor de 18°C García (*op. cit.*).

Saynes (1989) señala en su estudio florístico de la vertiente S de la sierra de San Felipe (localizada al norte de la ciudad de Oaxaca de Juárez), 437 especies de fanerógamas. Menciona que el bosque de *Quercus* se encuentra entre los 1 600 y hasta los 2 500 m.s.n.m., y pueden reconocerse: *Q. castanea*, *Q. conzattii*, *Q. crassifolia*, *Q. laurina*, *Acacia angustissima*, *Arctostaphylos conzattii*, *A. polifolia*, *A. pungens*, *Buddleia cordata*, *Bursera bipinnata*, *Cnidocolus multilobus*, *Galphimia glauca*, *Leucaena diversifolia*, *Malvaviscus arboreus*, *Mimo-*

*sa albida*, *Monnina xalapensis*, *Solanum hispidum*, *Tecoma stans*, *Verbesina perymenioides*, *Wigandia urens* y *Zanthoxylum liebmannianum*. A altitudes mayores a los 2 500 m se observa una mezcla con bosques de *Pinus*.

El bosque de *Pinus* es una comunidad constituida básicamente por especies del género *Pinus* que se establece entre los 2 750 y 3 200 m.s.n.m., dominada por *Pinus rudis* y a medida que se desciende se encuentran elementos de *P. hartwegii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oaxacana*, *P. tenuifolia* y *P. teocote*. En esta comunidad también se observan las siguientes especies: *Alnus* sp., *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos lucida*, *Fuchsia* sp., *Litsea glauscescens*, *Satureja macrostemma*, *Alchemilla procumbens*, *Arenaria lycopodioides*, *Penstemon gentianoides*, *Phacelia platicarpa*, *Senecio bracteatus*, *Weldenia candida*, *Bidens triplinervia*, *Muhlenbergia* sp. *Psacalium peltatum*, *Stevia jorullensis*, *Tigridia orthantha* y *Vicia pulchella*.

Saynes (1989) menciona que existen zonas que tienen mucho tiempo de haber sido abandonadas y se pueden distinguir como pastizal, destacando especies como: *Bouteloua hirsuta* y *B. repens*, *Acacia pennatula*, *Calliandra grandiflora*, *Dodonaea viscosa*, *Eysenhardtia polystachia* y *Opuntia guatemalensis*, *Botriochloa barbinodis*, *Bouteloua curtispindula*, *Milla biflora*, *Paspalum conjugatum*, *Pectis prostrata*, *Poa anua*, *Setaria geniculata*, *Simsia sanguinea* y *Zornia thymifolia*.

Con respecto a la vegetación de Monte Albán, ubicada al SW de la ciudad de Oaxaca, Martínez y Ojeda (2004) señalan que corres-

ponde a una selva baja caducifolia (bosque tropical caducifolio), que presenta un alto grado de perturbación, ya que solamente se encuentra un pequeño manchón de selva al sur del cerro de Monte Albán. De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 1984), en la zona se hallan especies como: *Bursera* sp., *B. fagaroides*, *B. schlechtendalii*, *B. simaruba*, *Ceiba* sp., *Stenocereus* sp., *Cephalocereus* sp., *Cassia emarginata*, *Ipomoea wolcottiana*, *Gaultheria acuminata*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Quercus acutifolia*, *Acacia cymbispina*, *Lysiloma divaricata*, *Mimosa* sp. y *Bouvardia ternifolia*.

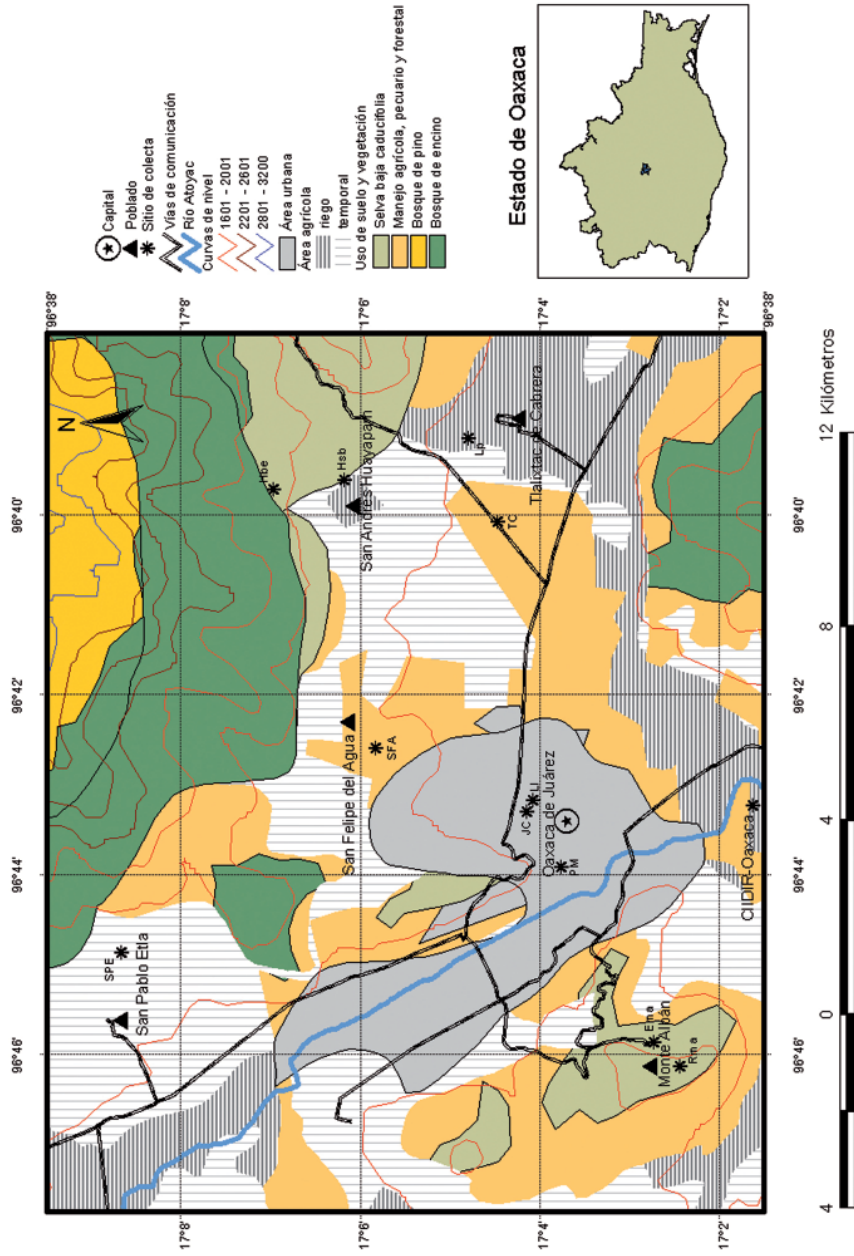
El área de estudio incluye tres sitios de muestreo en áreas verdes de la ciudad y ocho puntos externos, localizados en San Pablo Etla, Tlaxiáctac de Cabrera, San Andrés Huayápam, San Felipe del Agua y Monte Albán. De cada localidad se obtuvieron las coordenadas geográficas con ayuda de un GPS (tabla 1). Estos puntos sirvieron para elaborar la cartografía digital con el Sistema de Información Geográfico Arc View 3.2 (Environmental Systems Research Institute, 1996) (Fig.1).

Las muestras se colectaron en la época seca del año, entre el 15 de enero y el 4 de febrero de 2007. En cada una de las localidades se colectaron bromelias (sólo en Huayápam, en donde existe un bosque de encinos se colectó musgo) a fin de comparar los diferentes espectros polínicos. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico, se etiquetaron y trasladaron al Laboratorio de Palinología del Departamento de Botánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), en donde se lavaron con agua destilada y se tamizaron con la finalidad de eliminar las

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de los 11 sitios de colecta.

Sitios de colecta		Coordenadas geográficas		
		Latitud (N)	Longitud (W)	Altitud (m.s.n.m.)
1	San Pablo Etla	17°08'39.7"	96°44'51.4"	1 559
1	Tlaxiatac de Cabrera	17°04'28.1"	96°40'3.6"	1 629
1	Las Presas	17°04'48"	96°39'8.4"	1 634
1	San Felipe del Agua	17°05'49.5"	96°42'35"	1 655
2	Huayápam	17°05'58.5"	96°39'24.8"	1 670
2	Estacionamiento de Monte Albán	17°02'43.8"	96°45'51.1"	1 902
2	Ruinas de Monte Albán	17°02'26.1"	96°46'7"	1 919
3	Huayápam Bosque de Encinos	17°06'54.2"	96°39'38.8"	1 918
4	Jardín Conzatti	17°04'8.7"	96°43'17"	1 570
4	Jardín Morelos	17°03'45.6"	96°43'54.4"	1 580
4	Parque El Llano	17°04'4.9"	96°43'9.5"	1 569

1) Vegetación secundaria; 2) Bosque tropical caducifolio; 3) Bosque de encino; 4) Áreas verdes (Jardines).



**Fig. 1.** Ubicación geográfica del área de estudio. Se observan los sitios de colecta, tipos de vegetación y la localización del área en el estado.

partículas gruesas, los residuos vegetales y obtener la mayor cantidad de granos de polen.

El polen fue separado por centrifugación y se acetolizó de acuerdo con el método de Erdtman (1952). Una vez concentrado el polen, se elaboraron preparaciones utilizando como medio de montaje gelatina glicerizada con color, que se observaron con un microscopio óptico con el objetivo de 100X. En cada muestra se efectuó el conteo de aproximadamente 300 granos y posteriormente se elaboraron los espectros polínicos para cada uno de los sitios.

La determinación de los granos de polen se llevó a cabo utilizando las descripciones de los textos de Erdtman (1952), Tseng-Cheng (1972), Roubik y Moreno (1991), así como por comparación con las preparaciones con que cuenta la Palinoteca del Departamento de Botánica de la ENCB y la colección de referencia que se elaboró. También se utilizaron las fotomicrografías y descripciones que se presentan en trabajos palinológicos de floras regionales del país (Palacios-Chávez, 1967; González-Quintero, 1969; Palacios-Chávez, *et al.*, 1991).

La descripción morfológica de los granos de polen se realizó considerando: la asociación, la forma, la simetría, la polaridad, el contorno polar y ecuatorial, el tipo de abertura, la ornamentación y el tamaño. Estos datos permitieron elaborar la clave de identificación del polen presente en la atmósfera del área de estudio.

Para evaluar de manera cuantitativa la similitud entre los sitios y determinar a partir de los espectros polínicos los taxa que caracterizan las lluvias de polen de las diferentes

localidades del área de estudio, se aplicaron métodos de clasificación y ordenación, como son el análisis de agrupamiento y análisis de correspondencia, con el *software* NTSYS-pc 2.0 (Rohlf, 1993).

El análisis de agrupamiento se realizó empleando datos cuantitativos de la composición polínica de cada sitio. Se compararon los 11 sitios de muestreo por medio del coeficiente de similitud de Manhattan y el método de agrupación de promedios no ponderados (UPGMA). A partir de la matriz de similitud se construyó un dendrograma.

El ordenamiento por análisis de correspondencia se realizó con los valores porcentuales obtenidos para cada taxón en las diferentes localidades.

## RESULTADOS

Se reconocieron 39 tipos polínicos distintos, nueve se determinaron a nivel de familia, 26 a nivel de género y cuatro a nivel de especie. La muestra que presentó la mayor diversidad, con 21 tipos polínicos, fue la que se obtuvo en el estacionamiento de Monte Albán, mientras que en las muestras obtenidas en los jardines Morelos y Conzatti, sólo se observaron 12. En la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca y sus alrededores se encontraron 17 tipos polínicos capaces de producir alguna reacción alérgica (tabla 2).

En el diagrama polínico porcentual (Fig. 2), se observa la presencia y proporción que cada uno de los 39 tipos polínicos alcanzó en las 11 localidades. Destacan la abundancia de granos de *Pinus* y esporas de *Phlebotium* en Huayápam Bosque de Encinos, *Casuari-*

**Tabla 2.** Tipos polínicos identificados en cada una de las localidades del área de estudio.

Tipos polínicos observados	Estrato		SPE	TC	LP	SFA	H	MAE	MAR	HBE	JC	JM	LI
	PA	PNA											
Agavaceae								1.1					
Amaranthaceae-Chenopodiaceae			2.4	3.6	0.7	3.4	6.1	1.1	4.2	0.6	2.8	1.4	1.9
<i>Rhus</i> sp.				0.7			1.0						4.1
<i>Spondias</i> sp.				0.7				1.4					
Asteraceae			8.6	20.1	9.6	2.7	20.4	14.1	9.3	5.1	3.5	2.9	5.7
<i>Athrus</i> sp.			13.1	7.9	17.8	13.1	10.0	12.7	13.8	4.1	8.7	11.4	8.3
<i>P. ellipticum</i>					0.4								
<i>Tillandsia</i> sp.				3.2	7.0			1.4	0.3	0.6	4.2		0.6
<i>Bursera</i> spp.			9.6		3.7	3.0	1.9	7.4	3.9	1.0			0.6
<i>Cassia</i> sp.			0.7										
<i>Caesalpinia</i> sp.			0.3										
<i>Casuarina</i> sp.			15.1	2.2	15.6	10.7	1.6	2.5	3.9		45.8	3.2	33.0
<i>Cupressus</i> sp.			4.5	1.4	3.0	3.4	1.6	2.8	7.2	1.0	1.4	2.5	1.6
<i>Arctostaphylos</i> sp.										2.5			
<i>Euphorbia</i> sp.								0.7					
Fabaceae				0.4	1.1			0.4					
<i>Quercus</i> spp.			8.2	4.3	7.4	4.4	3.6	16.6	16.2	9.2	6.6	5.7	7.3
<i>Carya</i> sp.			0.3		1.5					1.0			
<i>Acacia</i> sp.			0.3					0.4	0.6				
<i>Prosopis</i> sp.				0.7									
<i>Mimosa</i> sp.									0.3				

PA, polen arbóreo; PNA, polen no arbóreo; AI, polen con potencial alergénico. SPE, San Pablo Etla; TC, Tlaxitlac de Cabrera; LP, Las Presas; SFA, San Felipe del Agua; H, Huayápam; MAE, Monte Albán (estacionamiento); MAR, Monte Albán (ruinas); HBE, Huayápam Bosque de Encinos; JC, jardín Conzatti; JM, jardín Morelos; LI, parque El Llano.



Tabla 2. Continuación.

Tipos polínicos observados	Estrato		SPE	TC	LP	SFA	H	MAE	MAR	HBE	JC	JM	LJ
	PA	PNA											
<i>Ficus</i> sp.						1.3						25.6	
<i>Eucalyptus</i> sp.			2.1	28.3	1.1	5.4	19.1	0.7	1.8		3.2	1.8	3.5
<i>Fraxinus uhdei</i>			3.1	1.4	1.1	5.7	2.3	0.7	0.6		4.2	30.6	5.7
<i>Ligustrum lucidum</i>												0.4	
<i>Pinus</i> spp.			15.1	17.6	19.6	17.5	21.7	24.7	26.1	36.3	9.1	10.0	15.9
Poaceae			12.7	6.8	8.1	25.2	5.8	6.7	8.1	5.4	8.0	4.6	8.3
<i>Phlebotidium</i> sp.										26.1			
<i>Espora cheilanthoide</i>										4.8			
Rosaceae			1.4			1.7			0.3				0.6
<i>Prunus</i> sp.				0.4									
Rubiaceae								0.7		2.2			
<i>Salix</i> sp.			0.7				1.3		1.2				0.3
<i>Populus</i> sp.			1.4		2.2		3.6	0.7	0.9		2.5		0.6
<i>Schinus molle</i>						2.7							0.6
<i>Serjania</i> sp.				0.4									
<i>Heliocharpus</i> sp.			0.3					0.7					
Ulmaceae													0.6
Urticaceae								2.8	1.2				0.6

PA, polen arbóreo; PNA, polen no arbóreo; AI, polen con potencial alergénico. SPE, San Pablo Etla; TC, Tlaxiactac de Cabrera; LP, Las Presas; SFA, San Felipe del Agua; H, Huayápam; MAE, Monte Albán (estacionamiento); MAR, Monte Albán (ruinas); HBE, Huayápam Bosque de Encinos; JC, jardín Conzatti; JM, jardín Morelos; LJ, parque El Llano.



na en el jardín Conzatti, *Alnus* en Las Presas, Asteraceae y *Eucalyptus* en Huayápam y Tlalixtac de Cabrera, Poaceae en San Felipe del Agua, *Quercus* en las dos localidades de Monte Albán, *Fraxinus* y *Ficus* en el jardín Morelos y *Bursera* en San Pablo Etla.

Con la finalidad de analizar la producción polínica por estratos, se separó el polen arbóreo (PA) del no arbóreo (PNA). El polen arbóreo estuvo determinado por 27 tipos polínicos y representó el 73.43% del polen total contado, destacando por su abundancia: *Pinus* spp., *Casuarina* sp., *Alnus* sp., *Quercus* spp., *Eucalyptus* sp., *Fraxinus uhdei*, *Bursera* spp. y *Cupressus* sp. Al polen no arbóreo pertenecen 12 tipos polínicos que representan el 26.56%, entre los que se encuentran: Asteraceae, Poaceae y *Phlebodium* sp.

En el dendrograma (Fig. 3) se aprecia la formación de tres grupos. El primer grupo (I), está integrado por las localidades de Huayápam y Tlalixtac de Cabrera, que coinciden en 11 tipos polínicos y muestran una elevada proporción de polen de Asteraceae y *Eucalyptus*.

El segundo grupo (II), se forma por dos subgrupos (a y b); el subgrupo (a) es el que presenta la mayor afinidad entre los sitios. Está integrado por las dos localidades de Monte Albán que coinciden en 15 tipos polínicos similares; el subgrupo (b) lo integran las localidades San Pablo Etla y Las Presas, que comparten 11 tipos polínicos y muestran proporciones semejantes para *Pinus*, *Casuarina* y *Alnus*. De forma independiente al grupo (II) se une la localidad de San Felipe del Agua, que presentó la mayor proporción de granos de polen de Poaceae.

El tercer grupo (III), está integrado por el parque El Llano y el jardín Conzatti que coinciden en 12 tipos polínicos y presentan proporciones elevadas de granos de polen de *Casuarina*. De manera independiente a estos grupos, se unen las localidades jardín Morelos y Huayápam Bosque de Encinos. En el jardín Morelos aumentó notablemente la proporción de granos de polen de *Fraxinus* y *Ficus*.

De acuerdo con el análisis, la localidad más disímil en cuanto a su composición polínica fue Huayápam Bosque de Encinos, no por su riqueza, sino porque fue la única muestra en la que no se hallaron granos de polen de *Casuarina*, *Eucalyptus* y *Fraxinus*, también la única que presentó esporas de Pteridofitas y polen de Arctostaphylos.

Para la lluvia de polen del área de estudio, los dos primeros ejes de correspondencia explicaron el 56.71% de la varianza acumulada. El primer eje explica el 30.46% de la varianza y ordenó la mayoría de los sitios en un conglomerado central, integrado por Tlalixtac de Cabrera y Huayápam, las dos localidades de Monte Albán, San Pablo Etla, Las Presas, el parque El Llano y el jardín Conzatti. En los extremos se encuentran el jardín Morelos y Huayápam Bosque de Encinos (Fig. 4).

Por otra parte, la ordenación de los taxa (Fig. 5) permitió evidenciar a los géneros responsables de la formación del grupo central y de la separación de las localidades jardín Morelos y Huayápam Bosque de Encinos. De acuerdo con este análisis, el grupo central incluyó el mayor número de taxa como: *Eucalyptus*, *Casuarina*, Poaceae, *Populus*, *Prosopis*, *Prunus*, *Serjania*, *Rhus* y Ulmaceae; algunos de ellos característi-

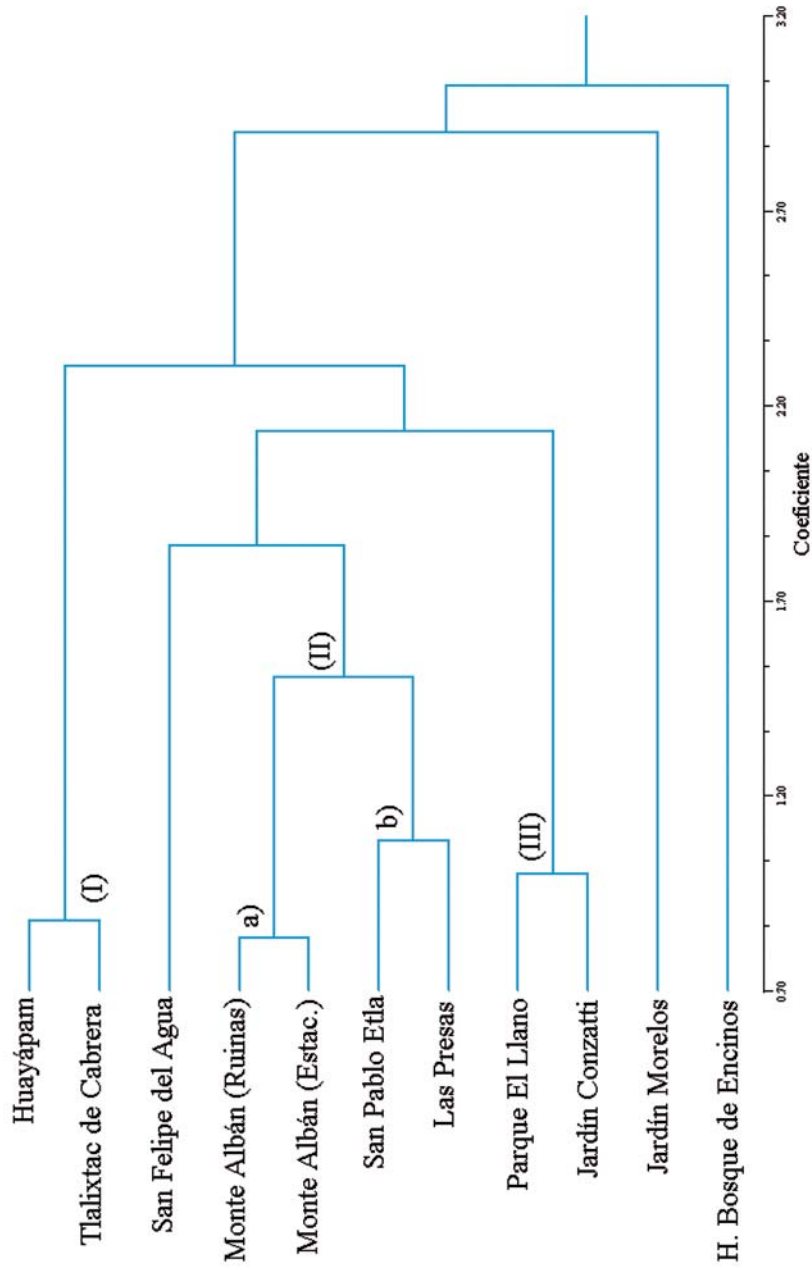
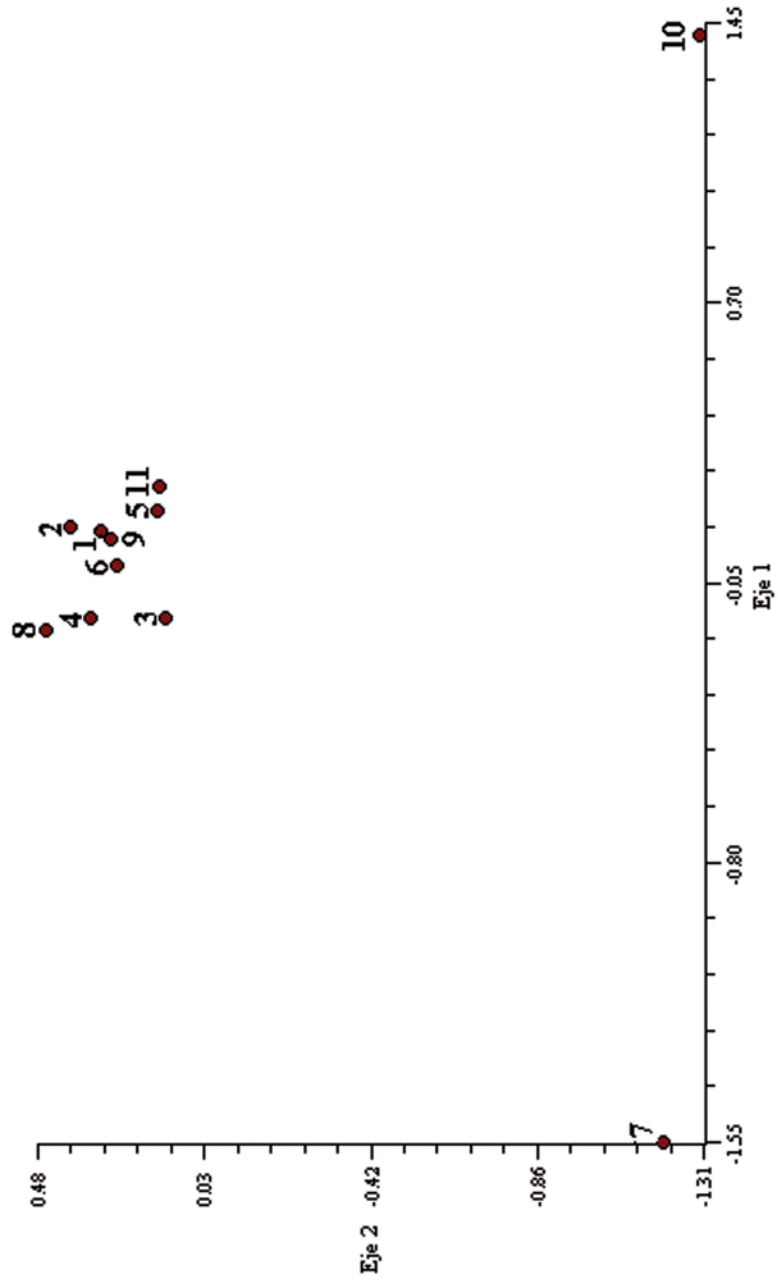


Fig. 3. Dendrograma de los sitios, elaborado usando el método UPGMA sobre una matriz de distancia de Manhattan.



**Fig. 4.** Ordenación de los sitios en los dos primeros ejes de correspondencia.  
1. Huayápam, 2. Tlalixtac de Cabrera, 3. San Felipe del Agua, 4. Parque el Llano, 5. Monte Albán (ruinas), 6. San Pablo Etla, 7. Jardín Morelos, 8. Jardín Conzatti, 9. Las Presas, 10. Huayápam Bosque de Encinos, 11. Monte Albán (estacionamiento).

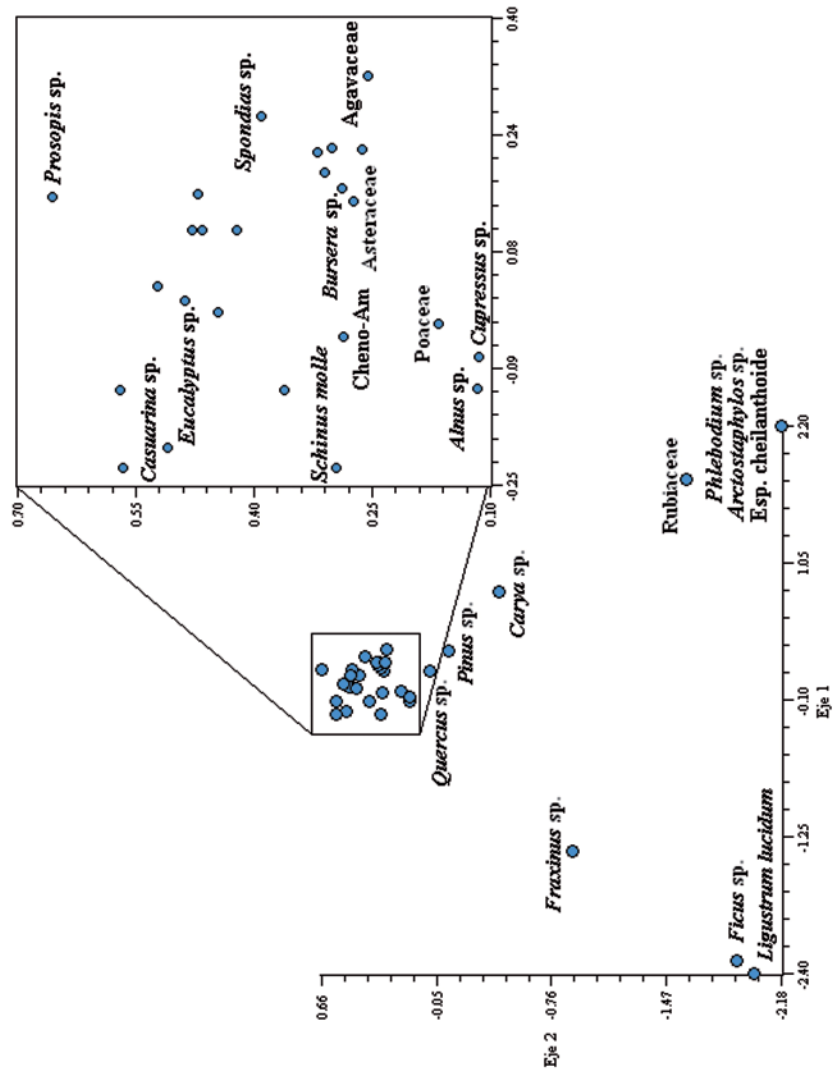


Fig. 5. Ordenación de los taxa en los dos primeros ejes de correspondencia.

cos del bosque tropical caducifolio como son: *Bursera*, *Pseudobombax ellipticum* y Agavaceae.

La separación del jardín Morelos del grupo central fue explicada por la abundancia de *Fraxinus* y *Ficus*, y por la presencia de *Ligustrum lucidum*. La separación de Huayápam bosque de encinos se debe a la abundancia de esporas cheilanthoides y de *Phlebodium*, y por la presencia de polen de *Arctostaphylos* y Rubiaceae.

### DISCUSIÓN

En este trabajo se observó que la lluvia de polen está directamente relacionada con la vegetación cercana a cada uno de los sitios de colecta. Al analizar las muestras obtenidas en la época seca del año se evidenció que el estrato arbóreo fue el que estuvo mejor representado, mientras que los estratos arbustivo y herbáceo tuvieron una importancia menor. El polen arbóreo dominó todos los espectros polínicos debido a la cantidad de granos de polen de los géneros *Pinus*, *Casuarina*, *Alnus*, *Quercus*, *Eucalyptus*, *Fraxinus* y *Cupressus*, cuyo polen es de dispersión anemófila. Estos resultados son similares a los obtenidos por González-Lozano *et al.* (1995), quienes encontraron que de noviembre a enero el polen de *Alnus*, Cupressaceae, *Fraxinus*, *Casuarina* y *Pinus* fue el más abundante en la atmósfera de la ciudad de México. Por su parte Bronillet (1992), observó principalmente granos de polen de *Alnus*, *Eucalyptus* y *Fraxinus* durante la época seca.

En cuanto al polen no arbóreo, fue considerable la presencia de Asteraceae, Poaceae y Amaranthaceae-Chenopodiaceae en las lluvias de polen analizadas. La familia

Asteraceae presentó su mayor abundancia en Huayápam; la más baja, dejando fuera la muestra de los parques, se observó en el espectro polínico de Huayápam Bosque de Encinos, esto a pesar de ser elementos importantes de la composición del bosque de encinos de acuerdo con Villaseñor *et al.* (2004).

La mayor abundancia de granos de polen de Poaceae se registró en San Felipe del Agua, debido a que es un sitio que se encuentra inmerso en el área urbana y presenta una gran cantidad de gramíneas. Otra localidad que presentó en su espectro un gran número de granos de polen de Poaceae fue San Pablo Etla en donde prospera vegetación secundaria.

El polen de Amaranthaceae-Chenopodiaceae presentó su valor más alto en el espectro polínico de Huayápam; también tuvo valores altos en Tlalixtac de Cabrera. El valor más bajo se observó en la muestra de Huayápam Bosque de Encinos. En esta misma localidad se observó el porcentaje más alto de polen no arbóreo, debido a la abundancia de esporas de *Phlebodium* y de helechos cheilanthoides.

Para Tovar-González (1987), es importante considerar a todos aquellos géneros que se registraron con porcentajes bajos en la lluvia de polen para interpretaciones paleoecológicas posteriores, ya que puede tratarse de especies que representen un tipo de vegetación particular. En este trabajo se encontró con baja frecuencia a *Salix*, *Acacia*, *Cassia*, *Mimosa*, *Pseudobombax*, *Serjania*, *Heliocarpus*, Agavaceae y *Spondias* y especies como *Schinus molle* y *Ligustrum lucidum*, estas últimas dos son especies introducidas.

De acuerdo con Rzedowski (1978), Agavaceae, *Heliocarpus* y *Pseudobombax* son plantas características del bosque tropical caducifolio; otras, como las leguminosas, son típicas de la vegetación secundaria. La baja frecuencia de estos tipos polínicos en la lluvia de polen se debe al tipo de polinización que presentan, en este caso entomófilo.

En la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca y sus alrededores se observó que varios tipos polínicos se encuentran presentes en las muestras de heno a pesar de que su época de floración, que de acuerdo con Rodríguez-Sánchez y Cohen-Fernández (2003), es anterior a la época de muestreo, como en los casos de: *Schinus molle*, *Cupressus* y *Eucalyptus*. Montúfar-López (*op. cit.*), señala que esto ocurre porque la depositación polínica en este tipo de sustratos se da todo el tiempo, lo que indica que el heno atrapa una gran cantidad del polen que se produce a lo largo del año, aunque también influye el hecho de que los granos de polen pueden permanecer suspendidos en la atmósfera por largo tiempo.

Al analizar los espectros polínicos de las 11 localidades, se evidenciaron las diferencias en cuanto a composición y abundancia, pero todas compartieron siete tipos polínicos. Por lo tanto, se procuró aclarar si se trata de una sola lluvia de polen la que cubre toda el área de estudio.

De acuerdo con Acosta-Castellanos (1999), los métodos de clasificación basados en la similitud no muestran las tendencias que puedan relacionarse con las condiciones ecológicas, pero sí la afinidad que presentan los sitios por su composición polínica. En este estudio, el dendrograma evidenció que

la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca difiere de un área a otra y marcó cuatro variantes. Estas variantes corresponden a: Huayápam Bosque de Encinos que se encuentra cerca de la zona de vegetación natural; las áreas verdes en el interior de la ciudad; la zona norte de la ciudad que colinda con el área urbana y Monte Albán, cuyas localidades presentaron la mayor similitud. De acuerdo con Limón (1980), la lluvia de polen suele ser homogénea en áreas pequeñas, lo cual se reflejó en la lluvia de polen de Monte Albán, cuyos sitios de colecta se encuentran cercanos al bosque tropical caducifolio.

Al comparar los espectros polínicos de las localidades cercanas al bosque tropical caducifolio del presente trabajo con los que Palacios-Chávez (1985) encontró al analizar la lluvia de polen del bosque tropical caducifolio de Chamela, se observaron coincidencias con 15 tipos polínicos de los 46 taxa que él encontró. Las diferencias se deben posiblemente a la época del muestreo, al sustrato y a la mayor diversidad de especies que presenta el bosque tropical caducifolio de Chamela (Bullock y Solís-Magallanes, 1990).

En las muestras de los tres parques incluidos en el presente estudio se observaron 11 tipos polínicos, que agruparon a 16 de las 42 especies de árboles que Velázquez-Sánchez (1995) encontró en las áreas verdes de la ciudad de Oaxaca. Los espectros polínicos de las áreas verdes mostraron una clara dominancia de las especies arbóreas que se encuentran allí establecidas. Se observó que en el jardín Morelos y el jardín Conzatti, los valores porcentuales de *Pinus* presentaron su valor más bajo, al mismo tiempo que en el jardín Morelos disminuyeron los porcen-



tajes de Asteraceae, Poaceae y *Eucalyptus*. Esto tiene relación con lo que Muranaka *et al.* (1986) denominan efecto barrera, por lo que el polen alóctono no se presentó con la misma frecuencia que en los sitios abiertos. En el jardín Morelos se observaron 12 tipos polínicos únicamente, debido probablemente a que la superficie es la más pequeña de las tres áreas verdes consideradas y la riqueza de especies es menor.

En la localidad Huayápam Bosque de Encinos, al pie de la sierra de San Felipe, el porcentaje de granos de polen de *Quercus* fue del 9.23%, por debajo del de *Pinus* con 36.31% y *Phlebodium* con 26.11%. En contraste, Palacios-Chávez (1977) halló en la lluvia de polen del bosque de *Quercus*, una proporción que osciló entre el 41% y el 64% para este género. Las diferencias pueden deberse a las condiciones ecológicas de ambos sitios, al sustrato y a la época del muestreo.

Por otra parte, Janssen (1980) menciona que los análisis de ordenamiento permiten cuantificar las semejanzas entre las muestras. En este caso, el análisis de correspondencia permitió conocer algunos de los tipos polínicos responsables del ordenamiento de los sitios, así como inferir que probablemente lo que el eje 1 muestra es una correlación con la transformación del medio, debido a que el agrupamiento central muestra que estas localidades presentan condiciones ecológicas similares, con vegetación modificada o introducida, debido a que son sitios muy cercanos a la zona urbana o inmersos en la misma, como los parques; en contraste, la localidad de Huayápam Bosque de Encinos se caracterizó por la ausencia de granos de polen de vegetación introducida como *Casuarina* y *Eucalyptus*, así como por la

presencia de granos de polen de *Arctostaphylos* y esporas de helechos, por lo que esta localidad presenta las condiciones más naturales.

Los resultados de este trabajo evidencian que 12 tipos polínicos de los 17 reconocidos, poseen una capacidad alergénica alta. De acuerdo con los postulados de Thomen de 1931 (Ramírez Arriaga *et al.*, 1995), los pólenes considerados como causantes de alergias deben reunir las siguientes características: poseer sustancias alergénicas, ser livianos, liberarse en cantidad suficiente y la planta que los produce ha de tener una amplia difusión local. Así, los granos de polen de *Casuarina* y *Alnus* son quizá los que pueden ocasionar mayores problemas en el área de estudio, ya que poseen alérgenos y las plantas se encuentran propagadas en el área de estudio.

## CONCLUSIONES

En la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca y sus alrededores se reconocieron 39 tipos polínicos de 32 familias distintas. Sólo cuatro de ellos se pudieron determinar a nivel de especie.

Los granos de polen de los géneros *Pinus*, *Alnus*, *Quercus* y *Cupressus*, así como el de las familias Asteraceae, Poaceae y el tipo Amaranthaceae-Chenopodiaceae, se encontraron en todas las preparaciones observadas. *Casuarina*, *Eucalyptus* y *Fraxinus*, sólo estuvieron ausentes en Huayápam Bosque de Encinos.

El estrato mejor representado fue el arbóreo, cuyos tipos polínicos representaron desde el 55.1% al 91.1% del total del polen contado. Los granos de polen del género *Pinus* fueron

los más abundantes. La presencia y abundancia de granos de polen de *Eucalyptus* y *Casuarina*, indican que parte del área de estudio ha sido reforestada con especies no nativas.

El análisis de similitud mostró que para el área de estudio la lluvia de polen no es homogénea, lo cual obedece a que en la zona se encuentran bosque de encinos, remanentes de bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria.

Utilizando el análisis de correspondencia se separaron las localidades de acuerdo con un gradiente de transformación. La localidad más transformada es el jardín Morelos y la que presenta mayor vegetación natural, Huayápam Bosque de Encinos.

Se reconocieron 17 tipos polínicos con capacidad alergénica, siendo los granos de polen de *Casuarina* los más abundantes en la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca.

#### AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la doctora Rosa García Muñoz por la invitación realizada para participar en este trabajo, así como por el apoyo brindado durante la elaboración del mismo.

#### LITERATURA CITADA

Acosta-Castellanos, S., 1999. "Correspondence analysis of pollen rain along an altitudinal gradient in Sierra Norte, Oaxaca, Mexico", in: XVI *International Botanical Congress*. St. Louis Missouri, USA. August 1-7.

Alfaro-Sánchez, G., 2004. "Suelos", en: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 55-65.

Bronillett, T.I., 1992. *Estudio aeropalino-lógico de la zona norte de la ciudad de México en un ciclo anual*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 89 pp.

Bullock, S.H. & J.A. Solís-Magallanes, 1990. "Phenology of Canopy trees of a tropical deciduous forest in México". *Biotropica*, **22**: 22-35.

Carroll, G., 1943. "The use of bryophytic polsters y mats in the study of recent pollen deposition". *American Journal of Botany*, **30**: 354-361.

Comisión Nacional del Agua, 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Valles Centrales, Estado de Oaxaca*. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. México, DF 28 pp.

Davis, M.B. & J.C. Goodlett, 1960. "Comparison of the present vegetation with pollen spectra in surface samples from Brownington pond, Vermont". *Ecology*, **41**: 346-357.

Díaz-Ortega, J.A., 2005. *Plan Municipal de Desarrollo 2005-2007*. H. Ayuntamiento de Oaxaca de Juárez. Oaxaca. 98 pp.

- Elliott, D., M. Schwartz, G. Scott, S. Haymes, D. Heimiller y R. George, 2004. *Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca*. Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL). USA. Trad. Winrock International. 138 pp.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1996. *Arc View 3.2*. GIS and Mapping Software Inc. Redlands, California. USA.
- Erdtman, G., 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. "Angiosperms". Almqvist and Wiksell, Stockholm, 539 pp.
- García, E., 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 5ª. Ed. Serie Libros Núm. 6. Instituto de Geografía. UNAM. México. 122 pp.
- González-Lozano, M.C., L. Salazar Coria y M.C. González Macías, 1995. "Estudio comparativo del polen en la atmósfera de las Delegaciones Gustavo A. Madero e Ixtapalapa de la ciudad de México". *Memorias VIII Coloquio de Paleobotánica y Palinología*, México. 143-158.
- González-Quintero, L., 1969. "Morfología Polínica: la Flora del Valle del Mezquital, Hidalgo". *Paleoecología*, 3. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. 185 pp.
- Hevly, R.H., P.J. Mehringer & H. Yocum, 1965. "Studies of the Modern Pollen Rain in the Sonoran Desert". *Journal of the Arizona Academy of Science*, 3(3): 123-135.
- INEGI, 1984. *Carta de uso del suelo y vegetación*. Hoja Oax. E14-9. Esc. 1: 250 000.
- Islebe, G.A., R. Villanueva-Gutiérrez y O. Sánchez-Sánchez, 2001. "Relación lluvia de polen-vegetación en selvas de Quintana Roo". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 69: 31-38.
- Janssen, C.R., 1967. "A comparison between the recent regional pollen rain and the subrecent vegetation in four major vegetation types in Minnesota, USA". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2: 331-342.
- , 1980. "Some remarks on facts and interpretation in Quaternary palyno-stratigraphy". *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire* 1980-1984: 172-176.
- Lamb, H., 1984. "Modern pollen spectra from Labrador". *Journal of Ecology*, 72: 37-60.
- Limón, B.A., 1980. *Vegetación y lluvia de polen en el cerro Tetepetl. Estado de México*. Tesis de licenciatura. Fac. Ciencias UNAM, México. 90 pp.
- Lozano-García, S., 1984. "Interpretaciones sobre la lluvia de polen en la Región de San Luis Potosí, México". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 46: 53-74.
- Martínez, A. y E. Ojeda, 2004. *Recursos Naturales de la Zona Arqueológica de Monte Albán*. Editorial Plaza y Valdés. México. 165 pp.

- Montúfar-López, A., 1985. "Lluvia de polen actual en bromelias, musgo y suelo superficial en los alrededores de Santa María Ocozocuatla, Chiapas". *Estudios palinológicos y paleoetnobotánicos*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México DF pp. 85-100.
- Muranaka, M., S. Suzuki, K. Koizumi, S. Takafuji, T. Miyamoto, R. Ikemori & H. Tokiwa, 1986. "Adjuvant activity of diesel-exhaust particulates for the production of IgE antibody in mice". *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **77**(4): 616-623.
- Palacios-Chávez, R., 1967. "Morfología de los granos de polen de árboles del Estado de Morelos". *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, **16**: 41-169.
- , 1977. "Lluvia de polen moderno en diferentes hábitats del Valle de México". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **36**: 45-69.
- , 1985. "Lluvia de polen moderno en el bosque tropical caducifolio de la Estación de Biología de Chamela, Jalisco". *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México. **29**: 43-55.
- Palacios-Chávez, R., B. Ludlow-Wiechers y R. Villanueva G., 1991. *Flora polínica de la reserva de la biósfera de Sian Kaán, Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México. 321 pp.
- Ramírez-Arriaga, E., J.E. Melchor-Sánchez, E. Martínez Hernández y S. Lozano García, 1995. "Análisis de polen y fungosporas de la atmósfera en el sudoeste de la ciudad de México, durante el segundo semestre de 1988". In: "Implicaciones Evolutivas". *Investigaciones Recientes en Paleobotánica y Palinología*. Publicación Especial, Serie Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. pp. 155-169.
- Rodríguez-Sánchez, L.M. y E.J. Cohen-Fernández, 2003. *Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la ciudad de México*. UAM-GDF. 383 pp.
- Rohlf, F.J., 1993. *NTSYS-pc, Numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Exeter Software. New York.
- Roubik, W.D. & J.E. Moreno P., 1991. *Pollen and spores of Barro Colorado Island*. Missouri Botanical Garden. St. Louis. 268 pp.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, DF 432 pp.
- Sáenz-Lain, C., 1978. *Polen y esporas*. H. Blume ediciones. Madrid. 219 pp.
- Salazar-Coria, L., 1995. *Estudio anual del polen atmosférico en la zona sur de la ciudad de México*. Tesis de licenciatura, ENEP-Iztacala, UNAM, México, 72 pp.
- Salazar-Mallén, M., 1940. "Estudio de los pólenes en la atmósfera de la ciudad de México". *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, **1**(3): 147-164.

- Saynes, V. A., 1989. *Contribución al conocimiento florístico y fitogeográfico de la vertiente sur de la Sierra de San Felipe, distrito Centro, Oaxaca*. Tesis de licenciatura, ENEP-Zaragoza, UNAM, México, 106 pp.
- Tejero-Díez, D., M. Reyes-Salas y E. Martínez-Hernández, 1988. "Lluvia de polen moderno en un gradiente altitudinal con vegetación templada en el Municipio de Ocuilán, Edo. Méx.". *Palynologica et Paleobotanica*, **1**(1): 61-80.
- Tovar-González, R.C., 1987. *Lluvia de polen en el volcán Popocatepetl: un estudio a lo largo de un transecto altitudinal*. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias UNAM, México. 75 pp.
- Trejo, I., 2004. Clima. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 67-85.
- Trivi, M.E., S.L. Burry y H.L. D'Antoni, 2006. "Dispersión-depositación del polen actual en Tierra del Fuego, Argentina". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **77**: 89-95.
- Tseng-Cheng, H., 1972. *Pollen flora of Taiwan*. Ching-HWA Press Co., LTD. Taipei, Taiwan.
- Velázquez-Sánchez, R.M., 1995. *Los árboles de las áreas verdes del centro de la ciudad de Oaxaca de Juárez*. (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. Xoxocotlán, Oaxaca. 143 pp.
- Villaseñor, J.L., E. Ortiz y V. Juárez, 2004. Asteráceas. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 177-192.

## ANEXO 1. Clave de identificación

## CLAVE POLITÓMICA PARA LOS TIPOS POLÍNICOS OBSERVADOS EN LA LLUVIA DE POLEN DE LA CIUDAD DE OAXACA Y SUS ALREDEDORES

- 1a. Granos agrupados
  - 2a. 4 granos por grupo.....TETRADAS
  - 2b. Más de 4 granos por grupo.....POLIADAS
- 1b. Granos simples con sacos aéreos.....VESICULADOS
- 1c. Granos simples sin sacos aéreos
  - 3a. Abertura ausente o inconspicua.....INAPERTURADOS
  - 3b. Abertura presente
    - 4a. Con una abertura
      - 5a. Poro con anillo.....MONOPORADOS
      - 5b. Abertura simple tri-radial.....TRILETES
      - 5c. Abertura linear en la parte distal.....MONOSULCADOS
      - 5d. Abertura linear en la parte proximal.....MONOLETES
    - 4b. Con más de una abertura
      - 6a. Únicamente poros
        - 7a. Con 2 poros.....DIPORADOS
        - 7b. Con 3 poros.....TRIPORADOS
        - 7c. Con 4 poros.....TETRAPORADOS
        - 7d. Con 4 a 6 poros situados ecuatorialmente.....ZONOPORADOS
        - 7e. Con 12 a 60 poros distribuidos en forma más o menos simétrica en toda la superficie..... PERIPORADOS
      - 6b. Únicamente colpos
        - 8a. Con 3 colpos..... TRICOLPADOS
        - 8b. Con más de 3 colpos..... ZONOCOLPADOS
      - 6c. Colpos y poros presentes y bien definidos
        - 9a. Con 3 colpos libres
          - 10a. Aberturas angulares largas.....TRICOLPORADOS
          - 10b. Aberturas interangulares cortas.....BREVITRICOLPORADOS
        - 9b. Con 3 colpos unidos
          - 11a. Unidos al centro del área polar.....SINCOLPORADOS

## TETRADAS

- 1a. Agrupación de 30 x 28  $\mu\text{m}$ . Granos psilados, tricolporados.....*Arctostaphylos* sp.  
(Lám. 1: 1)

## POLIADAS

- 1a. Granos de polen 8, agrupación de 18x14  $\mu\text{m}$ ; psilados, inaperturados...*Mimosa* sp.  
(Lám. 1: 2)
- 1b. Granos de polen 16, unidos y dispuestos simétricamente; 40  $\mu\text{m}$ .....*Acacia* sp.  
(Lám. 1: 3)

VESICULADOS

- 1a. Con 2 sacos aéreos bien diferenciados; sulco inconspicuo 60-90  $\mu\text{m}$ .....*Pinus* sp.  
(Lám. 1: 4-6)

INAPERTURADOS

- 1a. Polen densamente granulado, isopolar; 25  $\mu\text{m}$ .....*Populus* sp.  
(Lám. 1: 7)
- 1b. Polen psilado o escasamente granulado, isopolar; 20  $\mu\text{m}$ .....*Cupressus* sp.  
(Lám. 1: 8, 9)

MONOPORADOS

- 1a. Granos de polen esféricos, psilados; de 30-70  $\mu\text{m}$ .....Poaceae  
(Lám. 1: 10, 11)

TRILETES

- 1a. Espora esferoidal psilada; 75  $\mu\text{m}$ .....Espora cheilanthoide  
(Lám. 2: 12)

MONOSULCADOS

- 1a. Granos < 50  $\mu\text{m}$ , prolados a esferoidales, 44 x 36  $\mu\text{m}$ ; homobrocado...*Tillandsia* sp.  
(Lám. 2: 13)
- 1b. Granos > 50  $\mu\text{m}$ , esferoidal; retículo amplio, heterobrocado; 60  $\mu\text{m}$ .....Agavaceae  
(Lám. 2: 14)

MONOLETES

- 1a. Espora ovoide, exina verrugada; 34 x 23  $\mu\text{m}$ .....*Phlebodium* sp.  
(Lám. 2: 15)

DIPORADOS

- 1a. Eje polar < 15  $\mu\text{m}$ , granos psilados, poros ecuatoriales.....*Ficus* sp.  
(Lám. 2: 16, 17)
- 1b. Eje polar > 15  $\mu\text{m}$ , granos psilados, poros ecuatoriales.....Urticaceae  
(Lám. 2: 18)

TRIPORADOS

- 1a. Exina psilada, aberturas simples; contorno circular, 18  $\mu\text{m}$ .....Urticaceae
- 1b. Exina granular
- 2a. Granos esféricos, poros aspidados, contorno triangular; 19-38  $\mu\text{m}$ .....  
.....*Casuarina* sp.  
(Lám. 2: 19, 20)
- 2b. Granos esferoidales, contorno circular; 38 x 33  $\mu\text{m}$ .....*Carya* sp.  
(Lám. 2: 21)

## TETRAPORADOS

- 1a. Exina granulada, vista polar de 14  $\mu\text{m}$  de diámetro.....Urticaceae  
1b. Exina estriada, vista polar de 34  $\mu\text{m}$  de diámetro.....Ulmaceae  
(Lám. 2: 22)

## ZONOPORADOS

- 1a. Granos con 4-6 poros aspidados, exina psilada; 20-25  $\mu\text{m}$ .....*Alnus* sp.  
(Lám. 2: 23-25)

## PERIPORADOS

- 1a. Granos esféricos de 20-25  $\mu\text{m}$  de diámetro, con 12 a 60 poros circulares .....  
.....Amaranthaceae-Chenopodiaceae  
(Lám. 3: 26, 27)

## TRICOLPADOS

- 1a. Exina reticulada  
2a. Polen > 30  $\mu\text{m}$ , exina de 3 a 4  $\mu\text{m}$  y con granulaciones.....*Ligustrum lucidum*  
(Lám. 3: 28)  
2b. Polen < 30  $\mu\text{m}$ , exina de 2  $\mu\text{m}$ .....*Salix* sp.  
(Lám. 3: 29)  
1b. Exina escabrosa, granos esferoidales a prolados; tricolporoidados, 26  $\mu\text{m}$ .....  
.....*Quercus* sp.  
(Lám. 3: 30 – 32)

## ZONOCOLPADOS

- 1a. Polen de 22-28  $\mu\text{m}$ , con exina reticulada homobrocada, colpos 5 (3-6).....  
.....*Fraxinus uhdei*  
(Lám. 3: 33 – 35)  
1b. Polen de 47  $\mu\text{m}$ , con exina reticulada; 5-colpado.....Rubiaceae  
(Lám. 3: 36)

## TRICOLPORADOS

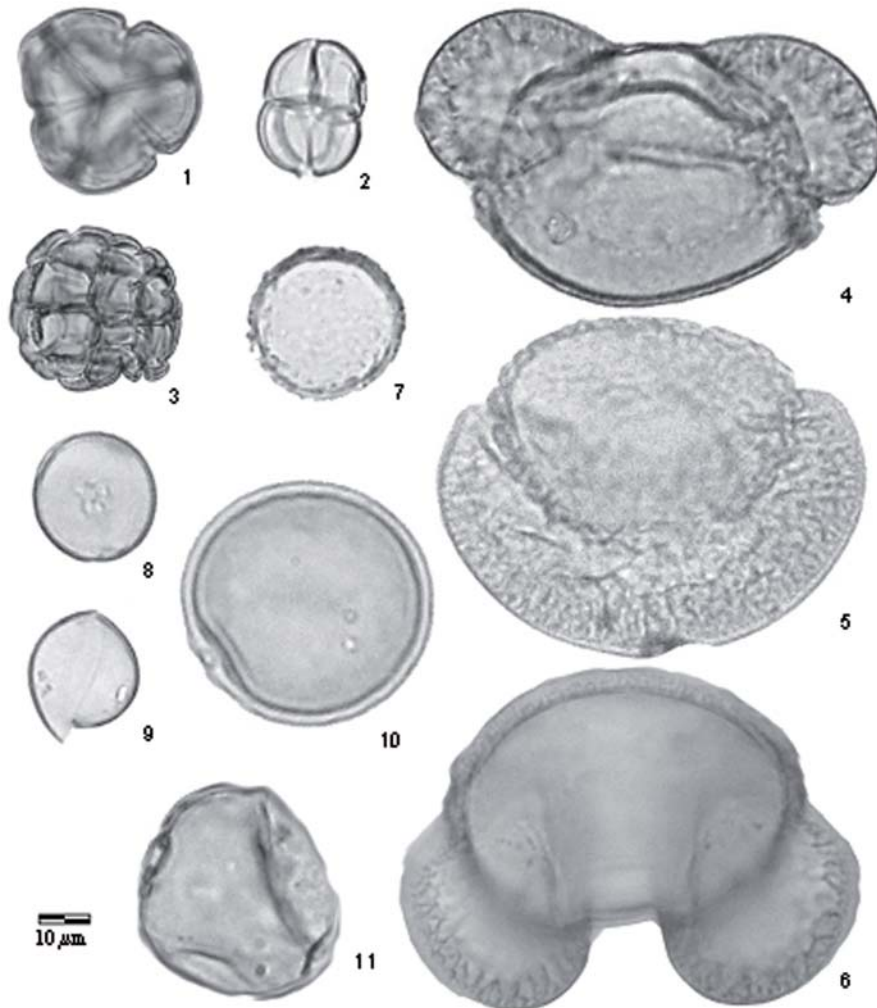
- 1a. Exina psilada  
2a. Polen de 20 x 12  $\mu\text{m}$ , contorno circular.....Fabaceae  
(Lám. 3: 37)  
2b. Polen > 25  $\mu\text{m}$   
3a. Granos de polen perprolados de 44 x 20  $\mu\text{m}$ .....*Prosopis* sp.  
(Lám. 3: 38, 39)  
3b. Granos de polen prolado-esferoidales de 33  $\mu\text{m}$ .....*Cassia* sp.  
(Lám. 3: 40, 41)  
  
1b. Exina estriada  
4a. Polen con poros lalongados; prolato 30 x 26  $\mu\text{m}$ .....*Spondias* sp.  
(Lám. 3: 42, 43)



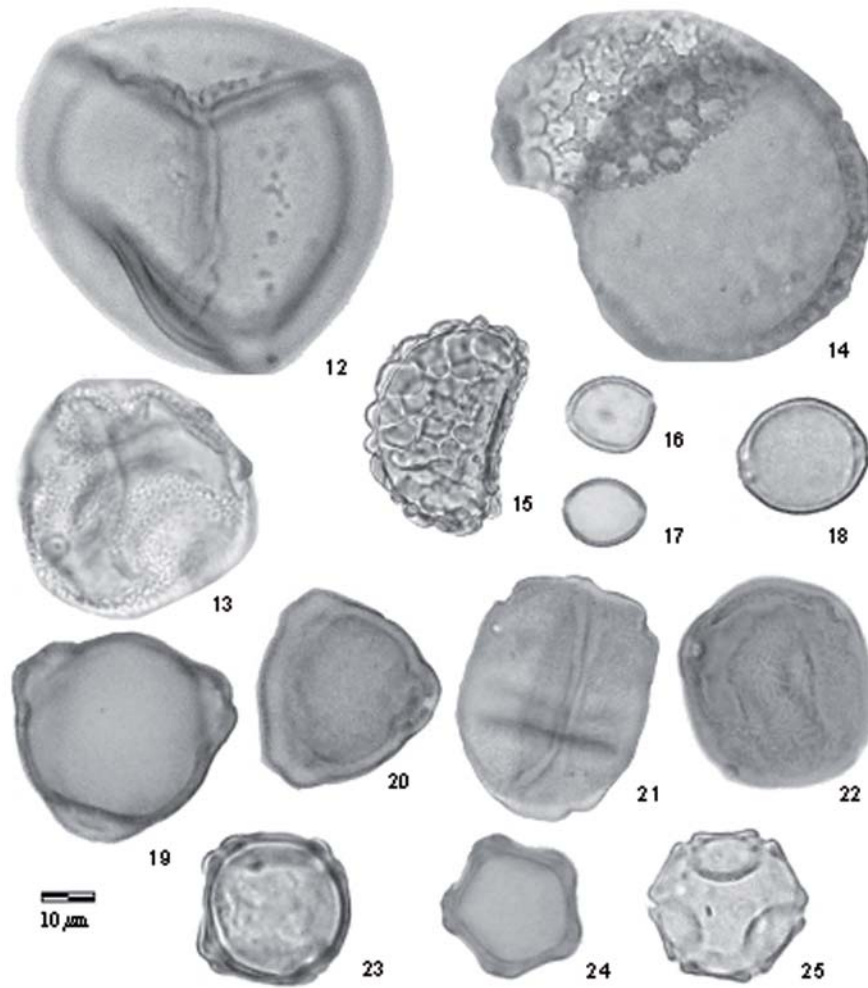
- 1c. Exina reticulada
- 5a. Polen de 40  $\mu\text{m}$ ; poros lalongados.....*Caesalpinia* sp.  
(Lám. 4: 44, 45)
  - 5b. Polen de 38 x 22, con colpo transverso.....*Heliocarpus* sp.  
(Lám. 4: 46, 47)
- 1d. Exina estriado-reticulada
- 6a. Polen < 35  $\mu\text{m}$ 
    - 7a. Área polar grande, poros lalongados.....*Bursera* sp.  
(Lám. 4: 48-50)
    - 7b. Área polar pequeña
      - 8a. Polen con poros lalongados.....*Prunus* sp.  
(Lám. 4: 51, 52)
      - 8b. Polen con colpo transverso.....*Schinus molle*  
(Lám. 4: 53-54)
  - 6b. Polen < 35  $\mu\text{m}$ 
    - 9a. Polen con colpo transverso.....*Rhus* sp.  
(Lám. 4: 55)
    - 9b. Polen con poro difuso.....Rosaceae  
(Lám. 4: 56)
- 1e. Exina equinada, espinas de 1-7  $\mu\text{m}$  de largo.....Asteraceae  
(Lám. 4: 57-59)
- 1f. Granos de polen con patrón crotonoide; prolato-esferoidal (45  $\mu\text{m}$ )...*Euphorbia* sp.  
(Lám. 5: 60)
- 1g. Exina granulada, granos suboblados a prolados.....*Bursera* sp.
- BREVITRICOLPORADOS**
- 1a. Granos con colpos cortos, contorno angular; 70-80  $\mu\text{m}$ ...*Pseudobombax ellipticum*  
(Lám. 5: 61)
- SINCOLPORADOS**
- 1a. Granos de polen < 25  $\mu\text{m}$ , psilados.....*Eucalyptus* sp.  
(Lám. 5: 62-64)
  - 1b. Granos de polen > 25  $\mu\text{m}$  (32  $\mu\text{m}$ ); foveolado.....*Serjania* sp.  
(Lám. 5: 65)

## ANEXO 2. Láminas

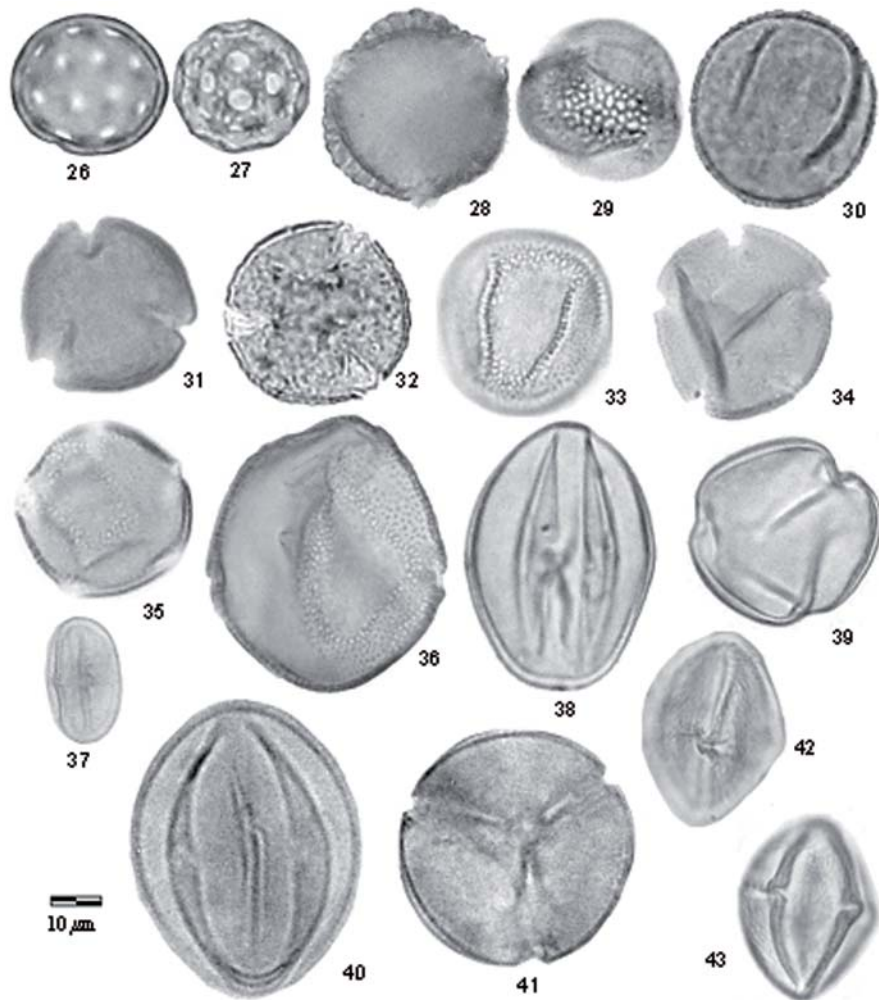
Granos de polen observados en la lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca.



**LÁMINA 1.** Tetradas: 1. *Arctostaphylos* sp.; Poliadas: 2. *Mimosa* sp., 3. *Acacia* sp.;  
Vesiculados: 4-6. *Pinus* spp.; Inaperturados: 7. *Populus* sp., 8, 9. *Cupressus* sp.  
Monoporados: 10, 11. Poaceae.



**LÁMINA 2.** Triletes: 12. Espora de helecho cheilanthoide; Monosulcados: 13. *Tillandsia* sp., 14. Agavaceae; Monoletes: 15. *Phlebodium* sp.; Diporados: 16, 17. *Ficus* sp., 18. Urticaceae; Triporados: 19, 20. *Casuarina* sp., 21. *Carya* sp.; Tetraporados: 22. Ulmaceae; Zonoporados: 23-25. *Alnus* sp.



**LÁMINA 3.** Periporados: 26, 27. Chen-Am; Tricolpados: 28. *L. lucidum*, 29. *Salix* sp., 30-32. *Quercus* sp.; Zonocolpados: 33-35. *Fraxinus* sp., 36. Rubiaceae; Tricolporados: 37. Fabaceae, 38, 39. *Prosopis* sp., 40, 41. *Cassia* sp., 42, 43. *Spondias* sp.

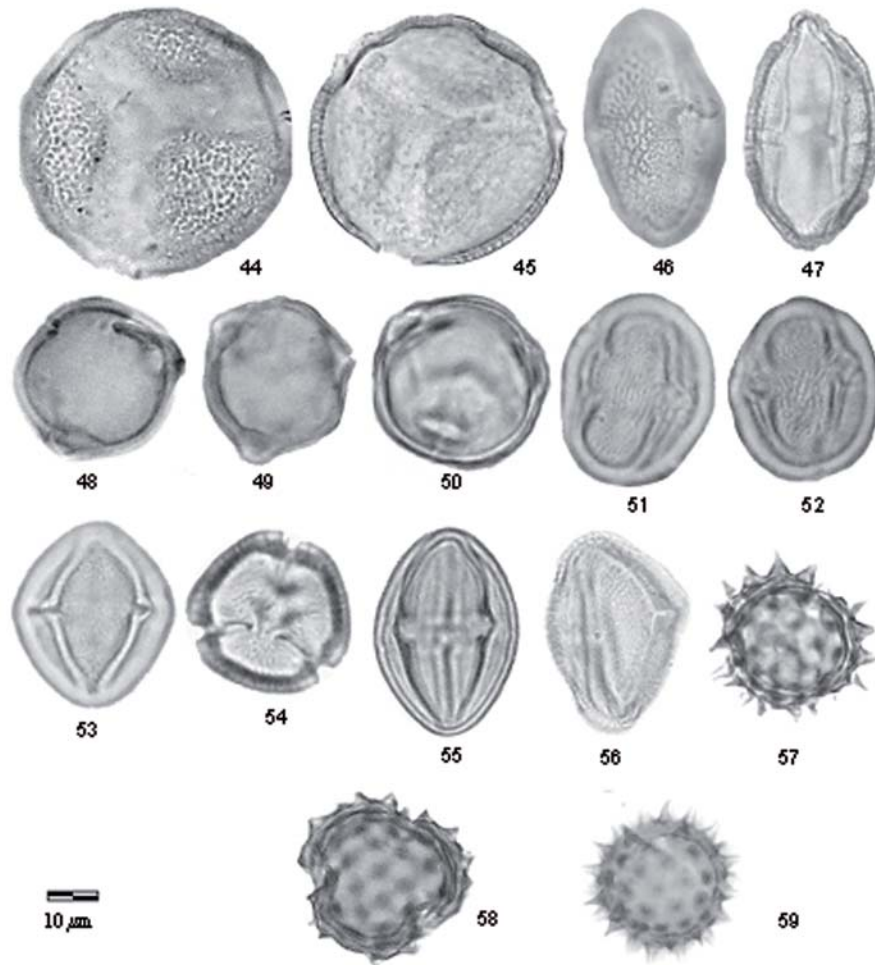


LÁMINA 4. Tricolporados: 44, 45. *Caesalpinia* sp., 46, 47. *Heliocarpus* sp., 48-50. *Bursera* sp., 51, 52. *Prunus* sp., 53, 54. *Schinus molle*, 55. *Rhus* sp., 56. Rosaceae, 57-59. Asteraceae.

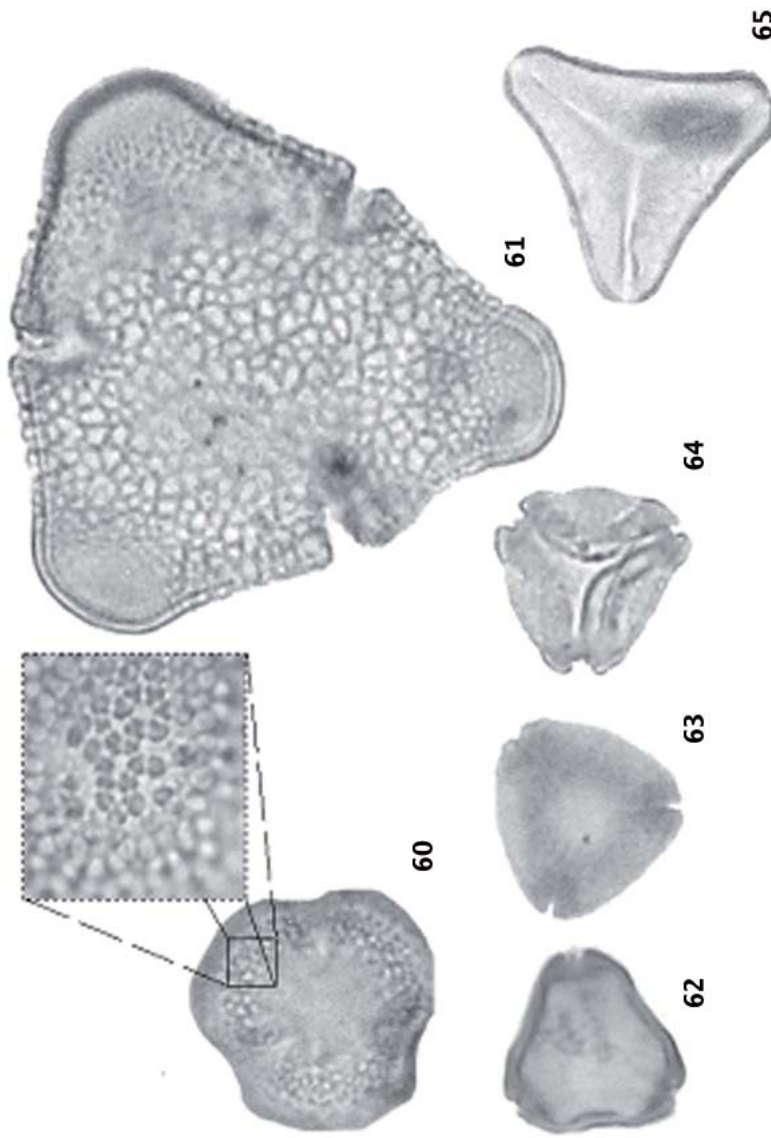


LÁMINA 5. Tricolporados: 60. *Euphorbia* sp. -patrón crotonoide-; Brevitricolporados: 61. *Pseudobombax ellipticum*; Sincolporados: 62-64. *Eucalyptus* sp., 65. *Serjania* sp.