

198
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LLUVIA DE POLEN EN EL VOLCAN POPOCATEPETL:
UN ESTUDIO A LO LARGO DE UN TRANSECTO
ALTITUDINAL



TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

REYNA CAROLINA TOVAR GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	
I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....	1
II. GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
2.1. Localización.....	6
2.2. Geología y Edafología.....	6
2.3. Hidrología.....	8
2.4. Climatología.....	8
2.5. Vegetación.....	9
III. METODOLOGIA.....	11
3.1. De Campo.....	11
3.1.1. Vegetación.....	11
3.1.2. Lluvia de polen.....	12
3.2. De laboratorio.....	12
3.3. Colección Palinológica.....	18
IV. RESULTADOS.....	40
4.1. Tablas comparativas de la cobertura de la vegetación y la lluvia de polen.....	40
4.1.1. Bosque de <u>Abies religiosa</u>	41
4.1.2. Bosque de <u>Pinus hartwegii</u>	43
4.1.3. Límite de Bosque.....	43
4.1.4. Pastizal alpino cerrado.....	46
4.1.5. Pastizal alpino abierto.....	52
4.2. Análisis de la lluvia de polen a lo largo del transecto altitudinal de 3 335 a 4 320 m.....	52
V. DISCUSION.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	68
VII. BIBLIOGRAFIA.....	70
APENDICE - LISTA DE ESPECIES.....	74

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Dra. Socorro Lozano por la dirección de este trabajo, ya que en ella siempre encontré la disposición de aportar lo mejor de ella misma.

Al Dr. Enrique Martínez por haberme brindado la facilidad para desarrollar este trabajo en el Laboratorio de Palinología del Instituto de Geología de la UNAM, y darme su apoyo durante todo el proceso del presente estudio.

A la M. en C. Julia Carabias, la Dra. Patricia Moreno y el Dr. Sergio Guevara del Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias quienes desde el inicio me brindaron su ayuda en cada una de las etapas de este trabajo.

A la M. en C. Lucía Almeida por haberme otorgado las facilidades para desarrollar este trabajo utilizando muestras y datos correspondientes al proyecto que se desarrolla en el Laboratorio de Biogeografía de la Facultad de Ciencias.

A la Dra. Socorro Lozano, el Dr. Sergio Guevara, la M. en C. Lucía Almeida, la M. en C. Irene Pisanty y el Dr. Enrique Martínez por la revisión de esta tesis, comentarios y sugerencias.

Al Biól. Hector Hernández Campos por su ayuda y colaboración en el procesamiento del material fotográfico.

A Carlos Tovar y Javier Alvarez por la elaboración de las gráficas de este trabajo.

A la Sra. Carmen Victorio por la elaboración del escrito final de esta tesis.

I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

INTRODUCCION

La importancia paleontológica del análisis palinológico radica en que puede ayudar a entender la evolución de comunidades vegetales, así como la historia de especies particulares conocidas por su polen las cuales han sufrido cambios en su distribución controlados por cambios climáticos (West, 1971).

La lluvia de polen está constituida por todos los granos de polen y esporas que son depositados en el suelo de una región determinada (Birks, 1980). Este concepto no sólo se emplea para referirse a la dispersión del polen en la actualidad, sino que también se puede concebir que los conjuntos de polen-esporas fósiles son una expresión de la misma (Faegri, 1975).

Es necesario aclarar que la lluvia de polen no ofrece una representación fiel de la vegetación, sino simplemente una imagen aproximada, ya que se encuentra constituida por el polen de las plantas locales y por el polen de la vegetación circundante (Lozano, 1979). Por otra parte, Birks (1973, en Birks y West, 1973) señala diversos factores que afectan la composición de la lluvia polínica de una comunidad vegetal:

1. Factores físicos y ecológicos que afectan la floración y producción de polen de cada uno de los taxa.
2. Abundancia de los taxa dentro de la vegetación.
3. Estructura de la comunidad en la cual se presentan, como número de estratos, altura y sobreposición de los mismos.
4. El modo de dispersión del polen.
5. Influencia de los factores meteorológicos en la transpor-tación.

6. Condiciones físicas, químicas y biológicas que controlan la sedimentación.

7. Forma y tamaño del grano.

8. La preservación en el sitio de depositación.

De éstos, la dispersión es uno de los más importantes, ya que en una lluvia polínica la mayor parte de los granos presentan 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 progenitora.

La distancia de transportación y depositación de los granos de polen como resultado de la dispersión por viento, depende de un número de factores entre los que se incluyen: la turbulencia de la atmósfera, la velocidad y dirección del viento y el peso de los granos (Janssen, 1973, en Birks y West, 1973).

Según Tauber (1967), puede concebirse la dispersión del polen de tres manera fundamentales, expresadas según el modo de sedimentación:

1. Depositación directa. Conduce a la formación de un depósito a cierta distancia de la unidad de vegetación, dependiente de la altura de las plantas que producen el polen y su localización en el terreno, de la velocidad de las corrientes de aire locales y de la componente vertical del movimiento. Esta se relaciona, en primer lugar, con la resistencia del aire que varía con la densidad y que se ejerce sobre la forma del grano y por el otro, con su superficie y la cantidad de ellos que permanecen adheridos formando masas.

2. Fraccional por una corriente de aire en remolino. Implica que cada vez que una porción de la masa de aire en movimiento toca la superficie del suelo, deposita allí una cierta cantidad de partículas transportadas y remueve otras.
3. Transporte a larga distancia por una corriente de aire moviliz^{ada} por la acción térmica. En este caso, una masa de aire que se hace menos densa al ser calentada por el sol asciende arrastrando consigo al polen, llevándolo a grandes distancias con respecto al lugar donde se produjo, para depositarlo luego en una región remota.

Para el estudio de la lluvia de polen se han empleado diversos métodos de captura, estos pueden ser agrupados en:

- a. Trampas artificiales. Aunque existen diversas trampas de este tipo (D'Antoni, 1979), la más sencilla consiste en un receptácul^o donde se coloca un portaobjetos previamente tratado con una sustancia adhesiva que retenga el polen que entra en contacto con la superficie expuesta. Otros consisten en montar todo un aparato sobre una veleta y hacer que el receptácul^o sostenga dos portaobjetos, uno en posición vertical y el otro en horizontal enfrentando al viento. Algunas de reciente diseño se pueden elaborar con embudos en los cuales se coloca una fibra sintética donde queda retenido el polen (Flenley, 1973).
- b. Trampas naturales. Consisten en la recolección de musgos, líquenes o suelo que se encuentran en el lugar de estudio. Estos actúan como capturadores naturales del polen de modo que, además de sus propias esporas -en el caso de musgos y líquenes-, alojan la mezcla de polen del lugar proporcionándole excelentes

condiciones para su conservación. Este tipo de muestreo tiene la ventaja, en el caso de musgos y líquenes, de que es fácil extraer el polen que puede separarse mediante un filtro para ser tratado posteriormente con una técnica adecuada. Sin embargo, en este método se desconoce el tiempo que lleva el polen en dichas trampas.

De hecho, la mayoría de los trabajos sobre lluvia de polen usan el suelo como material de colecta y su análisis en lluvia de polen ha sido utilizado fundamentalmente para correlacionar su presencia en los perfiles del suelo, con la historia de la vegtación en el lugar (Martin y Gray, 1962). En este caso, y podría decirse que lo mismo ocurre para los musgos y líquenes, el polen únicamente se preserva si existen factores microambientales que inhiban la descomposición microbiológica, como pueden ser la aridez, el exceso de sales o iones metálicos tóxicos y, el más común, la alta acidez.

OJETIVOS

En el presente trabajo se realizó un análisis de la lluvia de polen a lo largo de un transecto altitudinal que va de los 3335 a los 4320 m en el volcán Popocatepetl, situado en el límite de los estados de Puebla, Morelos y México, utilizando una combinación de musgos-suelo como trampas naturales. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

1. Determinación del espectro polínico a lo largo del transecto 86°30' NO-SE de 3335 a 4320 m.
2. Análisis de la lluvia de polen de tres tipos de vegetación: bosque de Abies religiosa, bosque de Pinus hartwegii y pastizal alpino.
3. Comparaciones entre la lluvia de polen y los levantamientos en la vegetación a fin de conocer como se representan las diferentes especies en la lluvia de polen.

Este estudio se desarrolló en el Laboratorio de Palinología del Instituto de Geología y el Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

II. GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Localización

El macizo Popocatepetl-Iztaccíhuatl o Sierra Nevada constituye el parteaguas, de unos 90 km de longitud, que separa las cuencas de México y Puebla. El Popocatepetl (cerro que humea, en Nahuatl) es un volcán situado en el límite de los estados de Puebla, Morelos y México y forma parte del límite superior de la gran Depresión del Balsas. Se encuentran al SE de la Ciudad de México, a los 19° 01' de latitud norte y a los 98° 37' de longitud oeste (Barrera, 1968) (Figura 1).

2.2 Geología y Edafología

El Popocatepetl es un volcán estratificado formado por la sobreposición de una gran serie de corrientes de lavas coronadas por material piroclástico y arenas, lo que indica que hubo una actividad volcánica brusca al principio y espaciada después. Esto se puede constatar por los depósitos de material ígneo que abarcan una vasta zona, extendiéndose hasta tocar con las lavas de la Sierra del Chichinutzin, al oeste, mientras que al norte, la zona está influenciada por lavas del Iztaccíhuatl.

El volcán Popocatepetl tiene una forma de cono casi perfecto que se alza a los 4 200 m sobre la cuenca tropical de Morelos y consiste de muchos afloramientos de lava escarpados inclinados que se estratifican con capas gruesas piroclásticas. Sus flancos están cubiertos con arenas volcánicas no consolidadas.

A una elevación de 5 000 m la simetría del cono es cortada por la aparición del pico del Fraile, una protuberancia marcada ligeramente separada desde el lado NW del volcán. Este pico re-

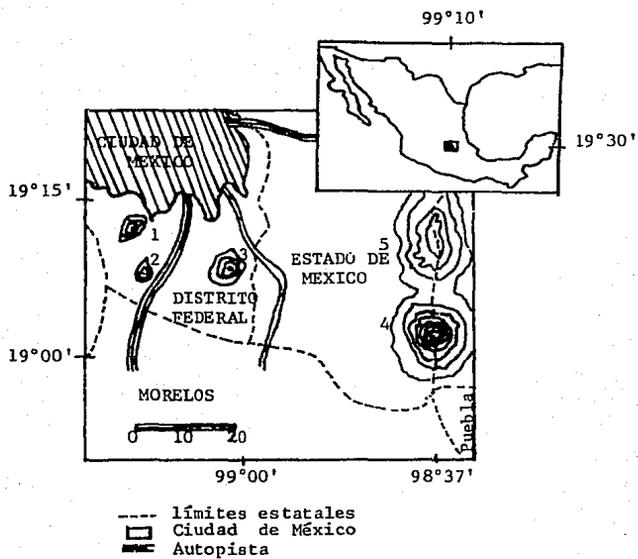


Figura 1. Ubicación del area de estudio.

1. Volcán Ajusco; 2. Volcán Pelado; 3. Volcán Tláloc.
4. Volcán Popocatepetl; 5. Volcán Iztaccíhuatl.

Tomado de Almeida, *et al.*, 1986.

presenta el remanente de un volcán más viejo, el Nexpayantla o Ventorrillo formado originalmente en el Mioceno o, como Mooser (1958) piensa en el Plioceno, el cual fué destruído y erosionado antes del nacimiento del nuevo cono. La construcción del Popocatepetl pudo haber empezado tempranamente en el Pleistoceno, entrando los remanentes más viejos bajo sus cenizas y flujos de lava (Mooser, 1957). Ambos conos se elevan sobre un bloque que es la Sierra Nevada compuesta de rocas miocénicas y oligocénicas superiores (Mooser, 1975).

El material ígneo que se encuentra está compuesto por andesitas, dacitas y basaltos acompañados de cenizas, lapillis, pómez y capas de material piroclástico (García, 1970).

Los suelos que se encuentran en el volcán corresponden al grupo de suelos denominados de cenizas volcánicas y de Ando, con material parental de roca basáltica, andesítico o riolítico y predominio de ceniza volcánica. Estos suelos pueden presentar perfiles AC, A(B)C ó ABC, con profundidades que oscilan entre 50 cm. hasta más de un metro y están bien drenados y aireados. La porosidad total es generalmente alta y muy uniforme en todo el perfil.

El color de la capa orgánica es oscuro, de negro a café oscuro. La textura va desde migajón arenoso en el bosque de Abies religiosa, arena migajosa en el bosque de Pinus hartwegii hasta arenosa propiamente dicho en el pastizal alpino. El porcentaje de materia orgánica es alto en la parte superficial, debido a la baja temperatura que limita la acción microbiana y el tipo de vegetación que continuamente está aportando materiales al suelo; el pH se encuentra en el rango de 5 a 7 (Domínguez, 1975).

2.3 Hidrología

Las faldas del macizo están surcadas por numerosas cañadas que se originan en el borde inferior de los glaciares. Los arroyos que las recorren en la vertiente occidental desembocan al norte hacia los canales de la antigua zona lacustre de Chalco. Al sur de dicha zona, con excepción de la cañada de Nexpayantla, todas las corrientes contribuyen a formar el río Cuautla, a su vez tributario del Balsas. En la vertiente oriental, las corrientes del macizo corresponden a la cuenca del río Atoyac mientras que las del sur a la del río Nexapa, estos dos tributarios del Balsas.

No obstante que en el Popocatepetl la precipitación pluvial es considerable y que existe el agua de los deshielos, las corrientes superficiales son débiles, debido a la gran permeabilidad de los suelos y a la gruesa capa de material pumítico que favorece la rápida infiltración que posteriormente forma lechos subterráneos en los valles de México y Puebla.

2.4 Climatología

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio fué la de Hueyatenco en la ladera occidental del Iztaccíhuatl, a los 19° 05' de latitud N y 98° 39' de longitud W, a 3557 msnm.

La temperatura media mensual mínima se registró en enero (6.4°C) y la máxima en abril (9.2°C) (Figura 2).

El régimen pluviométrico de esta zona define dos temporadas claramente, una de lluvias de mayo a octubre y otra de sequía de noviembre a abril (Figura 2).

La clasificación climática de la zona de estudio fué obtenida usando las modificaciones al sistema de Köppen realizadas por García (1973).

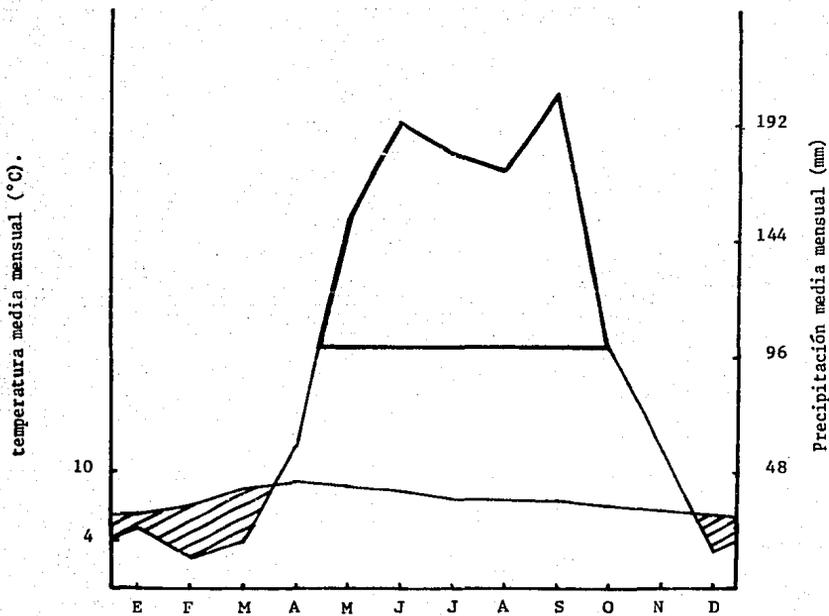


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la estación Hueyatlaque.

La zona de estudio queda comprendida en el grupo de climas templados fríos. El clima según los datos de la estación mencionada, es del grupo C(w²)₂(w)cig, que es templado, semifrío, subhúmedo con régimen de lluvias de verano, con canícula e isotermal y marcha de temperatura tipo ganges.

2.5 Vegetación

Los datos que aquí se presentan corresponden a los obtenidos por Rzedowski (1978) quien realizó una descripción de la vegetación del eje neovolcánico donde está incluido el Popocatepetl.

El gradiente ambiental producido por el cambio altitudinal explica la presencia de diferentes comunidades vegetales. En la parte más alta (3900 msnm) predomina el pastizal alpino por encima del límite de la vegetación arbórea. Por debajo de los 3900 msnm se encuentra un bosque de Pinus hartwegii, y más abajo de los 3500 msnm este último se mezcla con Abies religiosa. Más abajo, hacia los 2900 msnm A. religiosa comparte la comunidad con P. montezumae, Cupressus lindleyi y Salix oxylepis.

A continuación se describen brevemente las comunidades vegetales siguiente un gradiente de menor a mayor altitud:

a) El bosque de A. religiosa está prácticamente confinado a sitios (de alta montaña, por lo común) entre 2900 y 3600 m de altitud. Los abetos no alcanzan el límite altitudinal de la vegetación arbórea y generalmente forman un piso por debajo del pinar superior (P. hartwegii). Se observan restringidos a las laderas de cerros, protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa, condiciones que prevalecen a altitudes superiores de 3600 msnm.

La zona de transición en la que se mezclan A. religiosa y P. hartwegii oscila entre los 3300 y 3500 msnm.

Algunos géneros que forman parte de la flora de los bosques de A. religiosa son: Alnus, Cupressus, Juniperus, Salix, Penstemon, Cirsium y Potentilla.

b) El bosque de Pinus hartwegii es el más tolerante a las temperaturas bajas, pues se desarrolla entre los 3500 y 3900 m de altitud. Resiste frecuentes nevadas y su extremo superior establece el límite de la vegetación arbórea en los picos montañosos más prominentes.

En sus límites altitudinales inferiores los pinares de P. hartwegii pueden tener una gran altura (15 a 20 m), la cual disminuye hacia donde el bosque abierto alcanza sólo entre 5 y 8 m de alto. Puede señalarse la presencia relativamente frecuente de algunos géneros como: Quercus, Abies, Alnus, Juniperus, Cupressus, Salix, Eupatorium, Senecio y Salvia. Las compuestas y gramíneas están bien representadas, así como también las siguientes familias: Leguminosae, Labiatae, Scrophulariaceae, Rosaceae, Umbeliferae, Caryophyllaceae, Cruciferae, Onagraceae, Oxalidaceae y otras (Rzedowski, 1978).

c) El pastizal alpino se encuentra ubicado por encima del límite de la vegetación arbórea que se localiza hacia los 4000 msnm y por debajo del límite de las nieves.

Se trata de un piso altitudinal con rasgos climáticos y de características florísticas, ecológicas, edafológicas y microclimáticas especiales. Algunos de los géneros característicos son: Muhlenbergia, Calamagrostis, Festuca y Arenaria. Otras plantas frecuentes en estos pastizales pertenecen a los géneros: Cerastium, Cirsium, Draba, Eryngium, Gnaphalium, Juniperus, Lupinus, Plantago, Potentilla, Senecio y Trisetum.

III. METODOLOGIA

3.1 De Campo

3.1.1 Vegetación

Para analizar la vegetación se estableció un transecto altitudinal con una orientación 86°30'NO-SE, incluyendo tres tipos de vegetación: bosque de Abies religiosa, bosque de Pinus hartwegii y pastizal alpino.

El muestreo de la vegetación fué realizado por el grupo del Laboratorio de Biogeografía de la Facultad de Ciencias de la UNAM, dentro del Proyecto "Biogeografía de las Comunidades Montanas del Eje Neovolcánico" en el período comprendido entre noviembre y diciembre de 1984 a enero de 1985.

De manera general, la metodología usada consistió en el empleo del método del levantamiento (releve) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Para cada levantamiento se tomaron los siguientes datos: localización, altitud, latitud N, longitud W, exposición, pendiente, superficie del levantamiento, número de especies y cobertura de las mismas, humedad, temperatura, tipo de suelo, pH, porcentaje de suelo cubierto y suelo desnudo y muestras para lluvia de polen (Almeida, et. al., 1985).

La cobertura, en el caso del estrato arbóreo, se obtuvo a partir de la medición de los diámetros máximo y mínimo de la copa de los individuos en cada uno de los levantamientos, de tal manera que la suma de todos los de la misma especie permitieron generar un porcentaje de cobertura con respecto al área del levantamiento.

En el caso de los estratos arbustivo y herbáceo, se llevó a cabo una estimación subjetiva de la cobertura por especie, sumando

en el campo la proporción del área cubierta por los individuos de la misma, con respecto nuevamente a la superficie del levantamiento (Almeida, et. al., op. cit.).

3.1.2 Lluvia de polen

Para la obtención de las muestras palinológicas correspondientes a este estudio, se colectaron 12 muestras de superficie (musgos-suelo) correspondientes a levantamientos de vegetación cuya localización y características se muestra en la Figura 3 y en la Tabla 1. Cada muestra incluye una submuestra de cada vértice y del centro del levantamiento. Sin embargo, en algunos levantamientos se presentó una mayor superficie de suelo desnudo y rocas, encontrándose los musgos restringidos; en estos casos se colectaron las muestras de musgos en los sitios disponibles.

De esta forma, se obtuvo una muestra de aproximadamente 15 g para cada levantamiento, las cuales se transportaron en bolsas de polietileno perfectamente cerradas para evitar su contaminación; posteriormente se les asignó el número de colecta.

3.2 De laboratorio

Las muestras de musgos-suelo fueron secadas a 50°C durante 24 horas para evitar que se desarrollaran hongos.

Para estandarizar la toma de datos se obtuvo el peso de cada muestra tomando la capa superficial de musgos y un centímetro de suelo, en promedio; el peso utilizado para el análisis palinológico de las muestras fué de más o menos 15 g en cada caso. Es importante aclarar que debido a problemas de muestreo en el campo en algunos casos se contó con muestras menores de 15 g (levantamientos POP 34 y 39B, LIM. BOSQ., 42B y 43A).

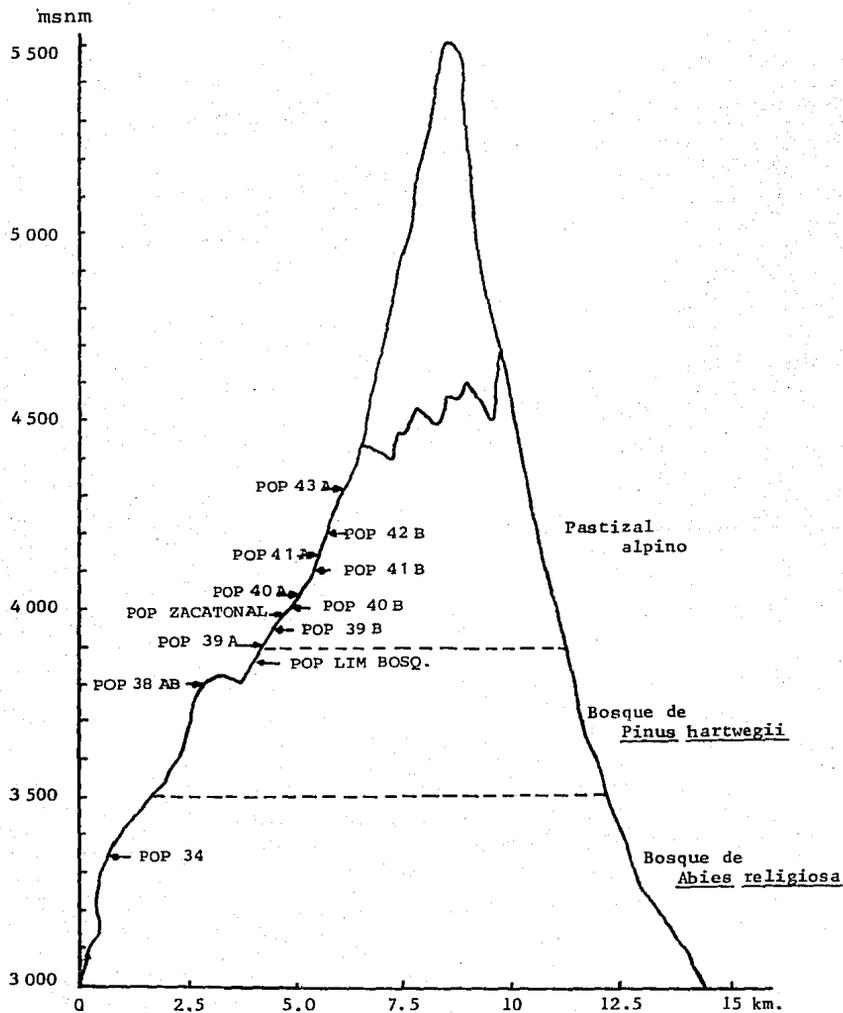


Figura 3. Localización de los levantamientos.

Tomado de Almeida et. al., 1985.

TABLA 1. CARACTERISTICAS DE LOS LEVANTAMIENTOS.

LEVANTAMIENTO POP.	LOCALIDAD	TIPO DE VEGETACION	ALTITUD m.s.n.m	LATITUD N	LONGITUD W	EXPOSICION	PENDIENTE	SUPERFICIE m ²
34	Cañada Amalacaxco.	Bosque de <u>Abies religiosa</u> .	3,335	19° 06'	98° 40'	NW	35°	500
38 AB	1700 m NNE de Llano Grande.	Bosque de <u>Pinus hartwegii</u> .	3,800	19° 04'	98° 35'	10° N	18°	500
Lim.Bosq.	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino. Lim. Bosq.	3,860	19° 07'	98° 38'	60° NE	25°	50
39 A	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino cerrado	3,900	19° 03'	98° 38'	20° NNE	32°	50
39 B	E de Tlamacas	Pastizal Alpino cerrado	3,940	19° 03'	98° 38'	E	15°	50
Zacatonal	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino cerrado	3,980	19° 07'	98° 38'	N	55°	50
40 B	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino cerrado	4,000	19° 03'	98° 37'	NE	15°	50
40 A	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino cerrado	4,025	19° 03'	98° 38'	NE	-	50
41 B	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino abierto	4,100	19° 03'	98° 38'	63° ENE	30°	50
41 A	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino abierto	4,130	19° 03'	98° 38'	70° ENE	13°	50
42 B	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino abierto	4,190	19° 02'	98° 37'	40° NE	42°	50
43 A	Barranca de Tenenepanco.	Pastizal Alpino abierto	4,320	19° 02'	98° 37'	N	-	50

Del estudio somero de las muestras de musgos con suelo realizado en el laboratorio se determinó que los suelos son del tipo regosol eútrico, según la terminología de la Escuela Americana (Dr. Jorge Gama, comunicación personal). Estos suelos se caracterizan por presentar gran cantidad de ácidos húmicos y materia orgánica; poseen sólo el horizonte A y su profundidad va de 0 a 30 cm (FAO/UNESCO, 1968). De acuerdo a lo anterior se decidió seguir la técnica de laboratorio que a continuación se describe.

Las muestras de musgos-suelo fueron lavadas perfectamente con agua destilada, tamizadas y el sedimento obtenido se trató con la siguiente técnica:

- a) HF (Acido fluorhídrico) concentrado - de 24 a 48 horas.
- b) KOH 10% (Hidróxido de Potasio) - 10 minutos en frío.
- c) Acetólisis - 8.30 minutos a 65-70°C.
- d) Separación por gravedad - 9 minutos a 1200 r.p.m.

Se eligió esta técnica porque a diferencia del tratamiento del polen actual, el polen subfósil se encuentra incluido en sedimentos de diversa naturaleza y para concentrarlo es necesario aplicar una secuencia de tratamientos que varía según los tipos de sedimentos. Algunos de ellos pueden requerir muchos tratamientos distintos antes de brindar una concentración de polen apropiada para el recuento.

Cualesquiera que sean los pasos utilizados, la concentración del contenido polínico de una muestra abarca las siguientes etapas generales: 1) defloculación; 2) remoción de materiales no polínicos y, 3) inclusión y montaje (D'Antoni, 1979).

El ácido fluorhídrico (HF) en frío fué usado para la demineralización de los suelos ya que las muestras contenían mucho mate-

rial mineral como por ejemplo sílice (Si), y esta técnica es usada con frecuencia como punto de partida para otros procesos (Brown, 1960).

Los sedimentos tienen cierto grado de compacidad de origen mecánica, pero a menudo sus partículas están cementadas. Es primordial separar aquellas partículas para que los granos de polen no queden atrapados en los flóculos.

Este procedimiento aumenta considerablemente la superficie de la muestra al convertirla en un volumen de partículas sueltas mucho más susceptibles a la acción del hidróxido de potasio (KOH), el cual también disolverá materiales húmicos presentes en los sedimentos. Este reactivo se eligió porque el pH de las muestras era ácido (D'Antoni, op. cit.).

La acetólisis se utilizó porque es una técnica con la cual la celulosa, que es un polisacárido, es eliminada más efectivamente por hidrólisis ácida y la lignina puede ser destruida por oxidación. Esta técnica fue descrita por Erdtman, 1960 (In: Moore y Webb, 1978).

En la remoción de materiales no polínicos puede optarse por métodos físicos (filtrar la muestra a través de una malla de 200 μ m, para asegurar así que todo el polen pasará a través de ella y al mismo tiempo eliminará fragmentos grandes de materia orgánica), ó químicos (separación por gravedad).

En este trabajo se utilizó el método químico de separación por gravedad porque las muestras contenían abundante materia orgánica y mineral. Este método, a menudo incorrectamente llamado como flotación, es llevado a cabo por medio de un líquido pesado (en este caso BrZn), cuya densidad es tal que los fragmentos minerales ($d > 2$) se sedimentan, mientras que el polen y otros constituyentes orgáni-

cos (d<1.7) flotan (Faegri e Iversen, 1975).

Finalmente, las laminillas palinológicas fueron montadas con HEC y bálsamo de Canadá.

Para la identificación de los palinomorfos se recurrió a diferentes textos con descripciones, claves y fotografías de granos de polen y esporas: Erdtman (1943, 1972), Kremp (1965), Wodehouse (1965), Kapp (1969), Heusser (1971), Tseng-chieng (1972), Rzedowski y Rzedowski (1979).

Debido a los problemas en la identificación, a la escasez de trabajos de descripción de polen mexicano y con el fin de que la identificación y el conteo fueran más objetivos, se decidió elaborar una colección de referencia que está constituida por 37 especies, las cuales eran dominantes en los levantamientos o las más frecuentes dentro de las asociaciones vegetales.

Para lo anterior, la colección se obtuvo de colectas de campo cuya identificación se corroboró plenamente, en los herbarios de la Facultad de Ciencias y del MEXU, Instituto de Biología, UNAM.

Para la elaboración de las laminillas palinológicas de dicho material, se utilizó el método clásico de la acetólisis, mientras que para el montaje y la conservación de éstas se usó gelatina glicerinada.

Posteriormente, se realizó la descripción morfológica de las especies, basándose en las siguientes características fundamentales: forma, simetría, polaridad, contorno polar y ecuatorial, abertura, exina, ornamentación y tamaño, considerándose en el formato además forma biológica y tipo de vegetación, las cuales se incluyeron en una tarjeta de registro.

Finalmente, se efectuó el conteo polínico de al menos 250 granos en cada una de las 12 muestras, para lo cual se emplearon de 2 a 3 laminillas palinológicas. Se incluyeron únicamente granos de angiospermas, gimnospermas y esporas de pteridophytas.

Por lo que se refiere a las gramíneas, compuestas y cariofiláceas, la identificación fué hecha en algunos levantamientos a nivel de familia, a excepción de los casos en que se pudo lograr una identificación precisa a nivel genérico.

3.3 Colección Palinológica

Para la descripción de cada una de las especies que comprenden la colección palinológica se utilizaron las siguientes características cuyo orden se menciona a continuación:

Familia		
Especie	Forma Biológica	Tipo de vegetación basado en: Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985) y Sánchez (1979).
Lámina	Figura(s)	Colección Palinológica del Instituto de Geología UNAM. Tipo polínico; simetría; polaridad; forma; contorno polar y ecuatorial.
	Abertura: colpos y/o poros	
	Exina; sexina, nexina; ornamentación y/o patrón.	
Tamaño	Eje polar (P) - media (mínimo - máximo)	
	Eje ecuatorial (E) - media (mínimo - máximo)	
	Diámetro (Diám.)	

BETULACEAE

Alnus sp.

Arbol

Bosque de Alnus

Lámina I, Figs. 1 y 2 (1000 x) Col. Pal. Inst. Geol. M- 1920.

Estefanoporado (4-6 poros); radiosimétrico; isopolar; oblado; contorno generalmente pentagonal en vista polar, pero hay formas tetragonales y hexagonales, en vista ecuatorial elíptico.

Abertura: poros vestibulados con engrosamientos de la sexina formando arcos.

Exina tectada, sexina 1μ , nexina 0.8μ ; ornamentación psilada.

Tamaño P - 28μ

E - 20.5μ (13.4 - 23μ).

CARYOPHYLLACEAE

Arenaria sp.

Hierba Pastizal Alpino, Bosque de
Pinus hartwegii y de Abies.

Lámina I, Figs. 3 y 4 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1858.
Periporado (15 poros); radiosimétrico; apolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poros 4μ de diámetro, annulus 0.8μ ($0.6-0.7 \mu$), membrana con ornamentación granular.

Exina subtectada, columelas claramente visibles; sexina 1.6μ , nexina 0.8μ ; patrón reticulado.

Tamaño Diám. 28.8μ ($28-32 \mu$).

Cerastium molle Bartl. in Presl.

Hierba Pastizal Alpino y Bosque de
Pinus hartwegii.

Lámina I, Figs. 5 y 6 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1859.

Periporado (9-12); radiosimétrico; apolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poros de 5.6μ ($5.4 - 5.7 \mu$) de diámetro, annulus 0.7μ ($0.6 - 0.8 \mu$), membrana con ornamentación verrucada.

Exina subtectada, sexina 2.4μ , nexina 0.8μ ; ornamentación reticulada supramicroequinada.

Tamaño Diám. 36.8μ ($36 - 40 \mu$).

COMPOSITAE

Cirsium pinetorum Greenm.

Bosque de coníferas, Quercus y lugares perturbados.

Hierba

Lámina I, Figs. 7, 8 y 9 (500 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1839.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal lalongado de 20 μ de longitud.

Exina tectada, columelas claramente visibles de 4 μ de largo, sexina 4.0 μ , nexina 2.4 μ ; ornamentación equinada, espinas ligeramente romas de 8.0 μ de largo x 12 μ de base, sólidas, una tercera parte.

Tamaño P - 87.6 μ (84 - 90 μ)
E - 92.0 μ (90 - 94 μ)

Conyza schiedeana (Less.) Cronq.

Hierba

Bosque de coníferas, Quercus, pastizales alpinos y subalpinos. Lugares perturbados.

Lámina I, Figs. 10 y 11. (1'000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1832.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal lalongado.

Exina tectada, sexina 1 μ , nexina 1 μ , cava 0.5 μ ; ornamentación equinada, espinas agudas de 4.0 μ de largo x 3.2 μ de base, sólidas hasta la mitad.

Tamaño P - 25.8 μ (24 - 28 μ)
E - 26.2 μ (24 - 28 μ)

Eupatorium glabratum HBK.

Hierba

Bosque de Abies, Pinus y
Quercus.

Lámina I, Figs. 12, 13 y 14 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol.
M-1840.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal;
contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal lalongado.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.8μ , cava 1.0μ ;
ornamentación equinada, espinas sólidas de 4.8μ de largo x
 3.2μ de base.

Tamaño P - 37.1μ (36 - 37.6μ)
E - 37.4μ (36 - 37.6μ)

Gnaphalium lavandulaceum D.C.

Hierba

Bosque de Pinus, zonas alpi-
nas y pastizales alpinos.

Lámina I, Figs. 15 y 16 (1000 x) Col. Pal. Inst. Geol. M- 1834.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal pro-
lado; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal circular.

Exina tectada, sexina 1.6μ , nexina 1.0μ , cava 1.0μ ;
ornamentación equinada, espinas agudas de 4.0μ de largo x 4.8μ
de base, sólidas hasta la mitad.

Tamaño P - 33μ (32 - 34.4μ)
E - 31.3μ (29.6 - 34.4μ)

Gnaphalium liebmani Sch. Bip. ex Klatt.

Hierba

Bosque de Pinus y pastizales alpinos.

Lámina I, Figs. 17 y 18 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1836.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal circular.

Exina tectada, sexina 1.6μ , nexina 0.8μ , cava 1.5μ ; ornamentación equinada, espinas agudas de 2.8μ de largo x 3.2μ de base, sólidas hasta la mitad.

Tamaño P - 32.8μ (30 - 36μ)
E - 32μ (30 - 36μ)

Gnaphalium oxyphyllum D.C.

Hierba

Bosque de Pinus, Quercus y lugares perturbados.

Lámina I, Figs. 19 y 20 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1835.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal circular.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.8μ , cava 0.5μ ; ornamentación equinada, espinas agudas de 4.0μ de largo x 3.2μ de base, sólidas hasta la mitad.

Tamaño P - 35μ (32 - 38μ)
E - 35μ (34 - 36μ)

Senecio angulifolius D.C.

Hierba

Bosque de Pinus y Quercus

Lámina II, Figs. 1, 2 y 3 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1837.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal circular.

Exina tectada, sexina 1μ , nexina 1μ , cava 0.8μ ; ornamentación equinada, espinas ligeramente romas de 7.2μ de largo x 6.4μ de base, sólidas hasta la mitad.

Tamaño P - 45.6μ (30 - 56μ)

E - 45.3μ (28 - 58μ)

Senecio procumbens HBK.

Hierba

Bosque de Pinus y Quercus.

Lámina II, Figs. 4, 5 y 6 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1833.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos de 30μ de longitud, colpo transversal circular.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.8μ , cava 0.8μ ; ornamentación equinada, espinas agudas de 4.4μ de largo x 4.8μ de base, sólidas una tercera parte.

Tamaño P - 44μ (42 - 46μ)

E - 43.6μ (40 - 44μ)

Senecio sanguisorbae D.C.

Hierba

Bosque de Pinus y Quercus.

Lámina II, Figs. 7, 8 y 9 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1838.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos largos, colpo transversal circular con bordes no muy definidos.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.8μ , cava 0.8μ ; ornamentación equinada, espinas agudas de 4.0μ de largo x 4.0μ de base, sólidas tres cuartas partes.

Tamaño P - 31.3μ (30 - 32μ)

E - 30.6μ (28 - 32μ)

CRUCIFERAE

Descurainia impatiens (Cham. & Schl.)

Hierba

Amplia distribución.

Lámina II, Figs. 10, 11 y 12 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1853.

Tricolpado; radiosimétrico; isopolar; subprolado; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos cortos, márgenes con ornamentación microreticulada de 1.6μ , área polar grande (0.73 I.P.)

Exina subtectada, columelas claramente visibles y altas, sexina 1.2μ , nexina 0.8μ ; ornamentación microreticulada.

Tamaño P - 23μ (18 - 24μ)

E - 19.3μ (16 - 22μ).

Draba jorullensis HBK.

Hierba

Pastizal alpino.

Lámina II, Figs. 13 y 14 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1854.

Tricolpado; radiosimétrico; isopolar; subprolado; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos cortos, márgenes con la misma ornamentación que el resto del grano de 1μ , área polar grande (0.70 I.P).

Exina subtectada, columelas claramente visibles y muy altas, sexina 2.4μ , nexina 1.2μ ; ornamentación reticulada heterobrocada (se observan microespinas sobre los muros).

Tamaño P - 27μ ($23.2 - 28\mu$)
E - 21.9μ ($18.0 - 26\mu$)

CUPRESACEAE

Cupressus lindleyi Klotzsch.

Arbol

Bosque de Abies, de Quercus
y Bosque Mesófilo de Montaña.

Lámina II, Fig. 15 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 400.

Inaperturado; radiosimétrico; apolar; esferoidal; contorno circular.

Exina intectada de 1.6μ de grosor, no es posible diferenciar sexina de nexina; ornamentación verrucada.

Tamaño 27.6μ ($26 - 30\mu$) eje mayor
 21.6μ ($20 - 24\mu$) eje menor

Juniperus monticola Mart.

Arbol

Bosque de Juniperus

Lámina II, Fig. 16 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1865.

Inaperturado; radiosimétrico; apolar; esferoidal; con
torno circular.

Exina intactada; sexina 1.2 μ , nexina 0.5 μ ; ornamen-
tación ligeramente verrucada.

Tamaño Diám. 32.6 μ (29.6 - 37.6 μ)

GERANIACEAE

Geranium vulcanicola Small in Hanks & Small.

Hierba

Bosque de Abies, Pinus, Quer-
cus y Cupressus.

Lámina II, Figs. 17 y 18. (500 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1921.

Tricolpado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; con-
torno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos cortos; área polar muy grande (0.8 I.P.)

Exina intactada clavada, sexina 4.8 μ , nexina 1.6 μ ;
ornamentación reticulada.

Tamaño P - 70 μ (44 - 80 μ)
E - 71.2 μ (44 - 82 μ)

GRAMINEAE

Agrostis toluensis Willd. ex Steud.

Hierba

Pastizal alpino

Lámina III, Fig. 1 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1843.

Monoporado; radiosimétrico; anisopolar; esferoidal;
contorno circular.

Abertura: poro 2.8μ ($2.6 - 2.8 \mu$) de diámetro, annulus 2μ ($1.9 - 2.0 \mu$) de grosor.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.4μ ; ornamentación psilada.

Tamaño Diám. 36μ .

Calamagrostis tolucensis Trin. ex Steud.

Hierba

Pastizal alpino.

Lámina III, Fig. 2 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1846.

Monoporado; radiosimétrico; anisopolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poro 2.4μ ($2.3 - 2.4 \mu$) de diámetro, annulus 1.6μ ($1.5 - 1.6 \mu$) de grosor.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.4μ ; ornamentación psilada.

Tamaño Diám. 36μ

Festuca livida Will. ex Spreng.

Hierba

Pastizal alpino.

Lámina III, Fig. 3 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1841.

Monoporado; radiosimétrico; anisopolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poro 4.0μ ($3.9 - 4.0 \mu$) de diámetro, annulus 2.4μ ($2.2 - 2.4 \mu$) de grosor.

Exina tectada, sexina 1.2μ , nexina 0.4μ ; ornamentación psilada.

Tamaño Diám. 43.9μ .

Festuca tolucensis HBK.

Hierba

Pastizal alpino.

Lámina III, Fig. 4 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1842.

Monoporado; radiosimétrico, anisopolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poro de $4.0 \times 3.2 \mu$ de diámetro, annulus de 2.4μ de grosor.

Exina tectada, sexina 1.2μ , nexina 0.4μ ; ornamentación psilada.

Tamaño 38μ (36 - 40 μ) eje mayor
 36μ (34 - 38 μ) eje menor

Muhlenbergia montana Buckl.

Hierba

Pastizal alpino.

Lámina III, Fig. 5 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1847.

Monoporado; radiosimétrico; anisopolar; esferoidal; contorno elíptico.

Abertura: poro de 3.2μ de diámetro, annulus 2.4μ de grosor.

Exina tectada, columelas claramente visibles, sexina 1.0μ , nexina 0.6μ ; ornamentación psilada.

Tamaño 33.2μ (30 - 34.4 μ) eje mayor
 31.9μ (30 - 34.0 μ) eje menor

Trisetum spicatum

Hierba

Pastizal alpino.

Lámina III, Fig. 6 (500 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1844.

Monoporado; radiosimétrico; anisopolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poro de 3.2μ de diámetro, annulus 4.0μ de grosor.

Exina tectada, sexina 0.8μ , nexina 0.8μ ; ornamentación psilada.

Tamaño Diám. 39.6μ (38 - 40μ)

LABIATEAE

Salvia elegans Vahl.

Hierba

Bosque de Abies.

Lámina III, Figs. 7 y 8 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1850.

Estefanocolpado (6 colpos); radiosimétrico; isopolar; subprolado; contorno circular.

Abertura: colpos de 40μ de longitud x 15.2μ de ancho, márgenes delgados y lisos de 0.5μ , área polar pequeña (0.17 I.P.)

Exina subtectada, columelas grandes claramente visibles, sexina 1.2μ , nexina 0.8μ ; ornamentación reticulada heterobrocada, las lúminas disminuyen de tamaño hacia el apocolpio y las aberturas.

Tamaño P - 51.4μ (50 - 56μ)

E - 40.3μ (38 - 42μ)

LEGUMINOSAE

Lupinus montanus HBK.

Hierba

Bosque de Pinus, Quercus y
Pastizal alpino.

Lámina III, Figs. 9 y 10 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1857.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; subprolado; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos de 30μ de longitud, membrana colpal granular de 1.6μ de grosor, colpo transversal alargado, área polar pequeña (0.25 I.P.).

Exina tectada, columelas claramente visibles, sexina 1.2μ , nexina 0.8μ ; ornamentación suprareticulada heterobrocada, las lúminas disminuyen de tamaño hacia el apocolpio.

Tamaño P - 42.8 μ (40.8 - 44 μ)
E - 33.5 μ (32.8 - 34 μ).

OXALIDACEAE

Oxalis alpina (Rose) Knuth.

Hierba

Bosque de Pinus, Abies y
Cupressus.

Lámina III, Figs. 11 y 12 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1919.

Tricolpado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos cortos, membrana colpal microreticulada, área polar grande (0.69 I.P.)

Exina tectada, columelas claramente visibles, sexina 1.6 μ , nexina 1.6 μ ; ornamentación microreticulada.

Tamaño P - 33.2 μ (27.2 - 36 μ)
E - 35.1 μ (28.8 - 38 μ)

PINACEAE

Abies religiosa Schl.

Arbol

Bosque de Abies, Pinus y
Quercus.

Lámina III, Fig. 13 (500 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1914.

Bisacado; bilateral; heteropolar; cuerpo elipsoidal, sacos hemisféricos; contorno más o menos elíptico.

Abertura: surco germinal liso de 25.1 μ (18 - 40 μ) de longitud.

Exina tectada, exina en la parte media del grano de 8 μ de grosor, adelgazándose hacia la parte distal; elementos de la columela simples, sexina 5.6 μ , nexina 1.6 μ ; ornamentación escabrosa en la parte dorsal y psilada en la parte ventral, con sacos globosos reticulados a base de grandes mallas abiertas y lúminas de 3-6 μ .

Tamaño -largo total- 151.2 μ (132 - 174 μ)
cuerpo- 110.4 μ (90 - 138 μ) de largo x 91.2 μ (78 - 100 μ de ancho).
largo de los sacos- 49.7 μ (40 - 55 μ).

Pinus hartwegii Lindl.

Arbol Bosque de Pinus, Abies y Quercus.
Lámina III, Figs. 14 y 15 (500 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1915.

Bisacado; bilateral; heteropolar; cuerpo esferoidal, sacos elipsoidales; contorno más o menos elíptico.

Abertura: surco germinal escasamente definido de 8.8 μ (8 - 10 μ) de longitud.

Exina tectada, exina en la parte media del grano de 3.7 μ de grosor, adelgazándose hacia la parte distal, elementos de la columela visibles; sexina 1.4 μ , nexina 1.4 μ ; ornamentación escabrosa en la parte dorsal y psilada en la parte ventral, con sacos reticulados a base de mallas con lúminas de 2-5 μ .

Tamaño -largo total- 100 μ (96 - 106 μ)
cuerpo - 67.2 μ (62 - 70 μ) de largo x 56.8 μ (54 - 62 μ) de ancho.
largo de los sacos - 25.6 μ (24 - 26 μ).

PLANTAGINACEAE

Plantago toluensis Pilger.

Hierba Pastizal alpino.
Lámina IV, Fig. 1 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1916.

Periporado (poros de muy difícil observación); radiosimétrico; apolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poros irregulares en forma y tamaño, con opérculo, sin annulus.

Exina tectada de 1.6 μ de grosor; ornamentación verrucada con gránulos.

Tamaño Diám. 44.5 μ (38 - 49 μ).

ROSACEAE

Alchemilla procumbens Rose.

Hierba

Bosque de Quercus y Pinus y
Pastizal alpino.

Lámina IV, Figs. 2, 3 y 4 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1851.

Tricolporoidado; radiosimétrico; isopolar, prolado; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos de 32μ de largo, márgenes anchos con ornamentación granular de 1.6μ con adelgazamiento de la endexina a la mitad del colpo, área polar grande (0.66 I.P.)

Exina tectada, columelas claramente visibles en el meso colpo, sexina 1.0μ , nexina 1.0μ con engrosamiento hacia el apocolpio; ornamentación estriada con patrón microreticulado.

Tamaño P - 36.5μ ($32 - 42 \mu$)
E - 24μ ($24 - 26 \mu$)

Potentilla candicans H. & B.

Hierba

Bosque de Abies y Pinus.

Lámina IV, Figs. 5, 6 y 7 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1917.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; subprolado; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos largos provistos de una membrana colpal de 1.6μ con la misma ornamentación que el resto del grano, colpo transversal alargado, área polar mediana (0.38 I.P.).

Exina tectada, columelas claramente visibles, sexina 1.6μ , nexina 1.0μ ; ornamentación estriada con patrón microreticulado.

Tamaño P - 36.5μ ($30 - 40 \mu$)
E - 30.9μ ($24 - 36 \mu$)

SALICACEAE

Salix oxylepis Schn.

Arbusto

Bosque de Abies y Pinus.

Lámina IV, Figs. 8 y 9 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1862.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; prolado; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos de 25.6μ de longitud, márgenes con ornamentación granular, área polar mediana (0.3 I.P.)

Exina subtectada, sexina 0.8μ , nexina 0.4μ ; ornamentación reticulada heterobrocada, las lúminas disminuyen de tamaño hacia el apocolpio y las aberturas.

Tamaño P - 29.1μ (26.4 - 30μ)

E - 19.2μ (16.8 - 20μ).

SAXIFRAGACEAE

Ribes ciliatum H. & B.

Arbusto

Bosque de Pinus, Quercus y Pastizal alpino.

Lámina IV, Figs. 10 y 11 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1860.

Periporado (7 - 9); radiosimétrico; apolar; esferoidal; contorno circular.

Abertura: poros operculados isodiamétricos de 4.8μ de diámetro, annulus de 0.8μ de grosor.

Exina tectada, sexina 1.6μ , nexina 0.8μ ; patrón microreticulado.

Tamaño Diám. 40μ .

SCROPHULARIACEAE

Castilleja sp.

Hierba

Bosque de Quercus.

Lámina IV, Figs. 12, 13 y 14 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol.
M- 1849.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos de 23.2μ de longitud, márgenes de 0.8μ con ornamentación granular, colpo transversal lalongado, área polar grande (0.73 I.P.)

Exina tectada columelas claramente visibles, sexina 1.2μ de grosor adelgazándose hacia los colpos, nexina 0.8μ ; ornamentación microreticulada.

Tamaño P - 26.3μ ($28 - 30 \mu$)
E - 20.1μ ($18.4 - 22 \mu$)

Penstemon gentianoides Don.

Hierba

Bosque de Pinus y Quercus

Lámina IV, Fig. 15 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1848.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; prolado; contorno polar circular, contorno ecuatorial elíptico.

Abertura: colpos medianos, márgenes psilados de 0.8μ de grosor, colpo transversal lalongado, área polar mediana (0.52 I.P.).

Exina tectada, columelas claramente visibles, sexina 0.8μ , nexina 1.2μ ; ornamentación microreticulada.

Tamaño P - 29.5μ ($26 - 32 \mu$)
E - 18.8μ ($16 - 20 \mu$)

SOLANACEAE

Solanum demissum Linld.

Hierba

Bosque mesófilo de montaña.

Lámina IV, Figs. 16 y 17 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M-1861.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; esferoidal; contorno polar y ecuatorial circular.

Abertura: colpos de 21.6μ de longitud, márgenes lisos de 1.6μ , distancia intercolpal de 17.6μ , colpo transversal alargado, área polar mediana (0.53 I.P.).

Exina tectada, sexina 0.6μ , nexina 0.6μ ; patrón microreticulado.

Tamaño P - 28μ (24 - 29.6μ)
E - 24μ ($23.2 - 24.8 \mu$)

UMBELLIFERAE

Eryngium proteiflorum Delar. f.

Hierba

Bosque de coníferas y Pastizal alpino.

Lámina IV, Fig. 18 (1000 x). Col. Pal. Inst. Geol. M- 1864.

Tricolporado; radiosimétrico; isopolar; prolado; contorno ecuatorial elíptico.

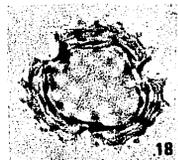
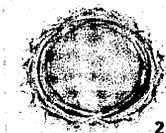
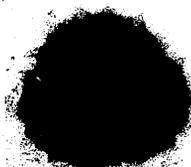
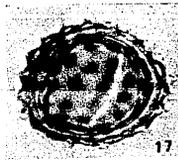
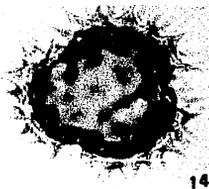
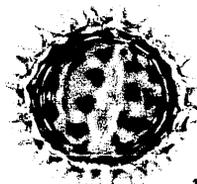
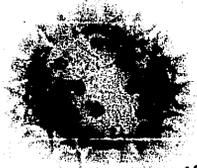
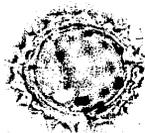
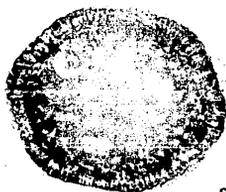
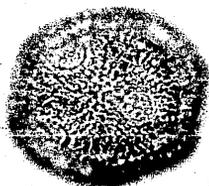
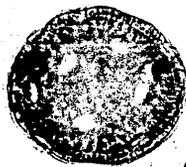
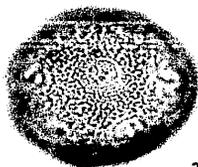
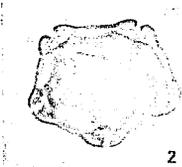
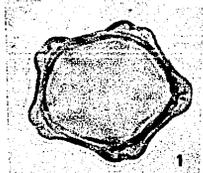
Abertura: colpos de 40μ de longitud, márgenes de 2μ de grosor, colpo transversalmente paralelo.

Exina tectada, columelas claramente visibles, exina de 2.4μ de grosor, sexina 0.8μ a nivel del colpo transversal con engrosamiento hacia los polos hasta 1.6μ , nexina 1.6μ a nivel del colpo transversal con adelgazamiento hacia los polos; patrón microreticulado.

Tamaño P - 41.9μ (40 - 44μ)
E - 22.6μ (20 - 24μ)

C. TOVAR

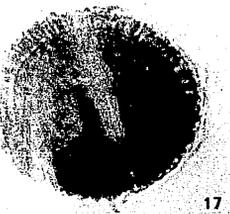
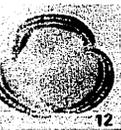
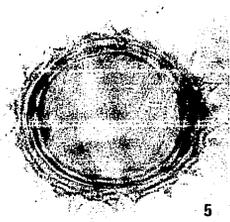
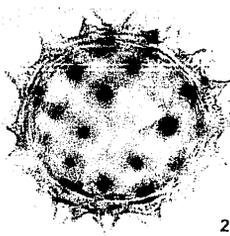
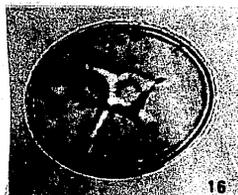
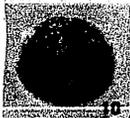
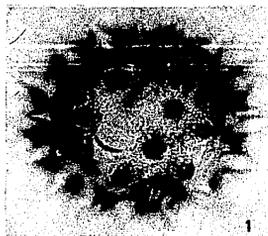
LAMINA I



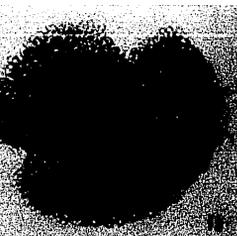
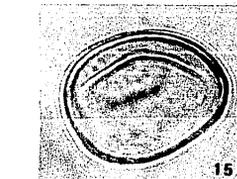
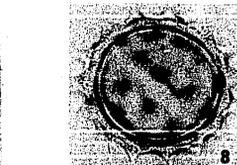
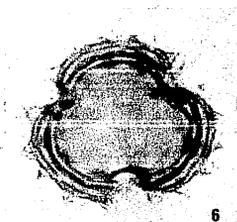
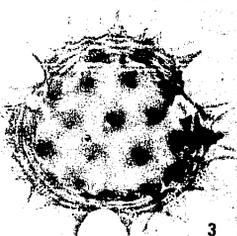
LAMINA I

- Figs. 1 y 2 - Alnus sp.
Figs. 3 y 4 - Arenaria sp.
Figs. 5 y 6 - Cerastium molle
Figs. 7, 8 y 9- Cirsium pinetorum
Figs. 10 y 11 - Conyza shiedeana
Figs. 12, 13 y
14. - Eupatorium glabratum
Figs. 15 y 16 - Gnaphalium lavandulaceum
Figs. 17 y 18 - Gnaphalium liebmannii
Figs. 19 y 20 - Gnaphalium oxyphyllum

C.TOVAR



LAMINA II

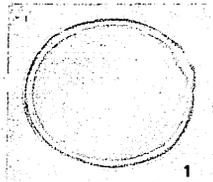


LAMINA II

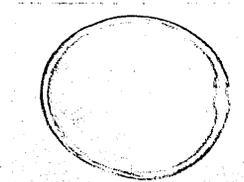
- Figs. 1, 2 y 3 - Senecio angulifolius
- Figs. 4, 5 y 6 - Senecio procumbens
- Figs. 7, 8 y 9 - Senecio sanguisorbae
- Figs. 10, 11 y
12. - Descurainia impatiens
- Figs. 13 y 14 - Draba jorullensis
- Fig . 15. - Cupressus lindleyi
- Fig . 16. - Juniperus monticola
- Figs. 17 y 18 - Geranium vulcanicola

C. TOVAR

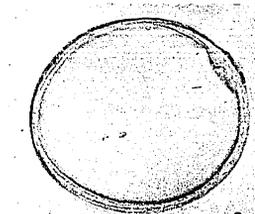
LAMINA III



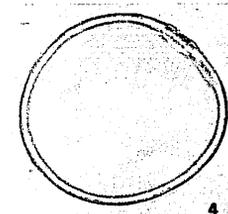
1



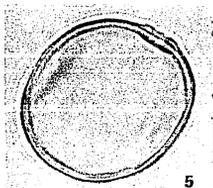
2



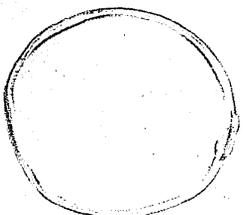
3



4



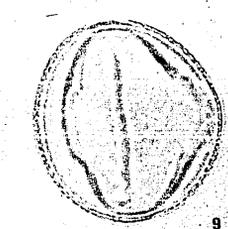
5



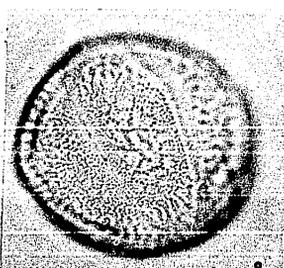
6



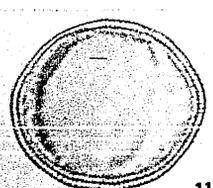
7



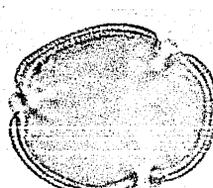
8



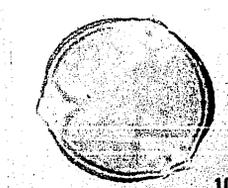
9



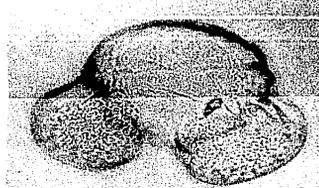
10



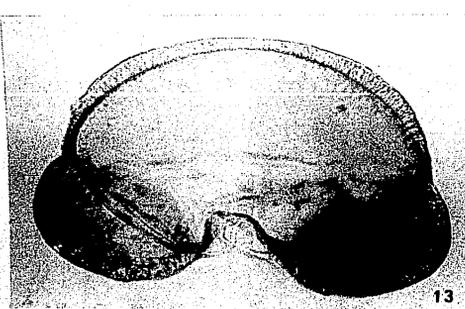
11



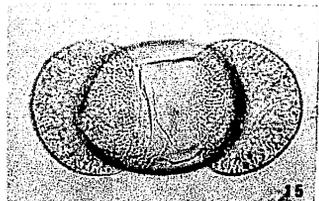
12



13



14



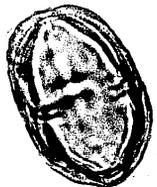
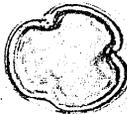
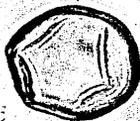
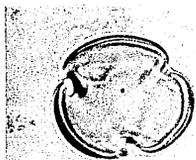
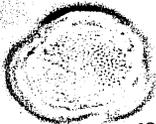
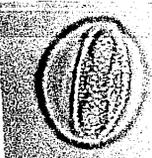
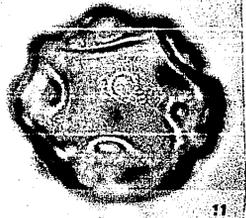
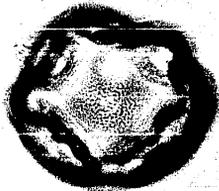
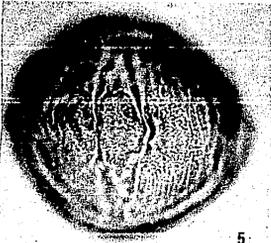
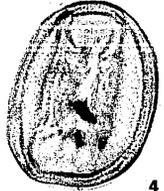
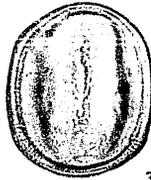
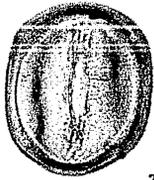
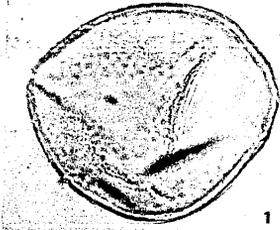
15

LAMINA III

- Fig. 1 - Agrostis toluensis
- Fig. 2 - Calamagrostis toluensis
- Fig. 3 - Festuca livida
- Fig. 4 - Festuca toluensis
- Fig. 5 - Muhlenbergia montana
- Fig. 6 - Trisetum spicatum
- Figs. 7 y 8 - Salvia elegans
- Figs. 9 y 10 - Lupinus montanus
- Figs. 11 y 12 - Oxalis alpina
- Fig. 13 - Abies religiosa
- Figs. 14 y 15 - Pinus hartwegii

C. TOVAR

LAMINA IV



LAMINA IV

- Fig. 1 - Plantago toluensis
- Figs. 2, 3 y 4 - Alchemilla procumbens
- Figs. 5, 6 y 7 - Potentilla candicans
- Figs. 8 y 9 - Salix oxylepis
- Figs. 10 y 11 - Ribes ciliatum
- Figs. 12, 13 y
14. - Castilleja sp.
- Fig. 15 - Penstemon gentianoides
- Figs. 16 y 17 - Solanum demissum
- Fig. 18 - Eryngium proteiflorum

IV. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentan por una parte, comparando el registro de la lluvia de polen de cada levantamiento con la cobertura de vegetación a fin de evaluar la representación palinológica de los taxa que conforman cada tipo de vegetación analizada. Posteriormente, en la sección 4.2 se presentan las diferentes lluvias de polen registradas, en relación a las altitudes en las que se obtuvieron las muestras con el objeto de conocer la distribución palinológica a lo largo de un transecto altitudinal, lo cual proporcionará información sobre los factores que determinan la composición de la lluvia de polen tales como dispersión, vientos, etc.

4.1 Tablas comparativas de la cobertura de la vegetación y la lluvia de polen.

Se presenta a continuación los resultados obtenidos en el análisis de la lluvia de polen (Tablas 2 a la 14).

En cada tabla se muedran los datos referentes a la vegetación como son: cobertura y cobertura relativa para cada taxón. La siguiente columna muestra los datos del análisis de la lluvia de polen: número de granos contados y porcentaje de granos de cada taxón. La última columna se refiere al factor de corrección R (Davis, 1963):

$$R = \frac{F_1}{F_2}$$

F_1 = porcentaje de polen de la especie A.

F_2 = porcentaje de representación de la especie A en la vegetación.

Considerando que la frecuencia del tipo de polen dentro de un grupo de datos está en función de la abundancia del taxón en el área circundante, el valor de R toma en cuenta las diferencias en-

las especies en términos de su eficiencia de dispersión y producción de polen (Davis, op. cit.)

4.1.1 Bosque de Abies

Es importante hacer notar que si bien este levantamiento se realizó en el bosque de Abies, este no es el que presenta el mayor porcentaje de polen, y a pesar de que se encontró con un 54.5% de cobertura su índice de representación ($R=0.16$) es muy bajo, es decir, se encuentra muy poco representado (Tabla 2).

Dentro de los elementos arbóreos ausentes en la vegetación pero con valores en la lluvia de polen se encuentran: Alnus sp., Quercus sp., Pinus sp. y Celtis sp.

En relación al PNA (polen de especies no arbóreas), Senecio sp., Festuca toluensis, Salvia sp., Oxalis alpina y Galium sp. presentan coberturas en el levantamiento y se encuentran ausentes en la lluvia de polen. Por otro lado las esporas son las que tienen el mayor porcentaje de la lluvia de polen no arbórea, mientras que las compuestas, gramíneas, Potentilla, Cheno-Am. y Plantago toluensis están presentes en ésta pero ausentes en la vegetación (Tabla 2).

Salix oxylepis es el único elemento no arbóreo con R , cuyo valor indica que está casi normalmente representado.

La composición de la lluvia de polen (se encuentra dominada por el PA (polen de especies arbóreas), en tanto que el PNA es muy diverso incluyendo 16 elementos, pero poco abundantes.

En este levantamiento se puede apreciar (Figura 4) que el porcentaje de cobertura del estrato herbáceo es ligeramente más elevado que el porcentaje polínico del mismo.

TABLA 2. Bosque de Abies religiosa. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 34 (3,335 msnm.)

TAXA ARBOREOS	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN		R	Z POLEN	
	COBER- TURA.	%COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS			
<u>Pinus</u> sp.	-	-	110	41.20	-		
<u>Alnus</u> sp.	-	-	34	12.73	-		
<u>Abies religiosa</u>	85	54.5	23	8.61	0.16		
<u>Quercus</u> sp.	-	-	13	4.87	-		
<u>Celtis</u> sp.	-	-	3	1.12	-		
		54.5	TPA/183	68.53			
TAXA NO ARBOREOS							
Esporas	-	-	32	12.0	-		
Compositae	-	-	14	5.24	-		
<u>Potentilla candicans</u>	-	-	9	3.37	-		
Cheno-Am.	-	-	5	1.87	-		
Gramineae	-	-	5	1.87	-		
<u>Plantago toluensis</u>	-	-	5	1.87	-		
Rosaceae I	-	-	3	1.13	-		
<u>Salix oxylepis</u>	1	0.64	2	0.75	0.85		
No identificados	-	-	2	0.75	-		
<u>Cordia</u> sp.	-	-	1	0.37	-		
<u>Arenaria</u> sp.	-	-	1	0.37	-		
<u>Descurainia impatiens</u>	-	-	1	0.37	-		
Leguminosae	-	-	1	0.37	-		
Onagraceae	-	-	1	0.37	-		
<u>Castilleja</u> sp.	-	-	1	0.37	-		
<u>Eryngium proteiflorum</u>	-	-	1	0.37	-		
<u>Senecio</u> sp.	30	19.23	-	-	-		
<u>Festuca toluensis</u>	30	19.23	-	-	-		
<u>Salvia</u> sp.	8	5.13	-	-	-		
<u>Oxalis alpina</u>	1	0.64	-	-	-		
<u>Galium</u> sp.	1	0.64	-	-	-		
		45.5	TPNA/84	31.44			
			267	99.96			

TPA - total polen arbóreo

TPNA- total polen no arbóreo

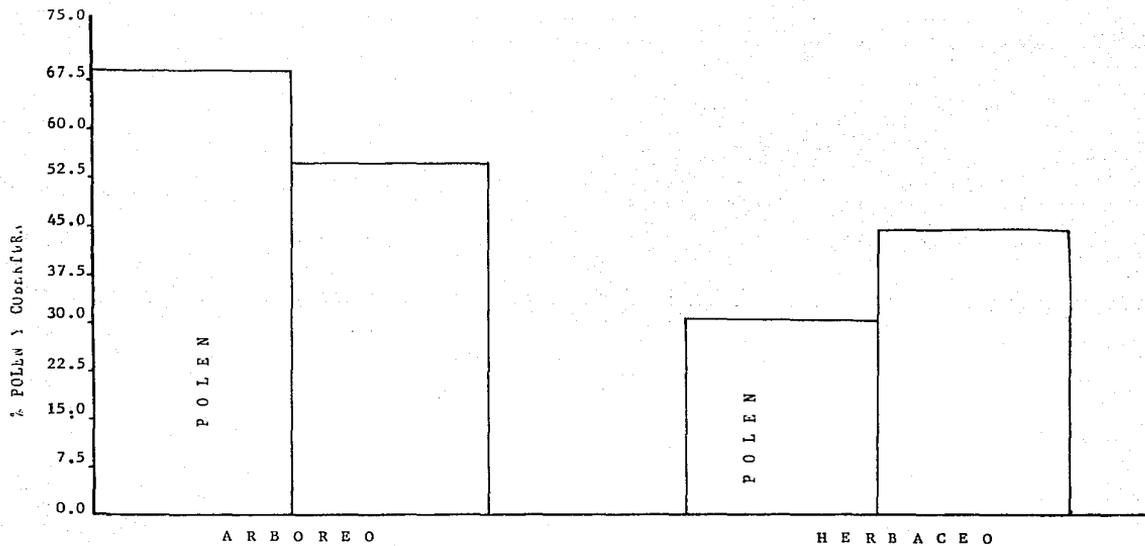


Figura 4. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 3 335 m.

4.1.2 Bosque de Pinus

El R de Pinus sp. (Tabla 3) obtenido para este levantamiento es de 1.41, lo cual indica una sobrerrepresentación de este taxon en la lluvia de polen. Dentro de los elementos arbóreos ausentes en la vegetación pero con valores significativos en la lluvia de polen están: Alnus sp., Quercus sp. y Abies religiosa.

En relación al PNA, las gramíneas tienen valores de cobertura altos, pero en el análisis palinológico están casi ausentes. Otros taxa como Alchemilla y Senecio con valores de cobertura menores tampoco se registraron en la lluvia de polen.

La composición de la lluvia de polen se encuentra dominada por el elemento arbóreo, mientras que el no arbóreo además de ser escaso es poco diverso, registrándose sólo cinco taxa.

En la comparación global de coberturas y lluvia de polen (Figura 5), es notorio el valor elevado de cobertura herbácea en comparación al porcentaje de polen de elementos herbáceos, lo cual indica que estos taxa están pobremente representados en la lluvia polínica.

4.1.3 Límite de Bosque

Este levantamiento se caracteriza por la ausencia de especies arbóreas (Tabla 4). Sin embargo en el espectro palinológico más del 50% corresponde a polen arbóreo como: Pinus, Quercus, Alnus y Abies religiosa como se puede observar en la figura 6.

Analizando el componente no arbóreo se puede observar que Festuca toluensis y Lupinus montanus tienen coberturas muy importantes en el levantamiento, pero no fueron registradas en la lluvia de polen. Arenaria, presente tanto en la vegetación como en la lluvia de polen, tiene un R=0.6 indicando que se encuentra sobrerrepresentada. Lo mismo ocurre con Draba y Alchemilla.

TABLA 3. Bosque de Pinus hartwegii. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 38 AB (3,800 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN		R	% POLEN
	COBER- TURA	% COBER- TURA	NUMERO GRANOS	% GRANOS		
TAXA ARBOREOS						
<u>Pinus sp.</u>	40	33.9	120	48.0	1.41	
<u>Alnus sp.</u>	-	-	54	21.6	-	
<u>Quercus sp.</u>	-	-	30	12.0	-	
<u>Abies religiosa</u>	-	-	20	8.0	-	
		33.9	TPA/224	89.6		
TAXA NO ARBOREOS						
Esporas	-	-	12	4.8	-	
Graminae	-	-	5	2.0	-	
<u>Draba jorullensis</u>	-	-	3	1.2	-	
<u>Conyza schiedeana</u>	-	-	2	0.8	-	
Cheno - Am.	-	-	2	0.8	-	
No identificados	-	-	2	0.8	-	
Campanulaceae	1	0.85	-	-	-	
<u>Arenaria sp.</u>	1	0.85	-	-	-	
<u>Gnaphalium sp.</u>	1	0.85	-	-	-	
<u>Senecio sp.</u>	2	1.69	-	-	-	
<u>Calamagrostis toluensis</u>	1	0.85	-	-	-	
<u>Festuca toluensis</u>	65	55.08	-	-	-	
<u>Trisetum spicatum</u>	1	0.85	-	-	-	
<u>Alchemilla sp.</u>	5	4.24	-	-	-	
<u>Penstemon pentanoides</u>	1	0.85	-	-	-	
		66.11	TPNA/26	10.4		
			250	100.0		

TPA- total polen arbóreo

TPNA- total polen no arbóreo.

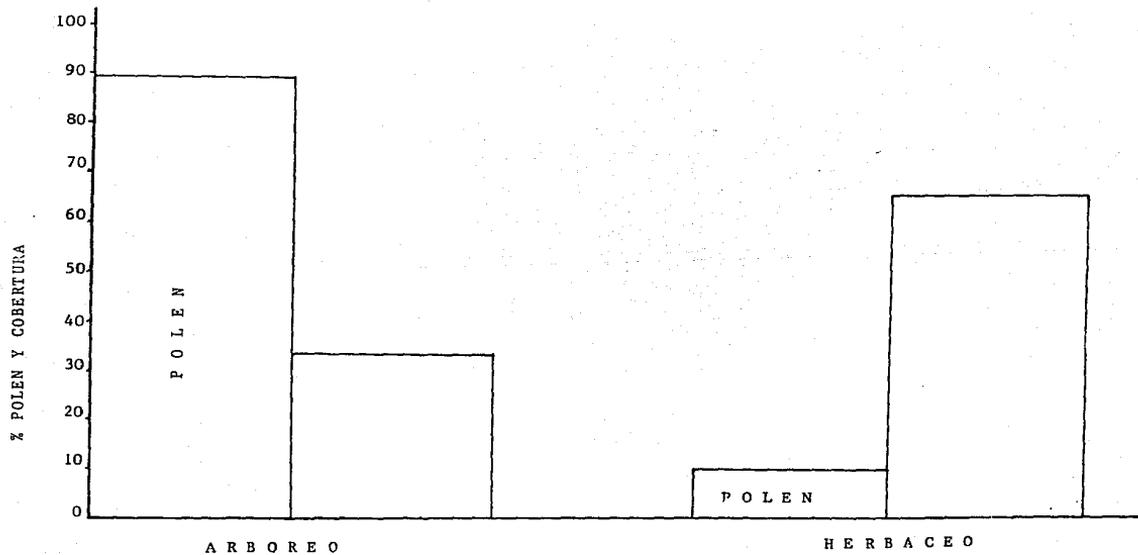


Figura 5. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 3800 m.

TABLA 4. Límite de Bosque. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP Lim. Bosq. (3,860 manm).

TAXA ARBOREOS	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			% POLEN
	COBER- TURA	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS	R	
<u>Pinus</u> sp.	-	-	147	57.4	-	
<u>Alnus</u> sp.	-	-	17	6.6	-	
<u>Abies religiosa</u>	-	-	15	5.9	-	
<u>Quercus</u> sp.	-	-	10	3.90	-	
			TPA/189	73.8		
TAXA NO ARBOREOS						
Gramíneae	-	-	35	13.7	-	
Esporas	-	-	10	3.9	-	
Compositae	-	-	9	3.5	-	
No identificados	-	-	4	1.6	-	
<u>Arenaria</u> sp.	2	1.98	3	1.2	0.60	
Cheno - Am.	-	-	2	0.8	-	
<u>Eryngium proteiflorum</u>	-	-	2	0.8	-	
Mimosaceae	-	-	1	0.4	-	
Papilionaceae	-	-	1	0.4	-	
<u>Draba jorullensis</u>	5	4.95	-	-	-	
<u>Festuca toluensis</u>	70	69.31	-	-	-	
<u>Lupinus montanus</u>	20	19.80	-	-	-	
<u>Alchemilla</u> sp.	4	3.96	-	-	-	
	100.0		TPNA/67	26.3		
			256	100.1		

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo

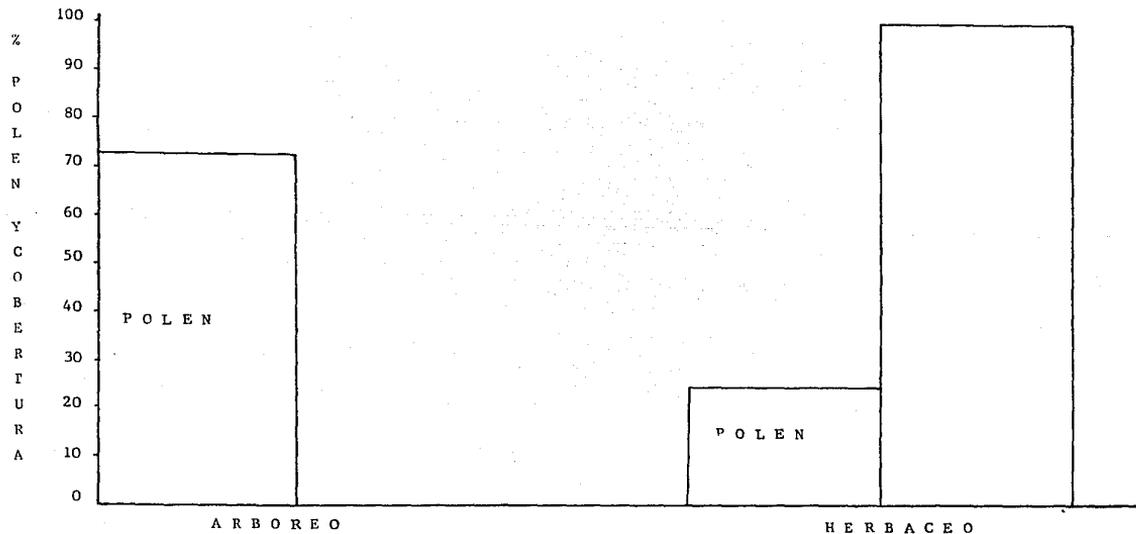


Figura 6. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 3860m.

Eryngium proteiflorum, las Chenop-Am. y las compuestas están presentes en el espectro palinológico con bajos porcentajes.

4.1.4 Pastizal alpino cerrado.

Los cinco levantamientos que constituyen este tipo de vegetación se caracterizan por el predominio de polen arbóreo con respecto al polen no arbóreo en los espectros palinológicos obtenidos. Las especies con más alto porcentaje polínico son en primer término Alnus sp. (entre 3,940 y 4,000 m), Quercus sp. (a 4,025 m) y Pinus sp. (a 3,900 m) (Tablas 5 a la 9).

Es importante hacer notar que en este conjunto de cinco levantamientos no se registró cobertura para ningún género del estrato arbóreo (Figuras 7, 8, 9, 10 y 11).

El elemento que presenta valores de cobertura más altos (70% o más) en estos levantamientos corresponde a las gramíneas, sin embargo en los espectros palinológicos esta familia siempre se encuentra sobrerrepresentada de tal forma que su valor de R es muy bajo.

En este tipo de vegetación la diversidad de taxa no arbóreos que presentan cobertura en los levantamientos es alta, encontrándose entre estos las compuestas, crucíferas, leguminosas y scrophulariaceas. Sin embargo, no todos fueron registrados en la lluvia de polen y por tanto es poco diversa.

En relación al R, Conyza schiedeana se encuentra sobrerrepresentada en tres levantamientos (3,940-3,980 y 4,025m), en tanto que Draba jorullensis está sobrerrepresentada en dos levantamientos (4,000 y 4,025m).

Lupinus montanus debe mencionarse como un caso aparte, ya que se encuentra presente en cuatro de los cinco levantamientos, y

TABLA 5. Pastizal alpino cerrado. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 39 A (3900 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN		R	% POLEN
	COBER- TURA	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS		
TAXA ARBOREOS						
<u>Pinus sp.</u>	-	-	46	18.4	-	30
<u>Quercus sp.</u>	-	-	39	15.6	-	60
<u>Alnus sp.</u>	-	-	27	10.8	-	
<u>Abies religiosa</u>	-	-	4	1.6	-	
			TPA/116	46.4		
TAXA NO ARBOREOS						
<u>Conyza schiedeana</u>	-	-	73	29.2	-	
Compuesta B	-	-	34	13.6	-	
Esporas	-	-	8	3.2	-	
Gramineae	-	-	7	2.8	-	
<u>Draba jorullensis</u>	18	15.9	3	1.2	0.07	
Cheno- Am.	-	-	3	1.2	-	
<u>Salix oxylepis</u>	-	-	3	1.2	-	
<u>Lupinus montanus</u>	15	13.16	2	0.8	0.06	
<u>Senecio sanguisorbae</u>	-	-	1	0.4	-	
<u>Senecio sp.</u>	10	8.77	-	-	-	
<u>Calamagrostis toluensis</u>	40	35.08	-	-	-	
<u>Festuca toluensis</u>	30	26.31	-	-	-	
<u>Penstemon gentianicoides</u>	1	0.88	-	-	-	
		100.00	TPNA/134	53.6		
TOTAL			250	100.0		

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo

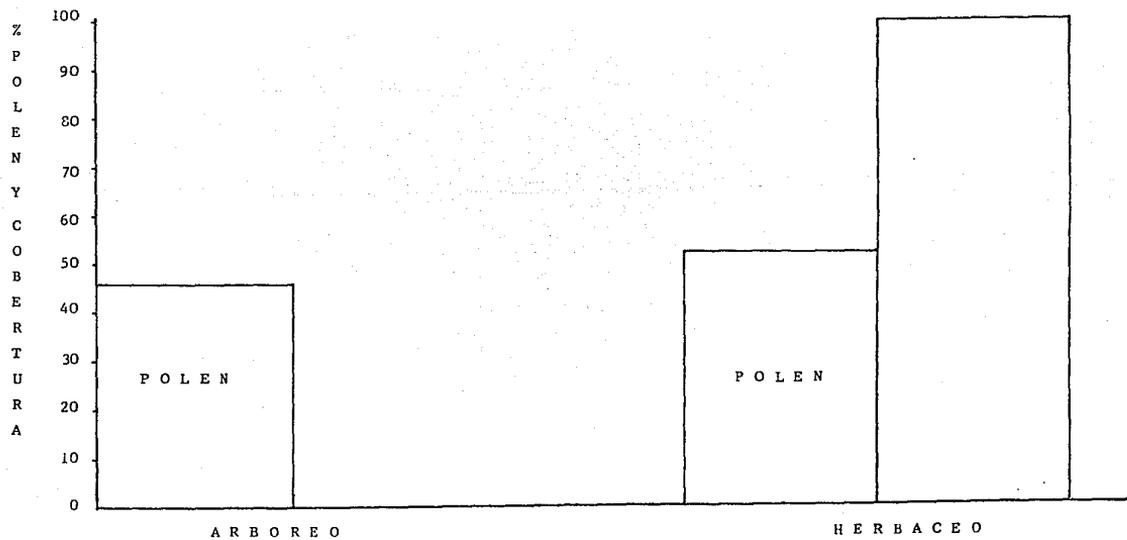


Figura 7. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 3900 m.

TABLA 6. Pastizal alpino cerrado. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 39 B (3,940 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			% POLEN
	COBER- TURA.	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS	R	
TAXA ARBOREOS						
<u>Alnus sp.</u>	-	-	81	32.4	-	
<u>Pinus sp.</u>	-	-	75	30.0	-	
<u>Quercus sp.</u>	-	-	46	18.4	-	
<u>Abies religiosa</u>	-	-	11	4.4	-	
<u>Cupressus lindleyi</u>	-	-	4	1.6	-	
			<u>TPA/217</u>	<u>86.8</u>		
TAXA NO ARBOREOS						
<u>Conyza schiedeana</u>	1	0.93	14	5.6	0.62	
Esporas	-	-	8	3.2	-	
Compuesta B	-	-	3	1.2	-	
Cheno-Am.	-	-	3	1.2	-	
<u>Eryngium proteiflorum</u>	-	-	2	0.8	-	
<u>Arenaria sp.</u>	3	2.77	1	0.4	0.14	
<u>Draba jorullensis</u>	1	0.93	1	0.4	0.43	
<u>Penstemon gentianicoides</u>	2	1.85	1	0.4	0.22	
<u>Cerastium molle</u>	1	0.93	-	-	-	
<u>Cirsium sp.</u>	1	0.93	-	-	-	
<u>Gnaphalium sp.</u>	1	0.93	-	-	-	
<u>Carex sp.</u>	1	0.93	-	-	-	
<u>Calamagrostis tolu-censis.</u>	10	9.26	-	-	-	
<u>Festuca toluensis</u>	80	74.07	-	-	-	
<u>Salvia sp.</u>	1	0.93	-	-	-	
<u>Alchemilla sp.</u>	6	5.55	-	-	-	
		<u>100.0</u>	<u>TPNA/33</u>	<u>13.2</u>		
TOTAL			250	100.0		

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo

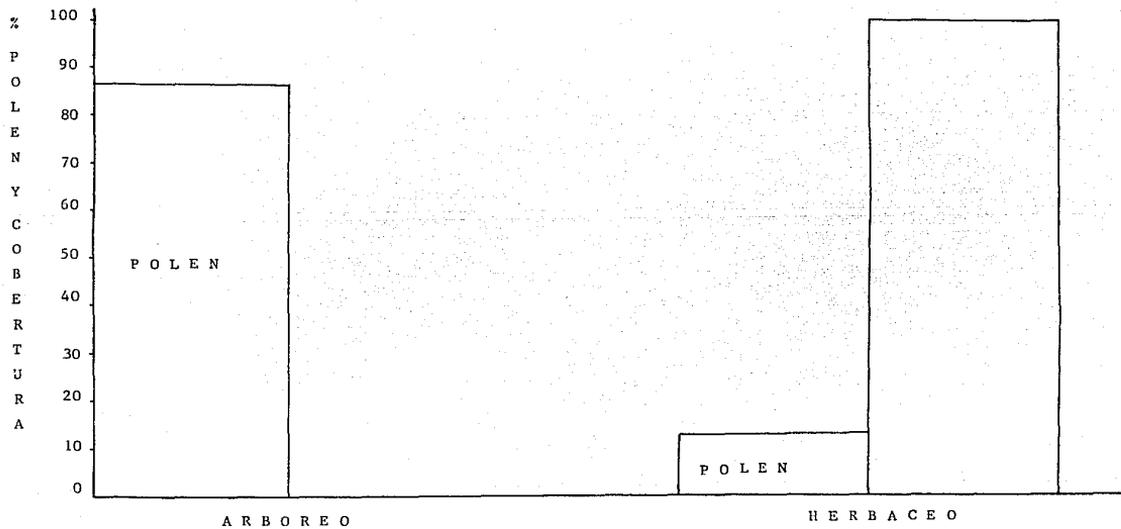


Figura 8. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 3940 m.

TABLA 7. Pastizal alpino cerrado. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP Zacatonal (3,980 msnm)

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			% POLEN
	COBER- TURA.	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS	R	
TAXA ARBOREOS						
<u>Pinus sp.</u>	-	-	113	45.2	-	30
<u>Quercus sp.</u>	-	-	55	22.0	-	60
<u>Abies religiosa</u>	-	-	30	12.0	-	
	-	-	4	1.6	-	
			TPA/202	81.1		
TAXA NO ARBOREOS						
<u>Conyza schiedeana</u>	1	1.20	15	6.0	5.0	
Composita A	-	-	11	4.4	-	
Gramineae	-	-	11	4.4	-	
Esporas	-	-	6	2.4	-	
<u>Cerastium molle</u>	1	1.20	2	0.8	0.66	
<u>Potentilla candidans</u>	-	-	2	0.8	-	
Onagracea	-	-	1	0.4	-	
<u>Cirsium sp.</u>	2	2.41	-	-	-	
<u>Senecio stoechadiformis</u>	2	2.41	-	-	-	
<u>Descurainia impatiens</u>	2	2.41	-	-	-	
<u>Draba jorullensis</u>	1	1.20	-	-	-	
<u>Festuca tolucensis</u>	70	84.34	-	-	-	
<u>Trisetum spicatum</u>	2	2.41	-	-	-	
<u>Lupinus montanus</u>	1	1.20	-	-	-	
<u>Ribes ciliatum</u>	1	1.20	-	-	-	
		100.0	TPNA/48	18.9		
TOTAL			250	100.0		

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo.

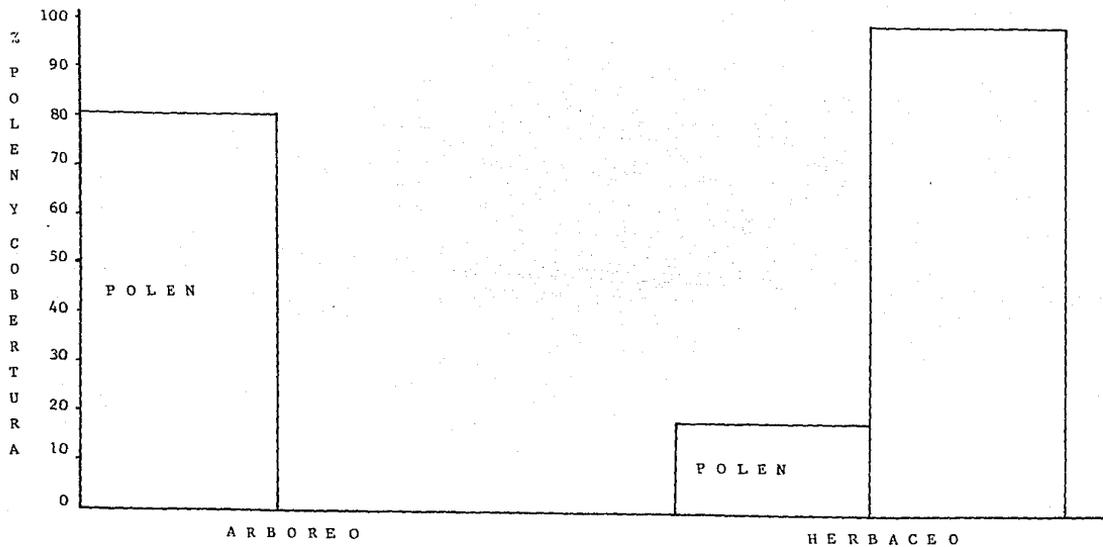


Figura 9. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 3980 m.

TABLA 8. Pastizal alpino cerrado. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 40 B (4,000 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			R	% POLEN
	COBER- TURA.	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS			
TAXA ARBOREOS							
<u>Alnus</u> sp.	-	-	62	24.8	-		
<u>Quercus</u> sp.	-	-	60	24.0	-		
<u>Pinus</u> sp.	-	-	30	12.0	-		
<u>Abies religiosa</u>	-	-	7	2.8	-		
<u>Juniperus monticola</u>	-	-	1	0.4	-		
			<u>TPA/160</u>	<u>64.0</u>			
TAXA NO ARBOREOS							
Esporas	-	-	31	12.4	-		
<u>Conyza schiedana</u>	-	-	18	7.2	-		
<u>Draba jorullensis</u>	1	1.09	14	5.6	2.95		
Compuesta B	-	-	13	5.2	-		
<u>Calamagrostis toluensis.</u>	30	32.6	7	2.8	0.08		
<u>Penstemon gentianoides</u>	8	8.69	5	2.0	0.23		
Cheno - Am.	-	-	1	0.4	-		
<u>Lupinus montanus</u>	11	11.96	1	0.4	0.03		
<u>Cerastium molle</u>	1	1.09	-	-	-		
<u>Senecio stoechadiformis</u>	1	1.09	-	-	-		
<u>Festuca toluensis</u>	40	43.5	-	-	-		
			<u>100.0</u>	<u>TPNA/90</u>	<u>36.0</u>		
TOTAL			250	100.0			

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo.

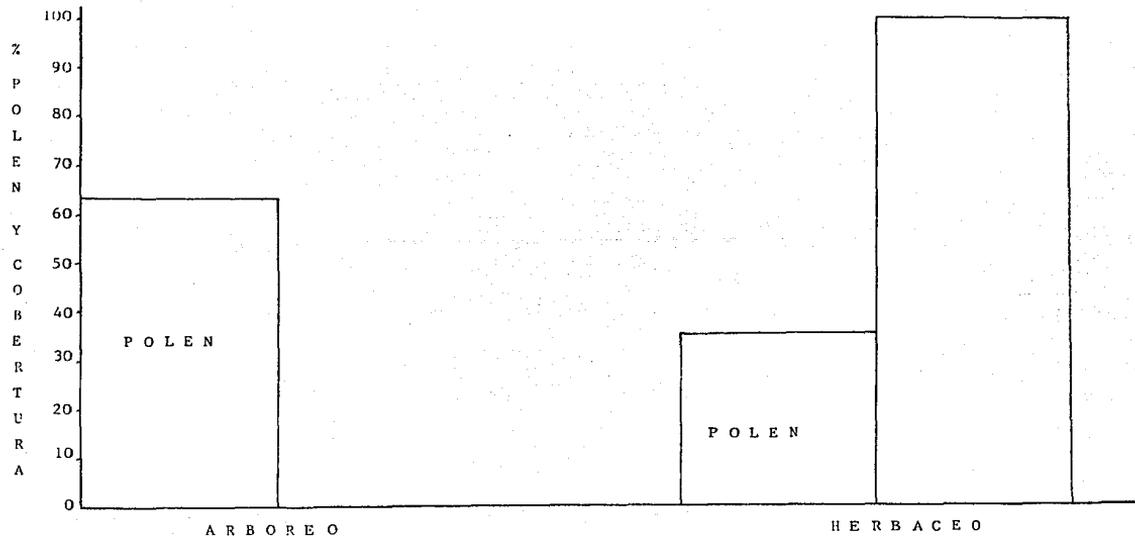


Figura 10. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 4 000 m.

TABLA 9. Pastizal alpino cerrado. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.
Levantamiento 40 A (4,025 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			R	% POLEN
	COBER- TURA	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS			
TAXA ARBOREOS							
<u>Quercus</u> sp.	-	-	60	24.0	-	-	
<u>Pinus</u> sp.	-	-	40	16.0	-	-	
<u>Alnus</u> sp.	-	-	35	14.0	-	-	
<u>Abies religiosa</u>	-	-	30	12.0	-	-	
			TPA/165	66.0			
TAXA NO ARBOREOS							
<u>Conyza schiedeana</u>	1	1.22	21	8.4	6.9	-	
Esporas	-	-	18	7.2	-	-	
<u>Arenaria</u> sp.	-	-	14	5.6	-	-	
Compuesta B	-	-	10	4.0	-	-	
<u>Draba jorullensis</u>	1	1.22	10	4.0	3.3	-	
Gramineae	-	-	4	1.6	-	-	
<u>Lupinus montanus</u>	1	1.22	4	1.6	1.31	-	
<u>Eryngium proteiflorum</u>	1	1.22	3	1.2	0.98	-	
<u>Salix oxylepis</u>	-	-	1	0.4	-	-	
<u>Cerastium molle</u>	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Cirsium</u> sp.	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Gnaphalium liebmannii</u>	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Descurainia impatiens</u>	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Calamagrostis toluensis</u>	70	85.4	-	-	-	-	
<u>Festuca hephaestophila</u>	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Trisetum spicatum</u>	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Luzula racemosa</u>	1	1.22	-	-	-	-	
<u>Penstemon gentianoides</u>	1	1.22	-	-	-	-	
			TPNA/85	34.0			
TOTAL			250	100.0			

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo

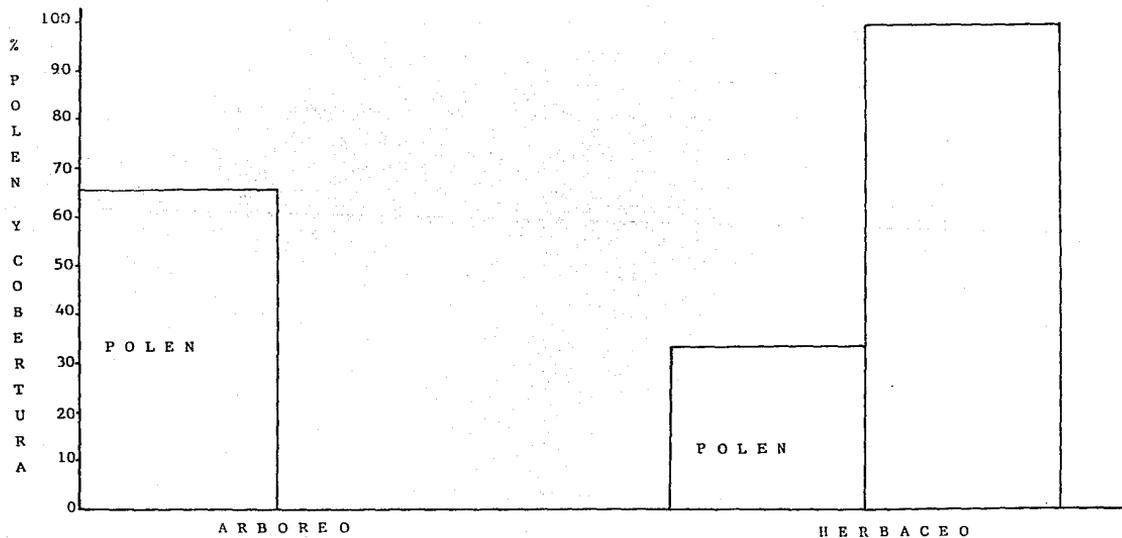


Figura 11. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 4 025 m.

aunque presenta porcentaje de cobertura entre el 1 y el 15%, el numero de granos registrado fué a excepción del levantamiento 40 A (4,025 m) donde está sobrerrepresentada.

4.1.5 Pastizal alpino abierto

En los levantamientos que componen este tipo de vegetación se puede observar que los elementos arbóreos estan ausentes en la vegetación; pero se presentan con valores significativos en la lluvia de polen: Pinus sp., Alnus sp. y Quercus sp.

Entre los elementos herbáceos las gramíneas presentan valores de cobertura altos (más del 60%), pero el resultado del análisis palinológico muestra que se encuentran muy poco representadas en la lluvia de polen (Tablas 10, 11, 12 y 13).

Arenaria sp. se encuentra bastante bien representada con R muy cercanos a 1. Esto es importante ya que a medida que aumenta la altitud se encontraron muchos más granos de este género, de tal forma que es el único elemento no arbóreo que si presenta una concordancia entre su presencia en la vegetación y su participación en la lluvia de polen.

En conclusión, en el pastizal alpino abierto el polen arbóreo es el que domina la composición de la lluvia de polen (a pesar de que en todos los levantamientos éstos taxa no presentan cobertura), mientras que el polen no arbóreo aunque presenta mayor diversidad sus valores de lluvia polínica son menores, no obstante que el 100% de la cobertura sea aportado por estos taxa (Figuras 12, 13, 14 y 15).

4.2 Análisis de la lluvia de polen a lo largo del transecto altitudinal de 3 335 a 4 320 m.

En esta sección se presentan los resultados del análisis pali-

TABLA 10. Pastizal alpino abierto. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 41 (4 100 msnm)

VEGETACION COBER- TURA.	% COBER TURA.	ESPECTRO DE POLEN		R	% POLEN
		NUMERO GRANOS	% GRANOS		
TAXA ARBOREOS					
<u>Pinus</u> sp.	-	-	73	29.2	-
<u>Alnus</u> sp.	-	-	40	16.0	-
<u>Quercus</u> sp.	-	-	25	10.0	-
<u>Cupressus lindleyi</u>	-	-	14	5.6	-
<u>Abies religiosa</u>	-	-	4	1.6	-
			TPA/156	62.4	
TAXA NO ARBOREOS					
<u>Coryza schiedeana</u>	-	-	18	7.2	-
<u>Arenaria</u> sp.	7	76.9	17	6.8	0.8
<u>Draba jorullensis</u>	1	1.10	17	6.8	6.1
<u>Agrostis tolucensis</u>	-	-	11	4.4	-
<u>Descurainia impatiens</u>	-	-	8	3.2	-
<u>Espora</u>	-	-	7	2.8	-
Compuesta E	-	-	4	1.6	-
Compuesta A	-	-	3	1.2	-
<u>Solanum demissum</u>	-	-	3	1.2	-
<u>Salix oxylepis</u>	-	-	3	1.2	-
<u>Cerastium molle</u>	-	-	2	0.8	-
<u>Potentilla candicans</u>	-	-	1	0.4	-
<u>Senecio procumbens</u>	1	1.10	-	-	-
<u>Calamagrostis tolucensis</u>	60	66.0	-	-	-
<u>Trisetum spicatum</u>	2	2.20	-	-	-
<u>Lupinus montanus</u>	20	22.0	-	-	-
			100.0	TPNA/94	37.6
TOTAL			250		100.0

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo

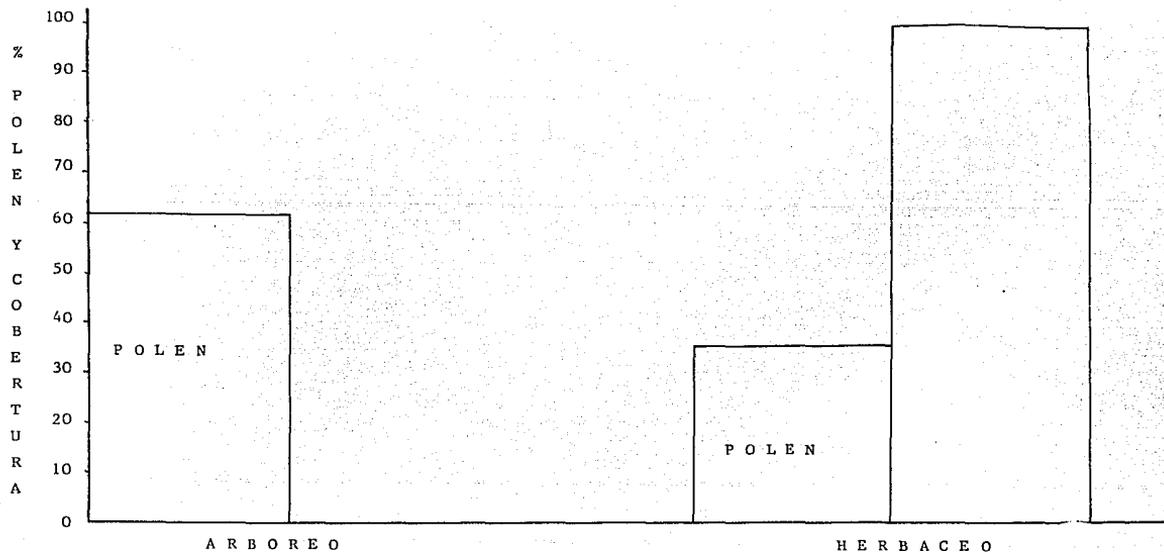
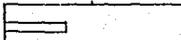
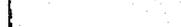


Figura 12. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 4 100 m.

Tabla 11. Pastizal alpino abierto. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 41 A (4,130 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN		R	% POLEN	
	COBER- TURA	% COBER TURA	NUMERO GRANOS	% GRANOS		30	60
TAXA ARBOREOS							
<u>Pinus</u> sp.	-	-	52	20.8	-		
<u>Alnus</u> sp.	-	-	37	14.8	-		
<u>Abies religiosa</u>	-	-	20	8.0	-		
<u>Quercus</u> sp.	-	-	16	6.4	-		
<u>Cupressus lindleyi</u>	-	-	6	2.4	-		
			<u>TPA/137</u>	<u>52.4</u>			
TAXA NO ARBOREOS							
<u>Descursainia impatiens</u>	-	-	32	12.8	-		
<u>Conyza schiedeana</u>	-	-	20	8.0	-		
<u>Arenaria</u> sp.	-	-	18	7.2	-		
<u>Calamagrostis toluensis</u>	60	82.19	14	5.6	0.07		
Esporas	-	-	9	3.6	-		
<u>Alchemilla</u> sp.	-	-	7	2.8	-		
<u>Solanum demissum</u>	-	-	5	2.0	-		
<u>Cerastium molle</u>	-	-	3	1.2	-		
No identificados	-	-	3	1.2	-		
<u>Salix oxylepis</u>	-	-	3	1.2	-		
<u>Lupinus montanus</u>	10	13.7	2	0.8	0.06		
<u>Draba jorullensis</u>	1	1.37	1	0.4	0.29		
Cheno - Am	-	-	1	0.4	-		
<u>Plantago toluensis</u>	-	-	1	0.4	-		
<u>Senecio procumbens</u>	1	1.37	-	-	-		
<u>Trisetum spicatum</u>	1	1.37	-	-	-		
			<u>100.0</u>	<u>TPNA/113</u>	<u>47.6</u>		
TOTAL				250	100.0		

TPA - total polen arboreo

TPNA - total polen no arboreo

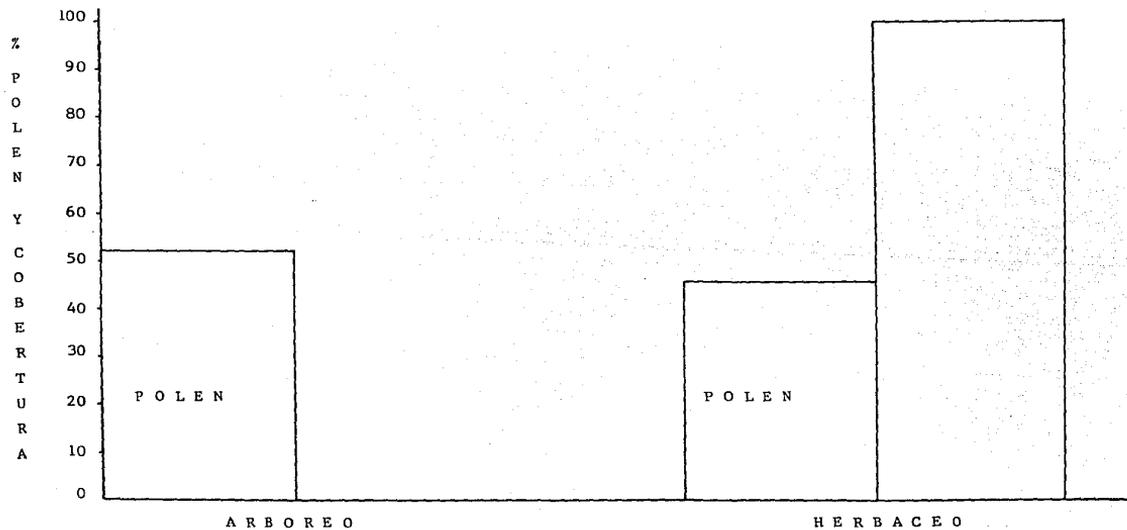


Figura 13. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 4130 m.

TABLA 12. Pastizal alpino abierto. Cobertura de la vegetación y espectro de polen.

Levantamiento POP 42 B (4,190 msnm).

	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			R	Z POLEN
	COBER- TURA.	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS			
TAXA ARBOREOS							
<u>Quercus</u> sp.	-	-	70	27.7	-		30
<u>Alnus</u> sp.	-	-	45	17.8	-		60
<u>Pinus</u> sp.	-	-	15	5.9	-		
<u>Abies religiosa</u>	-	-	4	1.6	-		
Ulmaceae	-	-	3	1.2	-		
			TPA/137	54.2			
TAXA NO ARBOREOS							
Gramineae	-	-	41	16.3	-		
<u>Arenaria</u> sp.	4	5.88	13	5.2	0.88		
Rosaceae I	-	-	12	4.8	-		
Compositae	-	-	11	4.4	-		
<u>Draba jorullensis</u>	5	7.35	11	4.4	0.6		
Esporas	-	-	8	3.2	-		
Cheno - Am	-	-	7	2.7	-		
No identificados	-	-	6	2.4	-		
Onagraceae	-	-	4	1.6	-		
<u>Salix oxylepis</u>	-	-	2	0.8	-		
<u>Senecio procumbens</u>	2	2.94	-	-	-		
<u>Calamagrostis toluensis</u>	45	66.18	-	-	-		
<u>Festuca toluensis</u>	2	2.94	-	-	-		
<u>Trisetum spicatum</u>	8	11.76	-	-	-		
<u>Plantago toluensis</u>	2	2.94	-	-	-		
TOTAL		100.0	TPNA/115	45.8			

TPA - total polen arbóreo

TPNA - total polen no arbóreo

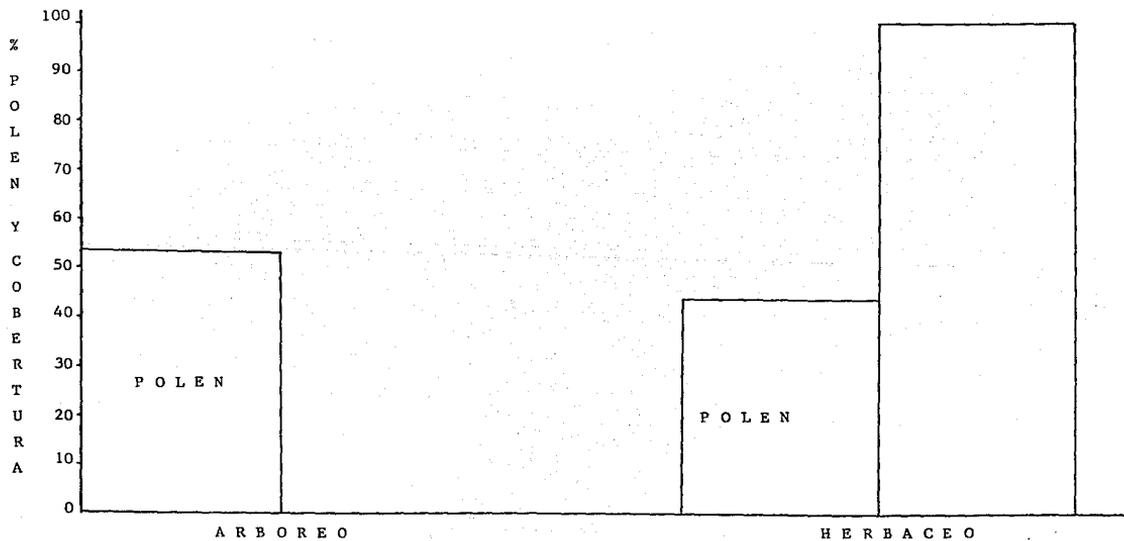


Figura 14. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 4190 m.

TABLA 13. Pastizal alpino abierto. Cobertura de la vegetación y espectro de polen

Levantamiento 43 A 4 320 msnm).

TAXA ARBOREOS	VEGETACION		ESPECTRO DE POLEN			% POLEN	
	COBER- TURA.	% COBER- TURA.	NUMERO GRANOS	% GRANOS	R		
<u>Quercus</u> sp.	-	-	63	22.3	-		
<u>Alnus</u> sp.	-	-	59	20.9	-		
<u>Pinus</u> sp.	-	-	18	6.4	-		
Betulaceae	-	-	2	0.7	-		
<u>Juglans</u> sp.	-	-	1	0.4	-		
Ulmaceae	-	-	1	0.4	-		
<u>Juniperus-Cupressus-</u> <u>Taxodium</u>	-	-	1	0.4	-		
			TPA/145	51.5			
TAXA NO ARBOREOS							
<u>Arenaria</u> sp.	8	27.59	49	17.4	0.63		
Caryophyllaceae	-	-	21	7.4	-		
Rosaceae I	-	-	15	5.3	-		
Esporas	-	-	10	3.5	-		
Compositae	-	-	9	3.2	-		
No identificados	-	-	7	2.5	-		
aff. <u>Cerastium</u>	-	-	6	2.1	-		
aff. <u>Plantago</u>	-	-	5	1.8	-		
<u>Draba jorullensis</u>	1	3.45	3	1.1	0.32		
Cheno - Am.	-	-	2	0.7	-		
Onagraceae	-	-	2	0.7	-		
Gramineae	-	-	1	0.4	-		
Cultivada	-	-	1	0.4	-		
<u>Acacia</u> sp.	-	-	1	0.4	-		
<u>Potentilla candicans</u>	-	-	1	0.4	-		
Rosaceae II	-	-	1	0.4	-		
Saxifragaceae	-	-	1	0.4	-		
Umbelíferae	-	-	1	0.4	-		
Monocotiledonea	-	-	1	0.4	-		
<u>Senecio procumbens</u>	3	10.35	-	-	-		
<u>Calamagrostis tolucensis</u>	1	3.45	-	-	-		
<u>Festuca tolucensis</u>	15	51.72	-	-	-		
<u>Trisetum spicatum</u>	1	3.45	-	-	-		
		100.00	TPNA/137	48.5			
			282	100.00			
TOTAL							
TPA - total polen arbóreo							
TPNA - total polen no arbóreo							

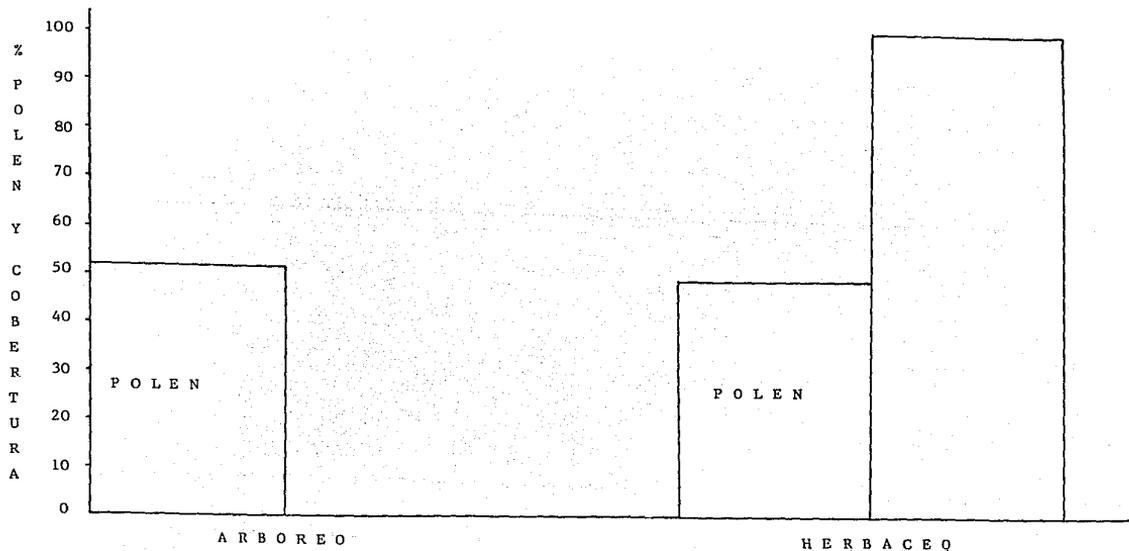


Figura 15. Porcentaje de polen y cobertura de vegetación para los estratos del levantamiento a los 4 320 m.

nológico de los 12 levantamientos graficados altitudinalmente, de tal forma que se construyó un diagrama palinológico (Figura 16), a partir de los datos obtenidos a lo largo del estudio (Tabla 14). Hacia el extremo izquierdo del diagrama se presenta la relación polen arbóreo/polen no arbóreo.

Los taxa registrados en los conteos están representados en el diagrama por sus porcentajes correspondientes, a la izquierda los arbóreos y a la derecha los no arbóreos, como se señala en la porción superior del diagrama.

Los porcentajes más altos del diagrama palinológico obtenido corresponden al polen arbóreo. En primer lugar Pinus, Alnus, Quercus y Abies.

Las únicas especies cuyo polen se identificó en todos los levantamientos fueron Alnus sp., Quercus sp., Pinus sp. y Abies religiosa. La primera tuvo un máximo en el pastizal alpino a los 3980 m (45.2%) y un mínimo en el mismo tipo de vegetación a los 3860 m (6.6%). Quercus sp. tuvo su máximo en el pastizal alpino a los 4190 m (27.7%), mismo lugar donde se presentó el valor mínimo para Pinus sp.; los porcentajes mínimo y máximo para estas dos últimas especies se registraron, respectivamente, a los 3800 m (3.9%) y a los 3860 m (57.4%).

Por otro lado, los porcentajes de A. religiosa nunca fueron superiores a 12%, obteniéndose el valor mínimo (1.6%) en los levantamientos localizados a los 3900, 3980, 4100 y 4190 m, todos en el pastizal alpino. El porcentaje máximo se presentó a los 4025 m (24 %).

Salix oxylepis y Celtis sp. se concentraron hacia las zonas extremas del perfil.

TABLA 14. Lluvia de polen a lo largo del transecto.

Levantamiento (POP)	34	38 AB	LIM.BOSQ.	39 A	39 B	ZAC.	40 B	40 A	41 B	41 A	42 B	43 A
ALTITUD (mnm)	3 335	3 800	3 860	3 900	3 940	3 980	4 000	4 025	4 100	4 130	4 190	4 320
BETULACEAE												0.7
Alnus	12.73	21.6	6.6	10.8	32.4	45.2	24.8	14.0	16.0	14.8	17.8	20.9
FAGACEAE												
Quercus	4.87	12.0	3.9	15.6	18.4	12.0	24.0	24.0	10.0	6.4	27.7	22.3
PINACEAE												
Abies	8.61	8.0	5.9	1.6	4.4	1.6	2.8	12.0	1.6	8.0	1.6	
Pinus	41.20	48.0	57.4	18.4	30.0	22.0	12.0	16.0	29.2	20.8	5.9	6.4
JUGLANDACEAE												
Juglans												0.4
ULMACEAE											1.2	0.4
Celtis	1.2											
Juniperus-Cyprusus-Taxodium						1.6	0.4		5.6	2.4		0.4
TOTAL PA	68.53	89.6	73.8	46.4	86.8	81.1	64.0	65.0	62.4	52.4	54.2	51.1
BORAGINACEAE												
Cordia	0.37											
CARYOPHYLLACEAE												
Arenaria	0.37		1.2		0.4			5.6	6.8	7.2	5.2	17.4
Cerastium aff. Cerastium						0.8			0.8	1.2		2.1
COMPOSITAE												
Gnysa		0.8	3.5	29.2	5.6	6.0	7.2	8.4	7.2	8.0	4.4	3.2
Senecio Composita A Composita B	5.24			0.4		4.4			1.2			
CRUCIFERAE												
Descurainia	0.37								3.2	12.8		
Draba		1.2		1.2	0.4		5.6	4.0	6.8	0.4	4.4	1.1
CHENO-AM.	1.87	0.8	0.8	1.2	1.2		0.4				2.7	0.7
GRAMINEAE	1.87		13.7									16.3
Aprostia									4.4			
Galamagroestia							2.8			5.6		
Graminea		2.0		2.8		4.4		1.6				
Quilvada												0.4
LEGUMINOSAE												
Acacia												0.4
Lupinus				0.8			0.4	1.6		0.8		
MIHOSACEAE	0.37		0.4									
DNAGRACEAE	0.37					0.4					1.6	0.7
PAPILIONACEAE			0.4									
PLANTAGINACEAE												
Plantago aff. Plantago	1.87									0.4		1.8
ROSACEAE												
Alchemilla										2.8		
Potentilla	3.37					0.8			0.4			0.4
Rosaceo I	1.13										4.8	5.3
Rosaceo II												0.4
SALICACEAE												
Salix	0.75			1.2				0.4	1.2	1.2	0.8	0.4
SAXIFRAGACEAE												0.4
SCROPHULARIACEAE												
Castilleja	0.37											
Penstemon				3.2	0.4		2.0					
SOLANACEAE												
Solanum									1.2	2.0		
UMBELLIFERAE												
Eryngium	0.37		0.8		0.8			1.2				0.4
MONOCOTILEDONEA												
ESPORAS	12.0	4.8	3.9		3.2	2.4	12.4	7.2	2.8	3.6	3.2	3.5
NO IDENTIFICADAS	0.75	0.8	1.6							1.2	2.4	2.5
TOTAL PNA	31.44	10.4	26.3	53.6	13.2	18.9	36.0	34.0	37.6	47.6	45.8	43.9

PA - polen arbóreo
PNA - polen no arbóreo

Las especies herbáceas con curvas polínicas más conspicuas en el diagrama fueron Conyza schiedeana y Draba jorullensis, la primera con un máximo de 29.2% a los 3900 m y la segunda de 6.8% a los 4100 m, ambas en el pastizal alpino. Los registros mínimos para estas especies fueron de 0.8% y 0.4%, respectivamente, correspondiendo en el caso de C. schiedeana este valor al levantamiento ubicado en el bosque de Abies.

Otra importante fue Arenaria sp., cuyas proporciones de polen más altas se registraron en la parte superior del transecto, de los 4025 m en adelante y alcanzando un máximo justo a los 4320 m (17.4%).

A nivel de familia, destacaron las Chenó-Amarantáceas (Cheno-Am.) por su presencia a lo largo de casi todo el transecto, aunque con un porcentaje de polen bajo que no superó el 2.7%. En cambio, las gramíneas tuvieron dos picos máximos (como familia) a los 3860 m y 4190 m, con un porcentaje de 13.7% y 16.3% respectivamente, estando ausentes en el resto del perfil. Las excepciones para esta familia fueron Agrostis toluensis y Calamagrostis toluensis, ubicadas en total en sólo tres levantamientos con un porcentaje en la lluvia de polen muy bajo (Tabla 14).

Un caso aparte lo forman las esporas de pteridofitas identificadas en todos los conteos, excepto en el correspondiente a 3900 m. Su porcentaje en la mayoría de los casos se mantuvo entre 3 y 5%, resaltando dos máximos de 12% en el bosque de Abies y 12.4% en el pastizal alpino de 4000 m.

El porcentaje de polen para el resto de las especies no superó el límite del 5.3%, que fue el caso de la especie Rosaceae I

a los 4 320 m, esto es, en el pastizal alpino abierto. La única excepción ocurrió en el muestreo correspondiente al levantamiento de los 3 900 m, donde la compuesta B presentó un valor de 13.6%.

El espectro de distribución de las especies a las que se hace referencia en el párrafo anterior, puede resumirse de la siguiente manera:

- a) Cordia sp., Senecio sp. y Castilleja sp. se localizaron casi totalmente en la zona de bosque (3 335 a 3 860 m). Lo mismo ocurrió con las Mimosaceae.
- b) Descurainia impatiens, Plantago toluensis y las onagraceas se identificaron en las partes iniciales y finales del transecto, a los 3 335 m y a los 4 130 m respectivamente.
- c) Juglans sp., Acacia sp., Alchemilla sp., Solanum demissum, las saxifragaceas y la Rosaceae II se cuantificaron sólo a altitudes superiores a los 4 130 m.
- d) Cerastium molle, Lupinus montanus y Penstemon gentianoides distribuyeron su lluvia de polen hacia las partes medias del transecto. C. molle se presentó entre los 3 980 y 4 130 m, mientras que L. montanus se identificó entre los 3 900 y 4 130 m; para ambos casos el porcentaje varió entre 0.4 y 1.6. P. gentianoides restringió su amplitud de distribución entre los 3 900 y 4 000 m, con un máximo de 3.2% en el primer caso.
- e) Potentilla candidans y Eryngium proteiflorum tuvieron una distribución discontinua en cuanto a su lluvia de polen a lo largo del transecto (Tabla 14). Los valores máximos y mínimos fueron 3.37% (bosque de Abies 3 335 m) y 0.4% (Pastizal alpino abierto 4 320 m) para la primera, y 1.2% (4 025 m) y 0.8% (3 860 y 3 940 m) para la segunda.

V. DISCUSION

En relación a la curva PA/PNA (polen arbóreo/polen no arbóreo) del diagrama palinológico, se puede observar que no refleja la composición florística de los tipos de vegetación que conforman el gradiente altitudinal.

Los resultados muestran que en la mayoría de los casos los géneros dominantes en un determinado tipo de vegetación están muy poco representados en los espectros palinológicos correspondientes.

POLEN ARBOREO

En todos los levantamientos realizados la composición de la lluvia de polen se encuentra dominada por taxa arbóreos, especialmente por los géneros Pinus, Alnus, Quercus y Abies, cuyo polen es producido en grandes cantidades y tiene una dispersión anemófila, es decir, es dispersado por el viento. Lo anterior coincide con Palacios (1977), Clisby y Sears (1955) y Bopp-Oeste (1961) quienes determinaron de sus respectivos estudios que los géneros mejor representados en los espectros palinológicos fueron justamente los cuatro mencionados anteriormente para el Valle de México.

Los porcentajes de Pinus sp. en los espectros son altos a menores altitudes y, a medida que ésta aumenta, disminuyen hasta alcanzar valores mínimos (10%) de los 4190 a 4320 m, como era lógico esperar dada la distribución de las franjas de vegetación.

En el bosque de Pinus hartwegii el polen de Pinus sp. fué dominante en el espectro palinológico, mientras que en otras comunidades se encontró en grandes proporciones, como en el bosque de Abies religiosa, resultando ser un elemento alóctono importante en la lluvia de polen.

Los porcentajes de Abies sp. presentaron su valor máximo a la altitud de 4 025 m en la vegetación de pastizal alpino. Palacios (1977) encontró que en los espectros palinológicos de algunos bosques de Abies en el Valle de México, el polen de este género está escasamente representado y es enmascarado por el de Pinus sp. Los resultados de este estudio parecen confirmar los datos de Palacios (op. cit.). Lo anterior podría deberse a una menor producción de polen de esta especie, al peso de los granos, a una dispersión a gran escala, o a su poca conservación en el suelo.

Alnus sp. está sobrerrepresentado en gran parte del espectro palinológico y presentó su valor máximo a los 3 940 m (pastizal alpino), lo que coincide con Palacios (op. cit.) quien menciona a esta especie, como una de las cinco más importantes en la lluvia de polen de varias localidades en el Valle de México. Hansen (1984) la considera una especie pionera sobre áreas perturbadas, tales como las zonas de derrumbes. Señala que es posible que el polen de Alnus pueda dispersarse de los bosques bajos hacia las partes superiores.

Los porcentajes de Quercus aumentaron conforme incrementa la altitud, alcanzando su valor máximo a los 4 320 m. Los resultados de este estudio pueden explicarse tomando en cuenta lo señalado por Dumbleby (1985), quien menciona que Quercus se caracteriza por ser un árbol con un amplio margen de tolerancia, ocupando suelos desde fuertemente calcáreos hasta ácidos. También indica que desde el punto de vista palinológico presenta varios problemas, ya que en algunos casos está ausente en depósitos en los que debería encontrarse de manera abundante, basándose en la presencia de otras es-

pecies; sin embargo en otras ocasiones es demasiado abundante, no correspondiendo al conjunto de especies registradas en el muestreo. Además desde el punto de vista ecológico e histórico pudo acumularse y preservarse durante diferentes fases sucesionales si el pH del suelo fué el adecuado para su conservación. No obstante es necesario realizar estudios más detallados en el Popocatépetl para poder precisar la causa de estos altos porcentajes de Quercus.

Por otro lado Palacios (1977) concluyó que en los espectros palinológicos del bosque de Quercus resultó ser dominante el polen de ese género, aunque en otros lugares los porcentajes resultaron superiores debido quizá a las perturbaciones ocasionadas por la tala en dichos bosques del Valle de México.

Los resultados de ésta investigación corresponden a lo encontrado por Markgraf (1980) en su análisis de dispersión de polen en una zona montañosa de Suiza. Puntualiza que el polen de Pinus, Quercus y Alnus sí se dispersa de zonas de menor a mayor altitud. Este hecho tiene una gran importancia ya que los espectros de polen de las zonas de mayor altitud son distorsionados lo cual plantea problemas en la interpretación de los conjuntos fósiles.

POLEN NO ARBOREO

Los porcentajes de Arenaria sp. reflejan a 4 320 m la vegetación a la cual corresponde, es decir, a altitudes bajas (bosque de Abies y Pinus) el porcentaje de esta especie fué casi nulo y en el pastizal alpino de baja altitud los valores polínicos de éste género aumentan ya que se encuentra mezclado con el estrato herbáceo compuesto por gramíneas en general, mientras que en los pas-

tizales de mayor altitud dadas las condiciones que prevalecen y por no encontrarse un estrato herbáceo bien establecido sino solamente plantas de tipo almohadillado y arrositado, es donde se registraron los porcentajes polínicos más elevados de éste género.

Las compuestas, gramíneas y crucíferas son las familias que presentaron en el polen no arbóreo porcentajes polínicos importantes.

En el pastizal alpino el polen dominante fué de elementos arbóreos en lugar de predominar el polen de las gramíneas que constituyen éste tipo de vegetación. Esto puede deberse a varios factores: a su tipo de dispersión (anemófila), al grosor de su exina (es más bien delgada) lo cual hace más susceptible al grano al ataque microbiano ocasionando así una mala preservación y finalmente, a la disminución de polen en relación a la altitud. Birks (1973) señala que los valores de las gramíneas en los espectros de la vegetación alpina de Escocia son bajos a pesar de su abundancia en los levantamientos.

Markgraf (1980) registró un aumento de polen de especies de altitudes menores en trampas localizadas a altitudes mayores en un sistema valle-montaña en Suiza. La explicación que da a este hecho es la relativamente baja producción de polen local y el aporte de polen regional; señala que el decremento en la producción de polen a altitudes elevadas no se debe exclusivamente a factores climáticos, sino a respuestas ecológicas de las plantas al clima dadas a través de su reproducción, floración y dispersión.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible explicar los bajos valores de las gramíneas en los pastizales del Popocatepetl no sólo como el resultado de la acción fisicoquímica del suelo sobre el polen y los patrones de viento, sino como una respuesta de las plan-

tas a condiciones climáticas extremas. Sin embargo, esto habrá que estudiarlo con más detalle con el fin de llegar a respuestas concluyentes.

Las compuestas a pesar de que son elementos importantes de la vegetación en los pastizales alpinos, se registraron en bajos porcentajes. Por otro lado, Grabandt (1980) encontró en su estudio similar a éste trabajo realizado en Colombia que los porcentajes de gramíneas y compuestas fueron bajos.

Las crucíferas se registraron con porcentajes bajos en los pastizales alpinos, de donde son elementos característicos.

Los porcentajes de las esporas de pteridophytas son también importantes ya que su porcentaje máximo se registró en el pastizal alpino adonde pudieron ser acarreadas por los vientos. Su presencia se debe a la buena preservación que presentan dados los factores inherentes a las esporas, que son: estructura física y química de la exina que las hace resistentes al ataque microbiano y a la oxidación.

La aloctanía en la lluvia de polen se debe a la acción de los vientos que acarrean polen de otras regiones, lo cual hace difícil su interpretación.

Los granos de polen suspendidos en el aire deben superar "filtros naturales" que se interponen en su camino: estos pueden ser los diferentes estratos de vegetación o barreras geográficas. Los distintos filtros pueden tener un efecto selectivo sobre el polen procedente de un determinado tipo de vegetación, de tal modo que el estudio del polen de una muestra de superficie proporciona una imagen distorsionada de la vegetación de donde procede.

El viento es un factor que determina en gran parte la permanencia y abundancia de los granos en el aire, de tal manera que la distancia a la cual puede ser transportado un grano de polen, depende del tamaño de la planta, de su carácter anemófilo, del tamaño y forma del grano, de la velocidad de caída y del viento reinante. Esto determina que las proporciones de los distintos tipos de polen que se dispersan juntos varíen a medida que aumenta la distancia desde el lugar de emisión (Tauber, 1967). Por otra parte, el polen de un tipo de vegetación puede ser dispersado a diferentes lugares debido a las variaciones de la turbulencia de la atmósfera, el peso de las partículas y la velocidad y dirección del viento (Janßen, 1973).

En general, existen otros factores inherentes a los granos de polen y esporas que condicionan su preservación, como son: estructura física y química de la endexina y naturaleza química de la esporopolenina (Havinga, 1967).

El pH del suelo en el cual están contenidos los granos de polen también es un factor fundamental, ya que si los suelos son ricos en bases, el polen generalmente no se conserva. Dimpleby (1985) señala que la preservación del polen sólo se consigue en suelos con pH menor a 5. Sin embargo los datos disponibles para los suelos del Popocatepetl (García, 1970 y Domínguez, 1975) permiten sólo establecer un rango entre 5 y 7, datos que fueron obtenidos para otros sitios diferentes al de este estudio, por lo que para establecer aseveraciones más concretas se deberán hacer determinaciones de pH en el sitio correspondiente a los muestreos de lluvia de polen.

Asimismo, la elaboración de las preparaciones de polen por medio de un agente oxidante y las fuerzas mecánicas ejercidas durante la técnica de separación, son factores que pueden alterar la composición de las muestras palinológicas (Havinga, op. cit.).

Los demás géneros que se registraron con porcentajes muy bajos en el polen no arbóreo, resultan importantes en las interpretaciones posteriores ya que, aunque su porcentaje sea bajo, se trata de polen entomófilo que está reflejando un tipo de vegetación particular.

En general el polen entomófilo podría ser útil como indicador de ciertas comunidades y de gran ayuda en las reconstrucciones de vegetación durante el estudio de conjuntos palinológicos fósiles.

VI. CONCLUSIONES

Los géneros dominantes en la vegetación estuvieron poco representados en los espectros palinológicos correspondientes, mientras que en todos los levantamientos la composición de la lluvia de polen estuvo dominada por los taxa arbóreos: Pinus sp. dominó en el pinar disminuyendo sus porcentajes polínicos hacia altitudes superiores, Alnus sp. estuvo representado en gran parte de los levantamientos y Quercus sp. tuvo su máximo porcentaje polínico a altitudes elevadas, contrariamente a lo esperado según la vegetación.

Estos patrones podrían explicarse por el tipo de dispersión de estas especies, su alta producción de polen, su adecuada preservación en el suelo y a su fenología asociada al sistema de vientos.

Por otra parte, el porcentaje más alto de Abies sp. en la lluvia de polen no correspondió al bosque de la misma especie, pudiéndose explicar esto por una producción menor de polen, por una dispersión a gran escala y por una preservación más efímera en el suelo.

Las compuestas y gramíneas fueron los elementos más importantes en la vegetación, resaltando el hecho de que Arenaria sp. se distribuyó con un porcentaje más alto hacia el pastizal alpino.

La dispersión anemófila trae como consecuencia una modificación importante en los espectros palinológicos de mayores altitudes, esto es, en los pastizales. Lo anterior se conjuga con el hecho de que se registraron valores muy bajos en los espectros de polen de las plantas que constituyen este tipo de vegetación.

Resulta muy difícil la interpretación de la lluvia de polen, sobre todo si ésta se lleva a cabo a partir de muestras de superficie, ya que existen factores que alteran los conteos para la construcción de los espectros palinológicos como son la constitución físico-química del suelo y del polen, la fuerza y dirección de los vientos, la altura de la vegetación emisora y la estratificación de la vegetación en el sitio de depositación. Por ello, es de suma importancia realizar comparaciones entre la lluvia de polen y la vegetación productora a fin de evaluar la representación palinológica de los diferentes taxa.

Sin embargo, se considera que este trabajo aporta información importante ya que contribuye al estudio palinológico de la zona. No obstante, será necesario en un futuro considerar otros factores que permitan obtener una mejor representatividad del muestreo de la lluvia de polen, como el estudio de las épocas de floración de las especies y por tanto contar con muestreos de otras épocas del año, el análisis detallado del patrón de vientos en la zona y, finalmente, considerar la lluvia de polen en otras laderas del volcán para describir de una manera global los espectros palinológicos en estos sitios.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, L., G. CAMPOS, A. CLEEF, M. GARCIA-RENDON, A. HERRERA, I. LUNA, F. ROMERO, G. SALAZAR, R. SALMERON y A. VELAZQUEZ, 1985. Análisis Florístico y Fitogeográfico Preliminar de la Vegetación de Zacatonal Alpino del Nevado de Toluca y el Volcán Popocatepetl, México. Ier. Simposio Cubano de Botánica. 1-5 julio. La Habana, Cuba.
- ALMEIDA, L., I. LUNA, A. HERRERA, G. CAMPOS y A. VELAZQUEZ. 1986. Fitosociología de la vegetación boscosa de la vertiente NW del Volcán Popocatepetl, México. (inédito).
- BARRERA, A. 1968. Distribución Cliserial de los Siphonaptera del Volcán Popocatepetl, su interpretación Biogeográfica. An. Inst. Biol. UNAM. México. 39, Ser. Zool. (1): 35-100.
- BIRKS, H. 1973. Modern pollen rain studies in some arctic and alpine environments. In: Quaternary Plant Ecology. (H.J. Birks and R.G. West, Eds.). England. pp. 143-168.
- BIRKS, H.J.B. y H.H. BIRKS. 1980. Quaternary Paleoecology. E. Arnold Publ. 289 pp.
- BOPP-OESTE, M.G. 1961. El análisis de polen con referencia especial a dos perfiles polínicos de la Cuenca de México. In: Homenaje a Pablo Martínez del Río. México. pp. 49-56.
- BROWN, A.C. 1960. Palynological Techniques. Baton Rouge La. Repring Edition 1967. USA. 188 pp.
- D'ANTONI, L.H. 1979. Arqueoecología. El hombre en los Ecosistemas del pasado a través de la Palinología. Colección Científica No. 72. SEP - INAH. México, 134 pp.
- DAVIS, M.B. 1963. On the Theory of pollen analysis. Am. J. Sci. 261: 897-912.
- DIMBLEBY, G.W. 1985. The Palynology of Archaeological Sites. Academic Press, Inc. USA. 176 pp.

- DOMINGUEZ, R.V.I. 1975. Estudios ecológicos del Volcán Popocatepetl Estado de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Auton. Méx. México. 124 pp.
- ERDTMAN, G. 1943. An introduction to Pollen Analysis. The Roland Press Company New York, USA. 239 pp.
- _____ 1972. Pollen Morphology and Plant Taxonomy Angiosperms (An Introduction to Palynology I, II). Hafner Publishing Company. USA 413 pp.
- FAEGRI, K. and J. IVERSEN. 1975. Textbook of Pollen Analysis. Blackwell Scientific Publications. Denmark. 295 pp.
- FAO/UNESCO, 1968. Descripción de la Leyenda de la Carta Edafológica. Clasificación FAO/UNESCO. Manuscrito.
- FLENLEY, J.R. 1973. The use modern pollen rain samples in the study of the vegetational history of tropical regions. In: Quaternary Plant Ecology. (H.J. Birks and R.G. West, Eds.) England pp. 131-141.
- GARCIA, C.N.E. 1970. Estudios edafológicos de suelos derivados de cenizas volcánicas del Popocatepetl, Estado de Puebla. Tesis Profesional. UNAM. México. 68 pp.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Inst. Geol. UNAM. México.
- GRABANDT, R. 1980. Pollen rain in relation to arboreal vegetation in the colombian Cordillera Oriental. Rev. Paleobot. and Palynol. 29: 65-147.
- HANSEN, B., H. WRIGHT and J. BRADBURY. 1984. Pollen studies in the Junín area, central Peruvian Andes. Geological Society of America Bulletin. V. 95: 1454-1465.
- HAVINGA, J.A. 1967. Palynology and Pollen Preservation. Rev. Paelobotan. Palynol. 2: 81-98.

- HEUSSER, C.J. 1971. Pollen and Spores of Chile. The University of Arizona Press. Tucson, USA. 167 pp.
- JANSSEN, C. 1973. Local and regional pollen deposition. In: Quaternary Plant Ecology. (H.J. Birks and R.G. West, Eds.). England. pp. 31-42.
- KAPP, O.R. 1969. How to know Pollen and Spores. WM. C. Brown Company Publishers. USA. 249 pp.
- KREMP, G.O.W. 1965. Morphologic Encyclopedia of Palynology. The University of Arizona Press. Tucson. USA. 263 pp.
- LOZANO, G.S. 1979. Première approche de l'analyse pollinique dans la région de San Luis Potosí (Mexique). La représentation pollinique de la végétation actuelle. These. Docteur de 3ème. Cycle. Université D'Aix-Marseille. France. 100 pp.
- MARKGRAF, V. 1980. Pollen dispersal in a mountain area. Grana 19: 127-146.
- MARTIN, P. and J. GRAY. 1962. Pollen Analysis and the Cenozoic. Science 137(3524): 103-111.
- MOORE, P.D. and J.A. WEBB, 1978. An illustrated Guide to Pollen Analysis. Hodder and Stoughton. London. 133 pp.
- MOOSER, F. 1957. Los ciclos del vulcanismo que formaron la Cuenca de México: en Vulcanología del Cenozoico. 20 Cong. Geol. Internal., México, V.2 p. 337-348.
- MOOSER, F. 1958. Catalogue of the Active Volcanoes and solfatara fields of Central America. Ed. International Volcanological Association. Part VI. USA. p.
- _____ 1975. Historia Geológica de la Cuenca de México. En: Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. D.D.F. México. 1: 9-38 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D. and H. ELLENBERG. 1974. Aims and methods in vegetation Ecology. Wiley International. USA.

- PALACIOS, CH. R. 1977. Lluvia de polen moderno en diferentes habitats del Valle de México. Bol. Soc. Bot. Mex. 36: 45-69.
- PALACIOS, V.G. 1985. Microartrópodos del Popocatépetl (Aspectos Ecológicos y Biogeográficos de los ácaros oribatidos e insectos colémbolos). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Auton. Méx. México, 132 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- _____ y G. de RZEDOWSKI. 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. I. CECSA. México. 403 pp.
- _____ 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Dicotyledoneae. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Instituto de Ecología. México, 674 pp.
- SANCHEZ, S.O. 1979. La flora del Valle de México. Herrero, S.A. México, 519 pp.
- SEARS, P.B. y CLISBY, K.H. 1955. Palynology in Southern North America. Part. IV: Pleistocene Climate in Mexico. Bull. Geol. Soc. Amer. 66: 521-530.
- TAUBER, H. 1967. Differential pollen dispersion and filtration. In: Quaternary Paleoecology. (E.J. Cushing and H.E. Wright, Eds.). Yale University Press. New Haven. pp. 131-142.
- TSENG - CHIENG, HUANG. 1972. Pollen Flora of Taiwan. Ching-Hwa Press Co., LTD. Taiwan. 297 pp.
- WEST, R.G. 1971. "Studying the Past by Pollen Analysis". In: Oxford Biology Readers. J.J. Head and O.E. Lowenstein (Eds.). Oxford University Press. USA.
- WODEHOUSE, P.R. 1965. Pollen Grains. Hafner Publishing Company. USA. 574 pp.

APENDICE
LISTA DE ESPECIES

BETULACEAE

Alnus sp.

BORAGINACEAE

Cordia sp.

CARYOPHYLLACEAE

Arenaria sp.

Cerastium molle

COMPOSITAE

Cirsium sp.

Conyza schiedeana

Gnaphalium sp.

Gnaphalium liebmanni

Senecio sp.

Senecio procumbens

Senecio sanguisorbae

Senecio stoechadiformis

CRUCIFERAE

Draba jorullensis

Descurainia impatiens

CUPRESACEAE

Cupressus lindleyi

Juniperus monticola

CYPERACEAE

Carex sp.

FAGACEAE

Quercus sp.

GRAMINEAE

Agrostis tolucensis

Calamagrostis tolucensis

Festuca tolucensis

Trisetum spicatum

JUGLANDACEAE

Juglans sp.

JUNCACEAE

Luzula racemosa

LABIATEAE

Salvia sp.

LEGUMINOSAE

Acacia sp.

Lupinus montanus

ONAGRACEAE

Onagracea sp.

OXALIDACEAE

Oxalis alpina

PINACEAE

Abies religiosa

Pinus sp.

PLANTAGINACEAE

Plantago toluensis

ROSACEAE

Alchemilla sp.

Potentilla candicans

RUBIACEAE

Galium sp.

SALICACEAE

Salix oxylepis

SAXIFRAGACEAE

Ribes ciliatum

SCROPHULARIACEAE

Castilleja sp.

Penstemon gentianoides

SOLANACEAE

Solanum demissum

ULMACEAE

Celtis sp.

UMBELLIFERAE

Eryngium proteiflorum