

00381



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EL HOLOCENO EN LA CIÉNAGA DE ALMOLOYA,
ESTADO DE MÉXICO, UNA RECONSTRUCCIÓN
AMBIENTAL”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTORA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

PRESENTA

BEATRIZ MARGARITA LUDLOW WIECHERS

DIRECTORA DE TESIS: DRA. LUCIA ORALIA ALMEIDA LEÑERO

CODIRECTOR DE TESIS: DR. GERALD ALEXANDER ISLEBE ZUKUNFT

MÉXICO, D.F.

MARZO, 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

**“EL HOLOCENO EN LA CIÉNAGA DE ALMOLOYA,
ESTADO DE MÉXICO, UNA RECONSTRUCCIÓN
AMBIENTAL”**

Beatriz Margarita Ludlow Wiechers

**A mis queridos Ursula, Ingela y José Luis, que me dieron su apoyo y
cariño a lo largo de este trabajo**

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo recibí la ayuda y colaboración de un número muy amplio de personas.

Debo un gran reconocimiento al Dr. Gerald Islebe de Ecosur-Chetumal y a la Dra. Lucía Almeida de la Facultad de Ciencias, UNAM, quienes a todo lo largo del trabajo me dirigieron y supervisaron, sin su apoyo hubiera sido imposible la realización de este trabajo. Me revisaron el manuscrito varias veces e hicieron sugerencias fundamentales que mejoraron el trabajo.

Al Dr. Alejandro Novelo del Instituto de Biología, UNAM, que me sugirió el arreglo de las comunidades acuáticas.

Al Dr. Heberto Novelo de la Facultad de Ciencias, UNAM, que me apoyó en la identificación y en la descripción de las algas, e hizo sugerencias paleoambientales.

El Dr. Rodolfo Palacios+ y la M. en C. Leonor Quiroz de la Escuela de Ciencias Biológicas del IPN, me rectificaron y corrigieron varias de las identificaciones. La Biól. Ma. de la Luz Arreguín de la Escuela de Ciencias Biológicas del IPN, me ayudó en la identificación de todas las Pteridofitas y me permitió el acceso a su catálogo de Pteridofitas que se encuentra en elaboración.

El Dr. Marteen Blaw me apoyó en el uso del programa CALIB 4.3 (www.calib.org), usando el INTCAL98¹⁴C para la calibración de los fechamientos.

El Biól. Antonio Flores Ríos del Departamento de Prehistoria del INAH me apoyó en la descripción de la litología.

La Dra. Ma. Engracia Hernández y la Pas. de Biól. Lyssania Macías Morales del Instituto de Geografía, UNAM me apoyaron en la actualización de la información climática.

La Biól. Verónica Aguilar de la Facultad de Ciencias me dio soporte técnico a lo largo del trabajo, en la elaboración de figuras y cuadros.

Los Sres. Jorge y Lourdes Olivera me apoyaron en la realización del trabajo fotográfico.

Los dibujos de los perfiles de vegetación fueron realizados por el M. en C. Aldi de Oyarzábal de la Facultad de Ciencias, UNAM.

El M.en C. Héctor Moya, me asesoró en la elaboración del mapa de localización. El M. en C. Víctor Ávila y el Dr. Marteen Blaw me corrigieron el resumen en inglés.

Una mención especial a la Biól. Magdalena de los Ríos del Departamento de Prehistoria del INAH, quién realizó los fechamientos de los sedimentos de ^{14}C y al M. en C. Francisco Avilés en el manejo del programa TILIA y TILIA GRAPH, sin su ayuda no hubiera aprendido a manejar los programas.

A la Dra. Yoko Sugiura del Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, quién me invitó a participar en el proyecto CONACyT: “El agua, la tierra, el bosque y el hombre en la Cuenca Alta del Río Lerma; un estudio multidisciplinario”.

Este trabajo fué realizado con apoyo del Proyecto CONACyT, 13377-H.

PROLOGO

La cuenca alta del río Lerma es una región donde los manantiales, los lagos y el río proveen de agua para una amplia población de la Ciudad de México, esta zona ha sido muy alterada y devastada actualmente por la urbanización.

Considerando la importancia de la cuenca alta del Lerma se organizó el Proyecto denominado “El agua, la tierra, el bosque y el hombre en la cuenca alta del río Lerma: un estudio multidisciplinario” que se realizó bajo la coordinación de la Dra. Yoko Sugiura, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, con un grupo de especialistas de diferentes instituciones, en las áreas de Arqueología, Edafología, Paleomagnetismo, Geomorfología, Diatomeas y Palinología (UNAM, UAM, INAH).

El trabajo paleoecológico realizado incluye varias fases; la primera es la identificación de los palinomorfos y la elaboración de un catálogo de las especies encontradas en los sedimentos en la ciénaga de Almoloya; posteriormente se analizó la información con los programas TILIA, TILIA GRAPH y CONISS, con estos porcentajes se elaboraron zonas palinológicas y se realizó una reconstrucción de la vegetación y el clima para la zona de estudio.

La primera fase ya ha sido publicada como un catálogo y se anexa al final de este trabajo; las otras fases se presentan a lo largo de este estudio.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	3
3. ANTECEDENTES	
3.1 Estudios paleoambientales	3
3.2 Estudios paleoambientales en la región central de México	4
3.3 Estudios paleoambientales en la región caribe y centroamericana	9
3.4 Estudios paleoambientales en la región norte de México	10
3.5 Estudios de lluvia de polen en México	11
4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
4.1 Localización	17
4.2 Geología	17
4.3 Geomorfología	20
4.4 Hidrología	20
4.5 Climatología	21
4.6 Vegetación	23
4.6.1 Bosque de <i>Quercus</i>	23
4.6.2 Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	27
4.6.3 Bosque de <i>Pinus</i>	27
4.6.4. Bosque de <i>Abies</i>	28
4.6.5 Bosque mesófilo de montaña	28
4.6.6 Vegetación alpina	29
4.6.7 Pastizales	29
4.6.8 Vegetación acuática	30
4.6.9 Plantas cultivadas	30
5. MÉTODOS	
5.1 Trabajo de campo	31

5.2 Preparación de las muestras	31
5.3 Identificación de los palinomorfos	33
5.4 Análisis de los resultados	34
5.4 Fechamiento de las muestras	35
6 .RESULTADOS	
6.1 Litología	36
6.2 Cronología	40
6.3 Palinomorfos encontrados en los sedimentos	41
6.3 Descripción de los diagramas polínicos para los pozos	41
7. DISCUSIÓN	
7.1 Correlación de los registros de polen e interpretación ambiental	67
7.1.1 Holoceno temprano	71
7.1.2. Holoceno medio inferior	74
7.1.3 Holoceno medio superior	76
7.1.4 Holoceno tardío	77
7.1.5 Holoceno reciente	78
7.2 Impacto humano	79
8 CONCLUSIONES	81
9. LITERATURA CITADA	85
10. Anexo	

PALINOMORFOS DEL HOLOCENO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO
LERMA, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

FIGURAS

Figura 1. Porcentajes de lluvia de polen en tres diferentes localidades del D. F. y Edo. de México, según Palacios-Chávez (1977).....	12
Figura 2. Porcentajes de lluvia de polen en la región Puebla-Tlaxcala, según Ohngemach y Straka (1983).....	14
Figura 3. Localización de los pozos estudiados en la cuenca alta del río Lerma, estado de México.....	18
Figura 4. Diagrama ombrotérmico estación Almoloya del Río, 19°09'35.98"lat. N y 99°29'17.47"long. W (García <i>et al.</i> , 1983).....	24
Figura 5. Diagrama ombrotérmico estación San Pedro Techuchulco, 19°06'46.18"lat. N y 99°31'31.18" long. W (García <i>et al.</i> , 1983).....	25
Figura 6. Diagrama ombrotérmico estación Santiago Tianguistengo, 19°10'54.7"lat. N y 98°28'05.61" long. W.....	26
Figura 7. Regresiones lineales de los fechamientos con ¹⁴ C en años calibrados AP, para los pozos de la ciénaga de Almoloya, estado de México	42
Figura 8. Números de los principales taxa que conforman las comunidades vegetales encontradas en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	44
Figura 9. Perfil de vegetación actual para el Nevado de Toluca y la planicie adyacente.....	46
Figura 10. Perfil de vegetación de la ciénaga de Almoloya, estado de México, basado en los palinomorfos encontrados en este trabajo y en el estudio de vegetación de Ramos-Ventura (2000).....	47
Figura 11. Almo I. Tejocote. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	49
Figura 12. Almo I. Tejocote. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales de la ciénaga de Almoloya, estado de México	50
Figura 13. Almo II. Bañito. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México	52
Figura 14. Almo II. Bañito. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales en la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	53
Figura 15. Almo III. Tiradero. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	55

Figura 16. Almo III. Tiradero. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	56
Figura 17. Almo IV. Ejido Santa. Cruz. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	59
Figura 18. Almo IV. Ejido Santa. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	60
Figura 19. Almo VI. Cabeza de negro. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	62
Figura 20. Almo VI. Cabeza de negro. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	63
Figura 21. Almo VII. Musaraña. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	66
Figura 22. Almo VII. Musaraña. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	67
Figura 23. Correlación de las zonas de polen y comunidades vegetales encontradas en los pozos estudiados de la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	70

CUADROS

Cuadro 1. Datos climáticos de las estaciones cercanas a la ciénaga de Almoloya, Edo. de México (CONABIO, 1999).....	22
Cuadro 2. Localización geográfica de los pozos estudiados en la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.....	32
Cuadro 3. Lista de los fechamientos con años radiocarbono AP y ¹⁴ C cal AP para los sedimentos de los pozos de la ciénaga de Almoloya, Edo. de México (calibrados Stuiver <i>et al.</i> , 1998).....	40
Cuadro 4. Lista florística de los géneros (y/o familias) encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, Edo. de México	43
Cuadro 5. Taxa que conforman las comunidades vegetales encontradas en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.....	45
Cuadro 6. Zonas palinológicas y su duración para el Holoceno en la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.....	67
Cuadro 7. Comunidades vegetales y su relación con la temperatura, precipitación y clima, para la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.....	68
Cuadro 8. Relación de las condiciones ambientales regionales de temperatura registradas por diferentes autores, comparadas con la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	70
Cuadro 9. Relación de las condiciones ambientales locales de humedad registradas por diferentes autores, comparadas con la ciénaga de Almoloya, estado de México.....	71

RESUMEN

La cuenca alta del río Lerma desde la época prehispánica ha sido una zona de asentamientos humanos, de gran productividad agrícola, ganadera y forestal. Actualmente los asentamientos humanos e industriales han impactado el medio ambiente. Este trabajo tiene como objetivo reconstruir la historia de la vegetación y el clima durante el Holoceno, mediante el análisis palinológico de sedimentos extraídos en la ciénaga de Almoloya del Río, Edo. de México. Se tomaron muestras de seis pozos que fueron procesadas para su estudio con la técnica de acetólisis, las muestras fueron fechadas con ^{14}C y analizadas con los programas TILIA, TILIA GRAPH y CONISS. En este trabajo se identificaron aproximadamente 142 palinomorfos en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, fechados para los últimos 11,700 años cal AP. Para las algas se encontraron 8 taxa; para Equisetopsida y Lycopodiopsida 1 familia y 1 género respectivamente; para Polypodiopsida 6 familias con 10 géneros. Para Pinophyta 3 familias con 3 géneros; para Liliopsida se encontraron 10 familias con 13 géneros; para Magnoliopsida se presentan 44 familias con 50 géneros. Estos palinomorfos muestran la presencia de grandes extensiones de bosques templados. Entre estos se encuentran *Quercus*, *Pinus*, *Abies* y mesófilo de montaña. Los componentes del bosque mesófilo son *Alnus*, *Carya*, *Fraxinus*, *Celtis*, Cupressaceae/Taxodiaceae, *Juglans*, *Liquidambar*, *Myrica*, *Populus*, *Prunus*, Rosaceae, *Salix*, *Heliocarpus* y otro género de Tiliaceae. En las orillas del lago se desarrollaron herbáceas como Asteraceae, Poaceae y Chenopodiaceae.

La ciénaga de Almoloya ha sufrido cambios en su extensión desde el Holoceno. Esto se refleja por las plantas de la pradera inundable como *Arenaria* y Malvaceae, las subacuáticas están representadas por Ranunculaceae, *Polygonum*, *Eriocaulon*, *Luzula* y varias especies de *Cyperus* y Juncaceae; las acuáticas estrictas presentes son *Berula*, *Hydrocotyle*, *Ludwigia*, *Datura*, *Sagittaria*, *Potamogeton*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Utricularia*, *Nymphoides*, *Nuphar* y varias especies de *Nymphaea*, *Schoenoplectus* y *Heteranthera*. Otras plantas presentes son *Equisetum* y *Selaginella*; entre las algas encontramos a *Pediastrum* y varias Chlorococcales entre ellas a *Botryococcus*. Entre las especies cultivadas por el hombre aparecen las Cucurbitaceae y *Zea mays*. Las Cucurbitaceae son más antiguas ya que se presentan aproximadamente hace 2,500 años cal AP y un poco

después aparece *Zea mays*. Con usos potenciales se encuentran los géneros *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Luzula*, Juncaceae, *Typha*, *Berula*, *Datura*, *Sagittaria* y varias Asteraceae. Los bosques que circundaban la laguna ofrecieron material para leña, instrumentos, construcción de viviendas, etc., así como árboles frutales como *Prunus*, *Juglans* y *Carya*. El bosque de *Quercus* probablemente fue explotado para carbón, hace aproximadamente 3,000 años AP, ya que su presencia va disminuyendo gradualmente por la posible presencia del hombre, mientras aumentan las malezas y arvenses. Por último es importante anotar que se encontraron *Batis maritima*, *Nuphar* y *Eriocaulon* que no han sido colectadas en tiempos modernos en la cuenca alta del río Lerma. La presencia de *Eriocaulon* se inicia desde principios del Holoceno, es escasa e intermitente, su último registro es de 3,000 años AP, mientras que *Nuphar* aparece escasamente hace 2,000 años AP. Se encontraron varias especies de *Heteranthera*, *Schoenoplectus*, *Populus*, *Salix* y *Quercus* que no se pudieron relacionar con taxa actuales; se encontraron granos de polen de *Bursera*, *Heliocereus* y *Asemnantha*, en donde su presencia no puede explicarse.

Se realizaron diagramas polínicos que fueron analizados con el programa TILIA y CONISS, en donde se encontraron 5 zonas que son las siguientes:

Zona I. Holoceno temprano que comprende desde 11,523 a 8,466 años cal AP.

El bosque de *Abies* está presente al inicio de la zona. Presenta oscilaciones muy marcadas el bosque de *Pinus* y el bosque mesófilo, ambos bosques se alternan, indicando un periodo de variabilidad climática. Dominan las acuáticas estrictas (fanerógamas), alternando con las subacuáticas. Corresponde a un clima semifrío, subtipo subhúmedo, con oscilaciones de templado subtipo subhúmedo, interrumpido por un clima semicálido, subtipo húmedo.

Zona II. Holoceno medio inferior que comprende desde 8,466 a 4,972 años cal. AP.

Presenta una dominancia del bosque de *Pinus* y de las acuáticas estrictas, representadas por las algas. Corresponde a un clima templado con condiciones muy húmedas.

Zona III. Holoceno medio superior que comprende desde 4,972 a 3,325 años cal. AP.

Presenta un aumento en el bosque de *Quercus*, a mitad de la zona se observa un aumento gradual del pastizal. Dominan las acuáticas estrictas (fanerógamas). Corresponde a un clima semicálido, subtipo húmedo con un pulso de sequía al final de la zona.

Zona IV. Holoceno tardío que comprende desde 3,325 a 500 años cal. AP.

Presenta un aumento en el bosque de *Pinus*, se incrementa el pastizal. Dominan las plantas de la pradera inundable. Corresponde a un clima templado subtipo seco.

En esta zona se encuentra la presencia del hombre por el aumento en las Chen-Am, Asteraceae, Poaceae y la aparición de Cucurbitaceae y *Zea mays*.

Zona V. Holoceno reciente que comprende desde 500 a 188 años cal. AP.

Presenta un aumento en el pastizal, hay un incremento del bosque de *Pinus* y de las acuáticas estrictas. Corresponde a un clima templado, subtipo subhúmedo, esta inferencia climática es tentativa por la influencia del impacto humano.

Palabras clave: paleoecología, Holoceno, laguna, México, Cuenca del Lerma.

ABSTRACT

Since prehispanic times, the Lerma river high basin (State of Mexico, Mexico) has been an area with high productivity of agriculture, cattle-raising and forests. The present environment is impacted by human settlements and industrial development. The objective of this research is to reconstruct the history of the vegetation and the climate during the Holocene, through pollen analysis of sediments from the Almoloya del Rio wetlands which are located in the Lerma river high basin.

Approximately 142 palynomorphs from the last 11,700 years cal BP were identified, comprising algae (8 taxa), Equisetopsida (1 family), Lycopodiopsida (1 genus), Polypodiopsida (6 families with 10 genera), Pinophyta (3 families with 3 genera), Liliopsida (10 families with 13 genera), and Magnoliopsida (44 families with 50 genera).

These palynomorphs show the presence of large extensions of temperate forests, comprising *Quercus* forests, *Pinus* forests, *Abies* forests and moist forests. The components of the moist forest were *Alnus*, *Carya*, *Fraxinus*, *Celtis*, Cupressaceae/Taxodiaceae, *Juglans*, *Liquidambar*, *Myrica*, *Populus*, *Prunus*, Rosaceae, *Salix*, *Heliocarpus* and another Tiliaceae genus. At the shore of the lake large bushes and weeds of Asteraceae, Poaceae and Chen-Am developed.

The extent of the Almoloya wetlands has changed since the start of the Holocene. This is reflected by plants indicating a flooding prairie such as *Arenaria* and Malvaceae, and subaquatics represented by Ranunculaceae, *Polygonum*, *Eriocaulon*, *Luzula* and many *Cyperus* and Juncaceae species. The strict aquatics present are *Berula*, *Hydrocotyle*, *Ludwigia*, *Datura*, *Sagittaria*, *Potamogeton*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Utricularia*, *Nymphoides*, and many *Nymphaea*, *Schoenoplectus* and *Heteranthera* species. Other species present are *Equisetum* and *Selaginella*. Among the algae are *Pediastrum* and many Chlorococcales such as *Botryococcus*. Among the species harvested by human appear the Cucurbitaceae and *Zea mays*. The Cucurbitaceae are older since they were present since 2,500 years cal BP, while *Zea mays* appeared later. The genera *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Luzula*, Juncaceae, *Typha*, *Berula*, *Datura*, *Sagittaria* and many Asteraceae are among the plants with potential uses. The forests surrounding the lake offered raw materials for timber, instruments, house constructions, etc., and also contained fruit trees such as *Prunus*, *Juglans* and *Carya*. The *Quercus* forest was probably exploited for coal since approximately 3,000 years cal BP, as its presence diminishes gradually, while the bushes and weeds increase in abundance. Noteworthy, species such as *Batis maritima*, *Nuphar* and *Eriocaulon* were found, while they have not been collected in modern times in the Lerma River High Basin. *Eriocaulon* appears in the Holocene, being scarce and intermittent with the last occurrence around 3,000 yr BP, while *Nuphar* appears scarcely from ca. 2,000 yr BP on. Many species of *Heteranthera*, *Schoenoplectus*, *Populus*, *Salix* and *Quercus* that were found could not be connected with current taxa. Finally, pollen grains of *Bursera*, *Heliocereus* and *Asemnantha* were found; their presence cannot be explained.

Pollen diagrams were made and analyzed, and were divided into 5 different zones:

Zone I. Early Holocene from ca. 11,523 to ca. 8,466 yr cal BP.

An *Abies* forest is present at the start of the zone. The *Pinus* and moist forests alternate in marked oscillations, indicating a period of climatic variability. The strict aquatics dominate. The zone corresponds to a semicold, subhumid climate with oscillations to a temperate subhumid climate, interrupted by a moist semiwarm climate.

Zone II. Middle inferior Holocene from ca. 8,466 to ca. 4,972 yr cal BP.

This zone presents a dominance of the *Pinus* forest and of the strict aquatics represented by algae. It corresponds to a temperate and very moist climate.

Zone III. Middle superior Holocene from ca. 4,972 to ca. 3,325 yr cal BP.

This zone presents an increase of the *Quercus* forest. In the middle of the zone a gradual increase of the grassland can be observed. The strict aquatics dominate. It corresponds to a moist semiwarm climate with dry oscillations at the end of the zone.

Zone IV. Late Holocene from ca. 3,325 to ca. 500 yr cal BP.

This zone shows an increase of the *Pinus* forest and the grassland. Plants indicating a flooding prairie dominate, which corresponds to a dry temperate climate. The presence of humans in this zone is indicated by the increase of Chenopodiaceae, Asteraceae, Poaceae and by the presence of Cucurbitaceae and *Zea mays*.

Zone V. Recent Holocene from ca. 500 to ca. 188 yr cal BP.

This zone shows an increase of grasslands, together with an increase of the *Pinus* forest and the strict aquatic species. It corresponds to a moist temperate climate, this inference being tentative because of the human influence.

Key words: palaeoecology, Holocene, Lake, Mexico, Lerma Basin

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la vegetación del pasado mediante la palinología, constituye junto con otros estudios, como los de diatomeas (Metcalfé *et al.*, 1991, 1994), edafológicos (Flores-Díaz, 1986), geofísicos (Metcalfé *et al.*, 1991) y geomorfológicos (Vázquez-Selem, 1997, 2001), un conjunto de información que permite reconstruir las condiciones ambientales.

Es conocido que el polen se dispersa por la acción del viento, agua, insectos, aves y mamíferos; en ocasiones el hombre lo transporta como resultado de sus actividades. Es por estas razones que se le puede encontrar depositado a diferentes distancias e incluso en medios totalmente distintos al de origen.

Los estudios paleoecológicos han revelado los cambios de la vegetación por modificaciones del clima; los fenómenos de evolución-adaptación, migración y extinción de la vegetación. Al igual que existencia de la biodiversidad actual y pasada, están estrechamente relacionados con estos cambios climáticos, ya que existe una correlación positiva entre la diversidad de especies de fanerógamas con la precipitación y la temperatura (Toledo, 1976). Por ejemplo, en México se ha demostrado como los cambios climáticos continuos están relacionados con la distribución de los cinturones de vegetación de los bosques montanos (Almeida-Leñero, 1997). Las investigaciones paleoecológicas contribuyen con información sobre la dinámica de las comunidades y de las especies que las componen en periodos de tiempo de miles o aún millones de años (Hooghiemstra, 1984). Los sedimentos lacustres al reflejar el ambiente en que se formaron proporcionan información sobre la historia de la vegetación y las condiciones climáticas del pasado. La paleoecología reconstruye el ambiente del pasado y con ello define las relaciones espacio-temporales de las principales comunidades bióticas y sus características regionales. Estas reconstrucciones ambientales proporcionan información para describir los cambios climáticos y apoyan el análisis de la dinámica de los ecosistemas (Van der Hammen, 1992, 1995).

Durante el Pleistoceno terminal se formaron en la República Mexicana un número abundante de lagos, entre los que destacan los del Eje Volcánico Transmexicano (EVT).

La presencia de las ciénagas y lagos han constituido el medio insustituible para el desarrollo de poblaciones humanas; estos asentamientos lacustres revelan una estrecha relación entre el hombre y las ciénagas. Los asentamientos humanos más antiguos en las zonas lacustres para la cuenca de México están fechados hace 24,000 años AP (Mirambell, 1985).

De la misma manera que la cuenca de México, la cuenca alta del río Lerma se caracteriza por presencia de lagos, actualmente desecados o convertidos en ciénagas.

En la cuenca alta del río Lerma, Sugiura y McClung (1988) han detectado asentamientos antiguos para la zona de Metepec y Santa Cruz Azcapotzaltongo, estado de México, que proceden del periodo Formativo. Su importancia fue reconocida desde el tiempo de los cronistas (Gracia-Quinta y López Austin, 1989).

Los antiguos pobladores de la zona lacustre del Alto Lerma, fueron hablantes del otomí, mazahua y matlatzínca, que pertenecen al tronco lingüístico otomangue, lengua que tiene 6,500 años en cuanto a su proceso de diversificación lingüística; los antiguos pobladores desarrollaron un modo de vida lacustre, en donde la producción acuática fue fundamental. Del agua y la tierra se extraían recursos que fueron el sostén del que partió el entramado material de una tradición económica y una peculiar visión del mundo. Los estudios lingüísticos han mostrado que entre 7,400 y 5,800 AP, ya se presentaba la denominación de elementos textiles correspondientes a cordón tejido, cestería y petates, lo que indica que hacían una apropiación de plantas de la ciénaga, conocidas genéricamente como tules y juncos; es probable que el uso de estos elementos textiles sea preagrícola (Amador y Casas, 1979; Albores, 1995). Es probable que en las riberas lacustres tuvo lugar el conjunto de prácticas que condujeron a la aparición de la agricultura. Las retracciones estacionales del nivel acuático habrían liberado una franja carente de vegetación lo suficientemente húmeda para satisfacer los requerimientos de los cultivos iniciales (González-Quintero, 1986).

Niederberger (1979) propuso con bases en evidencias arqueológicas que los habitantes de las zonas lacustres ocuparon su territorio de manera permanente y sedentaria en el marco de una economía pre o protoagrícola, por lo menos desde el sexto milenio a.C.

2. OBJETIVO

Reconstruir la historia de la vegetación y el clima durante el Holoceno, mediante el análisis palinológico de seis pozos extraídos en la ciénaga de Almoloya del Río, estado de México, México

2.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Elaborar un catálogo de las especies encontradas en los sedimentos.
- b) Definir a partir de los cambios en la vegetación, las zonas encontradas para el Holoceno de la ciénaga de Almoloya.
- c) Realizar una reconstrucción de la vegetación y el clima para el Valle de Toluca.
- d) Comparar los resultados de este trabajo con los realizados para el centro de México.

3. ANTECEDENTES

3.1 Estudios paleoambientales

Los primeros estudios paleoambientales en México estuvieron basados en análisis palinológicos (Sears, 1955; Foreman, 1955; Clisby y Sears, 1955; Sears y Clisby, 1955) y de diatomeas con el fin de interpretar los cambios climáticos y la historia limnológica del antiguo lago (Bradbury, 1970, 1971). A partir de estos trabajos se incrementaron los estudios en lagos en la región central de México. Si bien, estos estudios se iniciaron con núcleos profundos que comprendían el Pleistoceno y el Holoceno, los estudios más recientes se han restringido para el Holoceno, en algunos casos extendiéndose hacia el Pleistoceno tardío.

Con estos estudios se desprendieron dos tipos de investigaciones: los estudios de diatomeas y los de polen; los primeros han sido utilizados para entender las condiciones limnológicas de las zonas lacustres y poder inferir los periodos secos y húmedos.

Los estudios palinológicos han interpretado las variaciones en las comunidades vegetales como el producto de cambios climatológicos de los que se pueden desprender inferencias de alternancia de periodos cálidos y fríos, así como cambios en la humedad del

ambiente. Los estudios palinológicos han considerado dos grupos que son la vegetación regional y la vegetación local; la primera comprende principalmente los elementos arbóreos que forman las comunidades, en algunos casos también han sido incluidos los elementos no arbóreos como componentes de los bosques; estos elementos regionales comprenden una área extendida alrededor de la zona de estudio, los elementos que lo componen, producen grandes cantidades de polen que se dispersa por viento. Por otra parte, está la vegetación local y está representada por los elementos acuáticos en donde las fluctuaciones en su composición florística describen los cambios en los niveles de los lagos.

A medida que las investigaciones avanzaron se fueron incluyendo nuevos proxys que complementan las investigaciones realizadas, como los estudios geoquímicos, de susceptibilidad magnética, oxígeno isotópico en ostrácodos y gasterópodos principalmente (Lozano-García *et al.*, 1993; Metcalfe *et al.*, 1994; Curtis *et al.*, 1998; Leyden *et al.*, 1998, Bridgwater, *et al.*, 1999).

En México principalmente los estudios de palinología se han realizado en tres regiones. La primera es la región central de México, la segunda es en la región caribe que comprende el sureste de México y Centroamérica y la última es en el norte del país.

3.2 Estudios paleoambientales en la región central de México

Los primeros estudios se iniciaron con Sears (1955), Foreman (1955), Clisby y Sears (1955) y Sears y Clisby (1955) que analizaron sedimentos obtenidos en el centro de la Ciudad de México, reconociendo 7 zonas con intervalos secos y húmedos. Posteriormente, Bradbury (1970, 1971) para el lago de Texcoco estudió las diatomeas en un núcleo de 46 m; estableció 15 zonas que pueden ser agrupadas en 4 amplios grupos ecológicos que relatan los cambios climáticos de húmedo a seco y viceversa. Propuso que el lago existe desde hace 100,000 años AP que era grande, frío y profundo, posteriormente se fue convirtiendo en pantano, conservando en el centro un cuerpo de agua salino; de 30 a 5 m de profundidad el agua inundó el pantano, pero nunca llega a ser tan profundo como antes. Los últimos 10,000 años AP, la historia del lago pone en evidencia la flora de pantano, sugiriendo un clima más seco.

Heine (1973) estudia las variaciones del clima durante los últimos 40,000 años AP, en el volcán la Malinche; reconoce glaciaciones caracterizadas por morrenas, rocas estriadas, depósitos periglaciares y crioturbaciones. Posteriormente, el mismo autor (1984, 1988) estudia el Pico de Orizaba, el Iztaccíhuatl, el Popocatepetl y Nevado de Toluca, encontrando para el Holoceno que entre 10,000 y 8,500 años AP se formó la Morrena III, con dos avances de periodos fríos y húmedos; entre 8,000 y 5,000 se encuentra el óptimo climático postglacial, un clima ligeramente más cálido que el presente; Hacia 2,000 años AP es un periodo húmedo y frío (M IV), para los siglos XVI al XIX el clima es más húmedo y más frío que en la actualidad (M V). Ohngemach (1977) propone que el límite del Pleistoceno y principio del Holoceno está marcado por la desaparición de *Picea* hace 9,000-10,000 años AP en el centro de México, haciéndose el clima más seco y cálido. Posteriormente Straka y Ohngemach (1989) para la región Puebla-Tlaxcala encuentran que el *Pinus* es dominante entre 8,500 y 8,000/7,000 años AP, indicando el fin de un periodo frío.

White y Valastro (1984) estudian las morrenas del Ajusco, para el Holoceno encuentran dos neoglaciaciones, la primera a los 7,880 años AP y la segunda a los 1,960 años AP. Posteriormente White (1987) describe morrenas para el Iztaccíhuatl con edad estimada de 8,000 años AP, para la glaciación Ayolotepito.

Durante el Holoceno para el volcán Teyotl, Vázquez-Selem (1997) encuentra dos morrenas, la primera formada entre 14,500 y 4,800 años AP y la segunda formada a partir de 4,800 años AP. Este mismo autor (2001) registra en el Iztaccíhuatl una glaciación de los 12,000 a 10,000 años AP, marcando el inicio del Holoceno, otra entre 8,400 a 7,400 años AP y una última menor a los 1,000 años AP.

Para el lago de Pátzcuaro, Watts y Bradbury (1982) y Bradbury (2000) analizan un núcleo de 44,000 años AP, encontrando que la mayor parte del núcleo tiene abundante polen de *Pinus*, *Alnus*, *Quercus* y en menor representación *Abies*. Entre los 44,000 a 11,000 años AP encuentran una flora homogénea con abundante *Taxodium* (polen tipo *Juniperus*) y frecuente *Artemisia*. El Holoceno se caracteriza por un aumento de *Pinus* y disminución de *Juniperus*. Estos autores proponen que en los últimos 44,000 años AP hasta antes del Holoceno medio el lago de Pátzcuaro era más grande y dulce que en el presente. El polen de

Alnus es abundante hasta hace 5,000 años AP y decrece abruptamente con la aparición de hierbas, esto puede reflejar agricultura o una tendencia a la sequía en el clima. *Zea*, quenopodiáceas y pastos aparecen a los 3,500 años AP, manifestándose la presencia del hombre que modifica el ambiente; en periodos más recientes el maíz no se presenta en el registro de polen, quizá refleja cambios en las prácticas agrícolas.

González-Quintero y Fuentes-Mata (1980) estudian el Holoceno en la porción central de la Cuenca de México, encontrando zonas conformadas por diferentes asociaciones vegetales, entre las que se encuentran los bosques alpinos planiaciculifolio y aciculifolio, los bosques templados esclerófilo y microaciculifolio, matorrales desérticos crasicale y micrófilo, entre otros.

En la zona de Tlapacoya se realizaron investigaciones interdisciplinarias, entre estas se encuentran los trabajos realizados por González Quintero (1986) que estudia tres perfiles polínicos y observa cambios en la vegetación. Se presentan 6 fases, caracterizadas por la composición de diferentes tipos de vegetación, a partir de 5,000 años AP años aparece *Zea*, hacia 2,600 hasta 1,900 años AP predominan herbáceas, fundamentalmente poáceas, otros cultivos importantes son *Sechium* y *Capsicum*. La época actual esta caracterizada por un aumento de géneros mesotermes. En la misma zona Bradbury (1986) estudia las diatomeas en dos calas con 33,000 años AP de antigüedad, para el Holoceno encuentra alternancias en los niveles del lago. Para el mismo periodo de tiempo, también en Tlapacoya, Flores-Díaz (1986) estudia los suelos y encuentra fluctuaciones del lago de Chalco, así como cambios en la salinidad y composición de materia orgánica.

Xelhuantzi-López (1989), hace una revisión de las investigaciones realizadas en las diferentes regiones de México, durante el Cuaternario y propone las tendencias climáticas que se han presentado en los últimos 44,000 años AP. Encontrando que entre 44,000 y 9,000 AP el clima tiene una tendencia a ser frío y seco. Después de esta fecha el clima se torna en apariencia más cálido y húmedo, las variaciones que ocurren son principalmente en relación con la humedad, teniéndose periodos alternantes de épocas húmedas y secas. Así, entre 9,500 y 3,000 años AP, la inclinación general es hacia un clima húmedo; de 3,000 a

2,000/1,500 años AP clima seco; de 2,000/1,500 a 300 AP húmedo y de 300 a la fecha, una tendencia a seco aunque se detectan fases de mayor humedad.

En el centro de México, en el lago de Chalco, Lozano-García *et al.* (1993) y Lozano-García y Ortega-Guerrero (1994) estudian 24,000 años AP y registran cambios en el clima, vegetación, niveles del lago y actividad volcánica. Durante el periodo comprendido entre 20,600 a 19,000 años AP la vegetación fue un bosque abierto mixto de *Pinus* y *Quercus*, con un nivel del lago relativamente alto. Entre 19,000 y 18,300 años AP hay una notable tendencia a la aridez, se reduce el bosque y los niveles del lago caen dramáticamente, mientras que la vegetación de pantano se establece. De 18,300 a 17,500 años AP culmina una vegetación xerofítica en el área, prevalecen condiciones secas y cálidas. De 16,500 a 14,500 años AP se registra un aumento en la humedad y temperatura más fría, así como una intensa actividad volcánica. Al inicio del Holoceno, el clima cambia a condiciones subhúmedas, el nivel de lago desciende y el bosque de *Quercus* se expande, para el Holoceno medio se detectan condiciones templadas subhúmedas. Alrededor de los 4,000 AP se presenta polen que señala impacto humano y un aumento del nivel del lago. Posteriormente Lozano-García y Ortega-Guerrero (1998) estudian 34,000 años AP en el lago de Chalco, encontrando entre 34,000 y 23,000 años AP un periodo húmedo, durante el máximo glacial encuentran condiciones frías y secas que culminan hacia 14,400 años AP. El registro del Holoceno temprano y medio muestra un aumento en la precipitación representado por *Quercus*, *Alnus* y *Abies*.

Xelhuantzi-López (1994, 1995), realiza una reconstrucción ambiental en la cuenca de Zacapu, en el estado de Michoacán, encontrando tres etapas climáticas desde 8,100 años AP hasta nuestros días. Durante la etapa entre 8,100 a 6,700 años AP, el polen de *Alnus* es relativamente alto, mientras que los granos de polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y plantas acuáticas enraizadas son bajos, indicando un clima templado húmedo o subhúmedo. De 6,700 a 5,000 años AP, se presenta un cambio en donde dominan las Chenopodiaceae-Amaranthaceae mientras que disminuyen los elementos arbóreos y poáceas, mostrando la presencia de un clima templado semiseco. Desde hace 5,000 años AP hasta el presente, se caracteriza por un aumento en la frecuencia de polen de *Pinus*, *Quercus*, Poaceae y una disminución de las Cheno-Am, indicando un clima templado subhúmedo.

Almeida-Leñero (1997) estudia un núcleo de 884 cm de largo en la laguna de Quila, en el Parque Lagunas de Zempoala; el registro muestra en el período *ca.* 10,000-9,250 años AP, una dominancia del bosque montano de *Alnus* y *Pinus* que refleja condiciones climáticas húmedas. En la zona comprendida entre 9,250-5,100 años AP, la presencia de *Pinus* y *Arceuthobium* sugiere la existencia de un bosque de *Pinus hartwegii*, que posiblemente refleja temperaturas ligeramente más bajas que las actuales. La siguiente zona *ca.* 4,680-1,000 años AP refleja un bosque mixto con *Pinus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Hedyosmum*, *Juglans* y *Artemisia*. En los últimos 1,000 años se observa una disminución de los bosques mixtos que refleja condiciones más frías y húmedas. En este período es obvia la influencia humana por la presencia de *Zea mays*, *Dodonaea*, *Plantago* la cual se relaciona con prácticas agrícolas y perturbación. Esta autora también analiza un registro palinológico de un núcleo con una antigüedad de *ca.* 4,750 AP, en la laguna de Zempoala, en el Parque Lagunas de Zempoala; durante el período de 4,750 a 2,250 años AP se reconoce la presencia de un bosque mixto con elementos mesófilos de montaña, lo que indica la existencia de condiciones climáticas más cálidas y húmedas que las actuales. En el período entre 2,250 a 600 años AP, domina un bosque de *Abies* con *Pinus hartwegii* que registra condiciones más frías; en el último período hace 600 años AP, se presenta un ambiente húmedo similar al de hoy.

En la Laguna Azteca, Molango, Hidalgo, en la Sierra Madre Oriental, Conserva y Byrne (2002), estudian los últimos 1,700 años, usando palinología y concentración de carbono, encuentran 3 fases de ocupación humana, deforestación y erosión alternando con dos fases de abandono. Estas fases difieren entre sí; en la primera predomina el bosque de neblina, mientras que la otra se caracteriza por la presencia de polen de *Quercus* y *Pinus*; proponen que estas diferencias pueden reflejar un cambio en el clima, en donde la segunda es más seca que la primera.

En la cuenca alta del Lerma, Metcalfe *et al.* (1991) realizan estudios paleolimnológicos en la laguna de Chignahuapan, Estado de México, proponen que la laguna era de agua dulce entre los intervalos de 9,000-6,000, 6,000-5,500, 3,600-1,400 y 800-0 años AP y pantanos ácidos o ciénagas durante los intervalos de sequía. Encuentran una fase de erosión acelerada que empieza en 3,100 años AP y culmina alrededor de 1,400-

700 años AP, proponen que esta fase está asociada a disturbios humanos sobre los suelos de la cuenca.

En el lago de Pátzcuaro Metcalfe *et al.* (1994) encuentran un pulso de Sr/Ca que indica una fase seca entre 1,200 y 1,100 años AP. En la misma zona Bridgwater *et al.* (1999) encuentran evidencias de un período húmedo entre 1,330 y 1,200 años AP, al utilizar registros de isótopos estables de oxígeno y carbono.

3.3 Estudios paleoambientales en la región caribe y centroamericana

Curtis *et al.* (1996) estudian la variabilidad climática del Holoceno tardío en la Península de Yucatán en Punta Laguna, encontrando tres periodos de alternancia de condiciones húmedas a secas, el máximo de aridez se encuentra entre 1,225 y 930 años AP, con un periodo árido en 579 años AP, proponen que estos cambios húmedos y secos influenciaron Mesoamérica.

Hodell *et al.* (1995) en el Lago de Chinchancanab en Yucatán utilizan los isótopos de oxígeno en conchas de ostrácodos y gasterópodos, y encuentran que el Holoceno temprano se caracteriza por una condición de aridez hasta los 8,200 años AP; entre 7,800 y 7,200 años AP, los valores de E/P indican sequía; las condiciones húmedas se restablecen hacia 7,100 a 3,000 años AP, posteriormente se inicia una tendencia de sequía, en donde las condiciones más secas se encuentran entre 1,300 y 1,100 años AP siendo el periodo más seco del Holoceno tardío y coincide con el colapso de la civilización maya, el valor máximo de sequía se encuentra en 1,140 años AP (922 DC). Curtis *et al.* (1996) en Punta Laguna estudian los últimos 3,500 años y encuentran que el periodo más distintivamente seco aparece entre 1,785 y 930 años AP.

Islebe *et al.* (1996) en el lago Petén en Guatemala encuentran que el Holoceno está constituido por tres zonas donde la vegetación original de Moraceae-Urticaceae se ve alterada por la presencia de *Cecropia* como resultado de una posible deforestación, posteriormente estos bosques se recuperan después del colapso maya.

Posteriormente Islebe y Hooghiemstra (1997) encuentran en Costa Rica en La Chonta que a los 10,400 años AP, se registra la transición entre Pleistoceno y Holoceno,

sugiriendo que durante el Holoceno los cambios climáticos están más referidos a la humedad que a la temperatura.

En el lago de Cobá (Leyden *et al.*, 1998) a partir de 8,370 años AP, se presentan bosques semidecíduos y pantanos hasta 3,500 años AP (1650 BC), cuando empieza el aclareo del bosque, el maíz se presenta a los 2,800 años AP (850 BC), no encuentran el periodo de sequía reportado para el Clásico tardío en otros lagos cercanos.

En la zona de los Tuxtlas, Veracruz, en la Laguna Pompal, Goman y Byrne (1998) estudian los últimos 5,000 años AP, reconocen dos periodos de actividad agrícola, el primero refleja una fase de aclareo del bosque y agricultura con la introducción de maíz en esta región. Le siguen hiatos de 1,500 años, durante el cual el bosque se regeneró. La segunda fase indica una actividad humana prolongada e intensa, con una duración de 1,000 años, este episodio refleja durante el Preclásico y Clásico medio una intensa actividad agrícola.

Rosenmeier *et al.* (2002) en la laguna de Salpetén, en Guatemala, estudian un núcleo de 4,000 años encontrando que los estudios palinológicos y geoquímicos indican un aclareo del bosque y erosión de los suelos que empieza en 1,700 años cal AP, reduciendo en 850 años cal AP, coincidiendo con el decremento demográfico del periodo Clásico Maya. El clima durante el Preclásico y el Clásico medio sugiere altas precipitaciones.

Islebe y Sánchez (2002) estudian un núcleo a partir del Holoceno tardío en la costa de Quintana Roo, encontrando cambios en el desarrollo del sistema del manglar. Del periodo 2,500 a 1,500 años AP prevalecen condiciones ambientales húmedas, representadas por *Rhizophora mangle*; durante el periodo 1,500 a 1,200 años AP domina *Conocarpus erecta* sugiriendo condiciones secas y vegetación abierta, este periodo coincide con el decaimiento de la cultura Maya, posteriormente se recupera *R. mangle* indicando condiciones húmedas. Hacia 1,000 años se presenta *C. erecta* nuevamente que sugiere un periodo seco hasta nuestros días.

3.4 Estudios paleoambientales en la región norte

En el desierto de Chihuahua y Sonora (Van Devender, 1990a, 1990b) estudia microfósiles en nidos de *Neotoma* spp.; Mehringer y Wigand (1990), comparan los resultados obtenidos

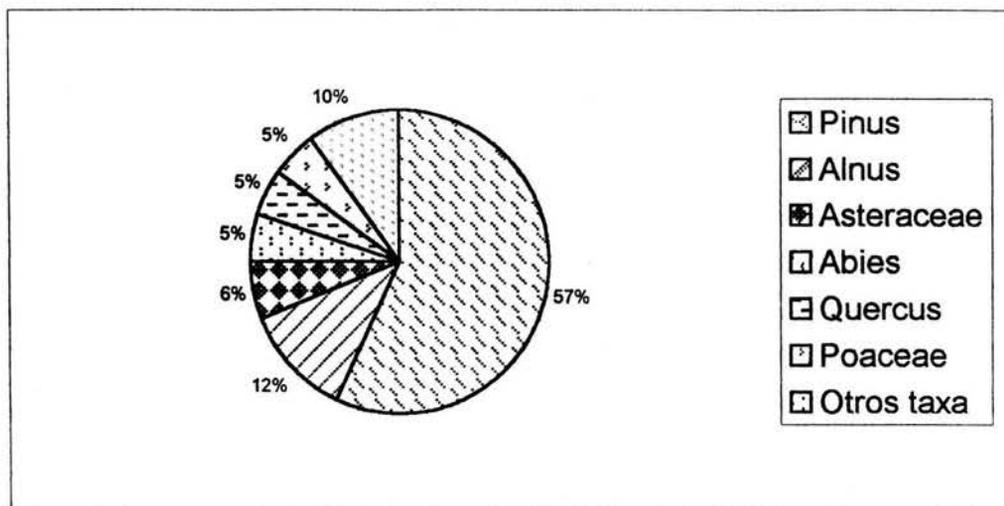
en nidos de *Neotoma* con microfósiles, polen y estudios de un núcleo de un lago y encuentran que sólo el estudio en núcleos revela el ritmo y las consecuencias de los cambios ambientales regionales, por otra parte los estudios de woodrat middens (madrigueras de ratas) complementan detalles de la paleoflora y la historia de la vegetación.

En la Paz Baja California se han realizado estudios de palinología que incluyen dinoflagelados y palinomorfos; de los estudios que tienen como base los palinomorfos destacan los trabajos de P. Núñez-Pérez (com. pers.) con una antigüedad de 900 años AP, encuentran un total de 84 especies, siendo 19 taxa los más representativos; entre estos están, el polen de Chenopodiaceae, Asteraceae, Poaceae, Leguminosae y Polygonaceae y abundante polen de *Pinus*, observa que existe una coincidencia en tiempo, entre las variaciones de las series de abundancia palinológicas y los cambios climáticos globales en el último milenio.

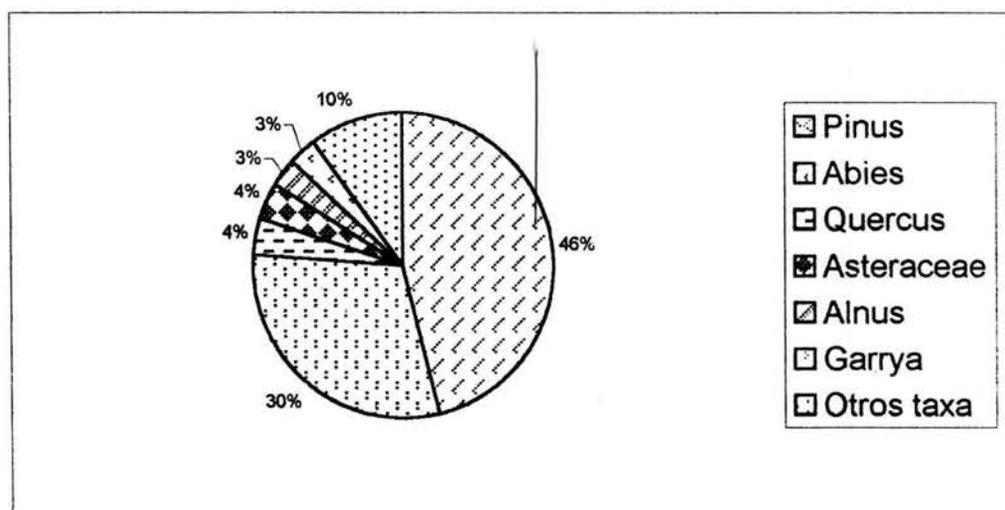
3.5 Lluvia de polen

Uno de los principales problemás para la interpretación de las comunidades vegetales en sedimentos mediante la palinología, es el criterio correspondiente a la lluvia de polen fósil. Esto ha generado que se realicen trabajos sobre lluvia de polen moderno y la relación con la vegetación de la que deriva. Grabandt (1980) muestra que existe una relación entre lluvia de polen y vegetación, propone que las corrientes de aire y las lluvias juegan un papel importante en la trasportación y sedimentación del polen, por lo que se puede esperar que la correspondencia del polen sedimentado en lagos pueda ser diferente; Islebe *et al.* (2001) proponen que los estudios de lluvia de polen permiten la calibración de conjuntos fósiles y apoyan la interpretación paleoecológica, aunque la relación entre lluvia de polen actual y vegetación no implica que la composición florística de la paleovegetación sea igual a la actual.

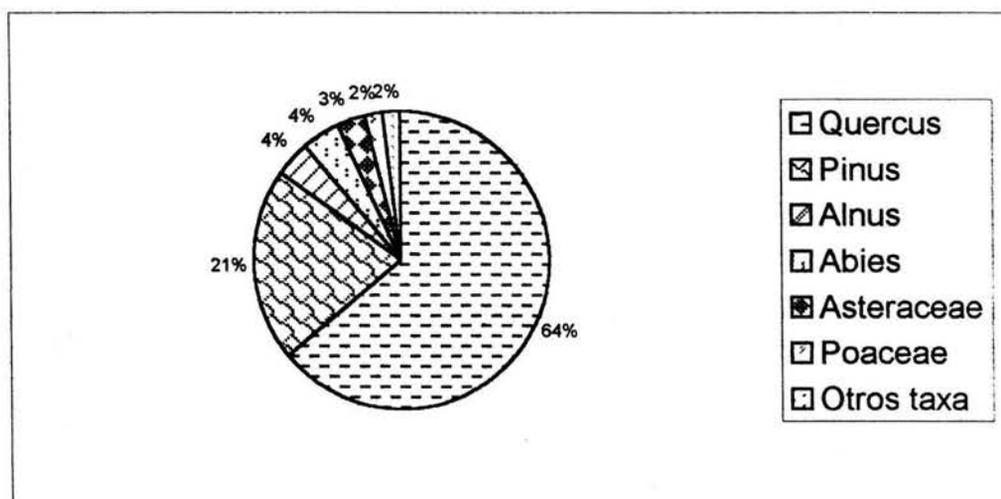
En el Valle de México, Palacios-Chávez (1977), identifica y cuantifica el polen presente en diferentes localidades, encontrando en el bosque de *Pinus hartwegii* en Tlamacas, estado de México que domina el polen de *Pinus* con porcentajes de 57% y en



a) Lluvia de polen del bosque de *Pinus hartwegii* en Tlamacas, Edo. de México



b) Lluvia de polen del bosque de *Abies* en el Desierto de los Leones, D.F.



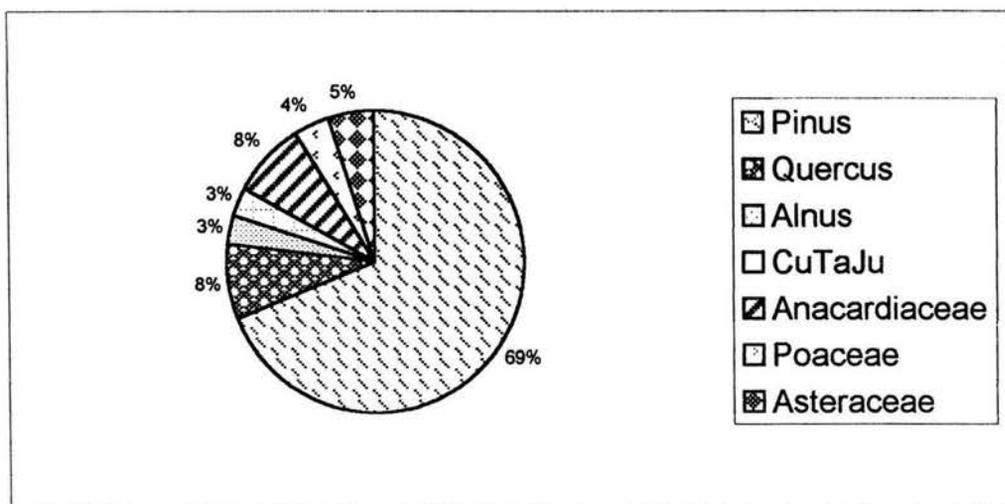
c) Lluvia de polen del bosque de *Quercus* entre Santa Fe y Huixquilucan, Edo. de México.

Figura 1. Porcentajes de lluvia de polen en tres diferentes localidades del D.F. y Edo. de México, según Palacios-Chávez (1977).

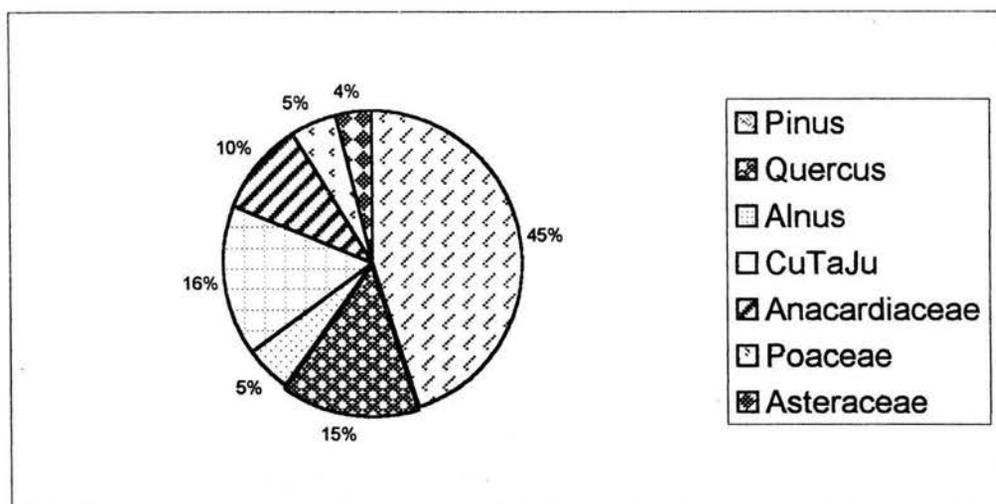
Llano Grande, estado de México con 87%. En el bosque de *Abies*, en el Parque Nacional de El Chico, Hidalgo, el *Pinus* se presenta con 37% y el *Abies* con 23%, pero el mismo bosque en el Desierto de los Leones el *Pinus* alcanza 46%, mientras que *Abies* tiene el 30%. En las localidades de El Chico, Hidalgo y en Santa Fe y Huixquilucan en el bosque de *Quercus* los porcentajes del polen de *Quercus* oscilan entre 41 y 64% respectivamente, mientras que el polen de *Pinus* sólo está representado en un 20 a 23%. En el pastizal también se encuentran resultados contrastantes; en Tepozotlán, estado de México en un pastizal, las Poaceae alcanzan hasta un 45%, siguiendo las compuestas con un 23%, *Pinus* con 15% y *Quercus* con 5%, mientras que en otro pastizal en la Presa de la Concepción, estado de México *Pinus* alcanzó un 46%, Poaceae 27%, Asteraceae 8%, *Alnus* 6% y *Quercus* 5% (Figura 1).

En la región Puebla-Tlaxcala, Ohngemach y Straka (1983) realizan aproximadamente el estudio de 125 muestras de lluvia de polen en diferentes localidades con vegetación halófila, árida, semiárida, semihúmeda, húmeda y zonas con cultivo de maíz. Entre estos destacan los estudios comparativos realizados en bosques mezclados semihúmedos de *Pinus* y *Quercus*; de los bosque localizados en la carretera libre Ciudad de México a Puebla en la muestra no. 24, encuentran un porcentaje de 69% de *Pinus*, mientras que en la muestra 25 esta especie sólo presenta el 45 %, mientras que *Quercus* presenta el 8%, y en el segundo el 15%, con valores menores se encuentran *Alnus*, CuTaJu (Cupressaceae/Taxodiaceae), Anacardiaceae, Poaceae y Asteraceae. También presentan abundantes diagramas de bosques semiáridos de *Pinus* y *Quercus*, en todos los casos los *Pinus* son dominantes en valores que oscilan entre el 60 y el 80%, excepto 1 ó 2 casos el *Quercus* nunca alcanza más del 10%, siendo el *Alnus* y las Asteraceae las que presentan los porcentajes mayores (Figura 2).

Lozano-García (1984) estudia 8 comunidades de San Luis Potosí, encuentra que el polen de *Pinus* está sobrerrepresentado en todos los espectros (10 a 35%), en las comunidades de bosque de encino, chaparral de encino, matorral micrófilo, matorral espinocrasicaule, matorral rosetófilo, matorral crasicaule y pastizal; lo mismo considera para el *Quercus*, excepto en el bosque de encino y chaparral de encino, en donde tiene valores de RP (representación palinológica) normal. También considera sobrerrepresentados a *Alnus*, *Carya*, *Juglans* y *Salix*. Mientras que el elemento no arbóreo muestra una



a) Lluvia de polen de un bosque mezclado semihúmedo de *Pinus* y *Quercus*.



b) Lluvia de polen de un bosque mezclado semihumedo de *Pinus* y *Quercus*.

Figura 2. Porcentajes de lluvia de polen en la región Puebla-Tlaxcala, según Ohngemach y Straka (1983).

sobrerrepresentación para Asteraceae, en contraste las Poaceae presentan una representación polínica baja.

Para Ocozocoautla, Chiapas, Montúfar (1985) estudia la lluvia de polen actual depositado en musgos, bromélias y suelo superficial, proveniente de comunidades subdeciduas, deciduas, perennifolias, sabanas y encinares; encontrando que predomina el polen anemófilo de Asteraceae, Poaceae, *Pinus* y *Quercus*.

Es interesante mencionar que las Asteraceae tienen su representación más alta en las comunidades decidua, subdecidua y sabana, exceptuando un valor en suelo, los porcentajes oscilan entre el 8 y el 40%, al igual que Poaceae que van de 8 a 36% de representatividad. El *Quercus* varía de 5 a 30%, excepto en las zonas de encinar (54 a 76%) y en los musgos de la comunidad perennifolia (62%) en donde se presenta más abundante. En todas las comunidades está ausente el *Pinus*, aunque sus valores en las diferentes muestras varían de 0.5 a 10% de RP.

En menor cantidad está presente el polen entomófilo perteneciente a Leguminosae, Burseraceae, Bombacaceae y Myrtaceae, estos elementos entomófilos, en general, resultan más abundantes dentro de las comunidades decidua, subdecidua y perennifolia, disminuyendo en la sabana, mientras que en el encinar, se presentan en menores cantidades.

En el volcán Popocatepetl, Tovar (1987) realiza un análisis de la lluvia de polen a lo largo de un transecto altitudinal de los 3,335 a 4,320 m snm y que comprende el bosque de *Abies religiosa*, el bosque de *Pinus hartwegii* y el pastizal alpino. En las muestras estudiadas la composición de la lluvia de polen se encuentra dominada por taxa arbóreos, especialmente *Pinus*, *Alnus*, *Quercus* y *Abies*. En el bosque de *Abies*, esta especie se encuentra muy poco representada, sin embargo se encuentra polen de *Alnus*, *Quercus*, *Pinus*, *Celtis*, Asteraceae, Poaceae y Chen-Am que están ausentes en la vegetación. En el bosque de *Pinus*, este taxón está sobrerrepresentado; ausentes en la vegetación pero con valores significativos en la lluvia de polen están: *Alnus*, *Quercus* y *Abies*, los elementos herbáceos están pobremente representados. En el pastizal alpino se encuentran *Alnus*, *Quercus* y *Pinus* con alto porcentaje, mientras que Poaceae tienen un valor de representación muy bajo.

polen encontrados en las muestras permiten calibrar estudios paleoecológicos en la región sureste de México. La lluvia de polen permitió detectar tres tipos de vegetación. El primer grupo está formado por la selva mediana representado por *Maclura*, Apocynaceae, Moraceae, Sapotaceae, Araceae, *Cecropia*, *Celtis*, *Eugenia* y *Bursera*. El segundo lo conforman los acahuales caracterizados por *Coccoloba*, *Metopium*, Anacardiaceae, Urticales, *Melothria*, *Croton* y Palmae. El último grupo son los ambientes perturbados y se caracterizan por la presencia de polen de *Zea mays*, Mimosa y Asteraceae.

4. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

4.1 Localización

La Cuenca del Alto Lerma, se encuentra en el estado de México, el cual se localiza en la porción central de la República Mexicana, formando parte del EVT. Se presenta a una altitud de 2,575 m snm. La Cuenca está situada entre los 19° 05' y 20° 00' de latitud norte y entre los 99° 20' y 100° 00' de longitud oeste.

La región que comprende el área de estudio, ocupa una pequeña porción en el extremo sur de la cuenca del río Lerma-Chapala-Santiago, es decir, la Región Hidrológica 12, ubicada a su vez, dentro de la subcuenca denominada Almoloya-Otzolotepec (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1983).

Desde el punto de vista geográfico, la subcuenca se limita en su franco oriental por el parteaguas de las serranías de origen terciario, denominada Las Cruces en dirección norte-sur. Al occidente se limita por el volcán de San Antonio y al suroeste por el Volcán Nevado de Toluca, el estrato volcán más alto de la región con 4,680 m snm (Bloomfield y Valastro, 1977). Hacia el sur, se separa de la región de tierra caliente por pequeños cuerpos volcánicos ubicados al sur de los pueblos de Tenango, Jajalpa y Texcayacac y parte de la formación Chichinautzin. Hacia el norte, se limita por unos cerros que atraviesan en dirección este-oeste hacia la subcuenca de Ixtlahuaca (Figura 3).

4.2 Geología

El EVT es un arco continental andesítico cuyo origen se remonta al Terciario. Se compone principalmente de grandes estratos volcánicos de diferentes composiciones y otros pequeños volcánes monogenéticos basáltico-andesíticos. Consiste de tres provincias caracterizadas por el vulcanismo, la tectónica y la petrología. La primera corresponde al oeste denominada Colima-Chapala-Zacoalco, la segunda es denominada central y esta conformada por una cadena volcánica en el centro de México, la última está caracterizada por estratovolcánes andesíticos y corresponde a la oriental (Macías *et al.*, 1997).

La cuenca alta del río Lerma se encuentra comprendida en el EVT central y su historia geológica se resume en tres etapas.

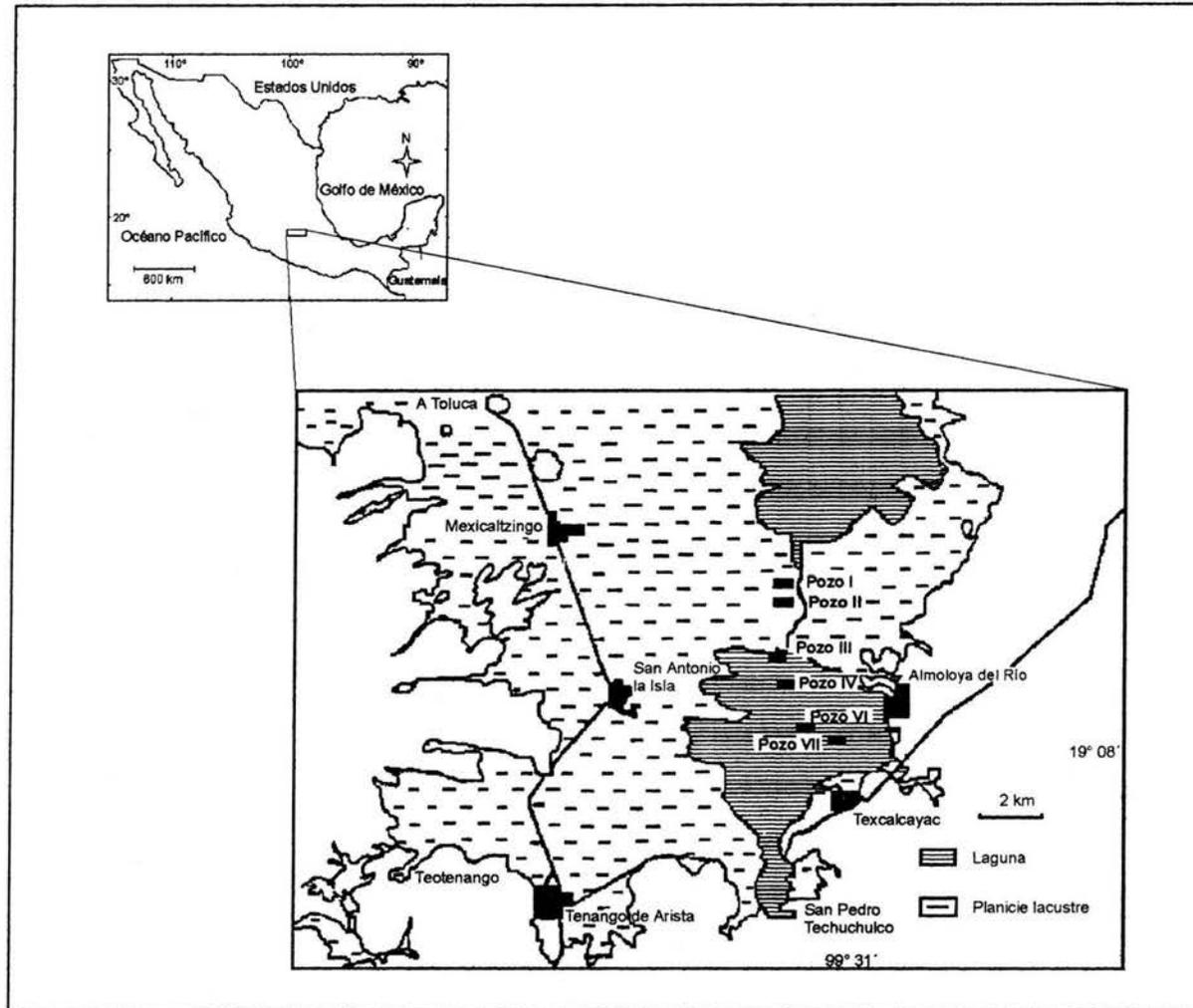


Figura 3. Localización de los pozos estudiados en la cuenca alta del río Lerma, Estado de México.

La primera se remonta a las erupciones miocénicas del Terciario inferior que dieron lugar a sierras y valles, conformados por rocas principalmente dacíticas-andesíticas; probablemente en esos tiempos fue una cuenca abierta.

La segunda etapa se caracteriza por un vulcanismo basáltico-andesítico del Pleistoceno con efusión de lavas y material cinerítico; estas lavas se distribuyeron en el lado occidental de la sierra de Las Cruces y se formaron un gran número de conos volcánicos en dirección este-oeste que dieron origen a una barrera impidiendo el drenaje hacia el norte. En consecuencia, la cuenca terciaria se fue azolvando y rellenando con aluviones, materiales volcánicos y tobas lacustres, formándose una cuenca semicerrada; hacia la periferia del valle se entremezclan lahares y lavas (Sánchez-Rubio, 1978).

En esta cuenca azolvada y con una gran laguna Toluca-Ixtlahuaca-Atlacomulco, se inicia la tercera etapa con tectonismo y vulcanismo este-oeste, que dio lugar los escalones de falla; como consecuencia, se separó en dos subcuencas (Sánchez-Rubio, 1978). El vulcanismo asociado a esta actividad tectónica fue de tipo basáltico del Cuaternario y produjo numerosos conos cineríticos y derrames de basalto hasta épocas recientes.

La cuenca alta del río Lerma se encuentra formada por numerosos volcanes y conos volcánicos, entre ellos destaca el Nevado de Toluca, estrato volcán, formado por lavas dacíticas y andesíticas que descansa sobre rocas volcánicas terciarias depositadas sobre formaciones cretácicas. En el sur y este de la cuenca se encuentran 41 conos volcánicos y lavas con edades entre los 8,390 y 40,000 años AP (Bloomfield, 1975).

El Volcán Nevado de Toluca hace aproximadamente 25,000 años AP tuvo una erupción explosiva, tipo vulcaniano que cubrió sus laderas con lahar. Posteriormente, hacia 11,600 años AP sobrevino una segunda erupción violenta, tipo pliniano que produjo una gran cantidad de pómez dacítica conocida como la tripartita de grano fino o Pómez Toluca Superior (PTS), probablemente se extendió hacia el Valle de México cubriendo un área mayor a los 2,000 km² (Bloomfield, 1974, 1975; Bloomfield y Valastro, 1977). Flores-Díaz (1986) propone que esta capa encontrada en Tlapacoya tiene una fecha de 9,920 años AP.

Posterior a la tripartita se encuentran suelos lacustres y en posición intermedia la tefra de Tres Cruces con una fecha de 8,500 años AP que se puede correlacionar con la cuenca de México (Newton y Metcalfe, 1999). De esta misma fecha se encuentra reportado

el Basalto de Tenango (Bloomfield, 1974). Existe una última tefra a los 3,300 años AP, que no ha sido encontrada en estudios posteriores en la Cuenca del Lerma (Newton y Metcalfe, 1999).

4.3 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, esta región es de origen ígneo y la mayoría de las geoformas son producto del vulcanismo, como los conos cineríticos, los derrames de lava y los depósitos piroclásticos; además, la región se caracteriza por planicies formadas por materiales clásticos y piroclásticos del tipo de sedimentos lacustres y materiales de aluvión.

Los principales agentes geomórficos de la zona son dos: los endógenos, que se representan por un vulcanismo joven, alineado en dirección este-oeste y el diseminado, como las fracturas y fallas. Por otra parte están los exógenos, entre los más importantes son la erosión fluvial y el intemperismo.

4.4 Hidrología

La Cuenca del Lerma es el vaso lacustre más alto del EVT y en esta nace el río Lerma que drena hacia el Norte descargando sus aguas en el Lago de Chapala y finalmente en el Océano Pacífico (Newton y Metcalfe, 1999).

El río Lerma nace en Almoloya del Río y de allí atraviesa el lecho de la planicie de dicho Valle. Los alimentadores del río son los manantiales que brotan al pie occidental de las sierras del Ajusco y Las Cruces; también lo son los torrentes que fluyen hacia el norte, noreste y este procedentes de las vertientes nororientales del Volcán Nevado de Toluca. En su curso hacia el norte, el Lerma recibe alimentadores como los ríos Otzoltepec, Tejalpa y La Gavia (Ramos-Ventura, 2000).

El volumen y caudal del agua de los diversos surtidores son de tal magnitud que el cauce del río Lerma es insuficiente para contenerlo, de manera que se desborda e inunda la zona cercana. Además, una parte del agua contenida en los acuíferos confinados se filtra por su gradiente ascendente hacia la superficie, propiciando la formación de extensas zonas pantanosas y de niveles freáticos someros. Así se formaron las tres lagunas cenagosas que se extienden de Texcalyacac al sur, hasta Tarasquillo al norte (Romero-Quiroz, 1987).

En condiciones normales, las tres lagunas estaban comunicadas entre sí por cauces del río Lerma. En el extremo sur, se encuentra el primer tramo que se conoce como Ciénaga de Almoloya o Chignahuapan. Tiene 50 km² de superficie y abarca desde Texcalyacac o Techuchulco hasta la hacienda de Atenco, municipio de Santa Cruz Atizapán. Esta laguna era la más alta de las tres, que en escalones sucesivos, descendían hacia el norte; el segundo tramo, conocido como la laguna de Lerma, con una extensión de 25 km²; se extendía desde esa hacienda hasta la cabecera del municipio de San Mateo Atenco. El tercero y último tramo, llamado laguna Tarasquillo o también denominada de San Bartolo, tenía unos 10 km² y se extendía desde el pueblo de Lerma hasta San Nicolás Peralta (Romero Quiroz, 1987). Entre la primera y la segunda laguna se encuentra un estrechamiento, existe otro semejante entre la segunda y la tercera. Por este escalonamiento y la aportación constante de los alimentadores, el agua de las lagunas no se estancaba, sino fluía conforme al cauce del río Lerma.

Hacia 1950 con el fin de abastecer de agua potable a la ciudad de México, se realizaron en la zona de la cuenca del río Lerma obras de captación del agua de los manantiales y parte del agua del subsuelo de los lagos. Esto provocó que el área se haya convertido en un conjunto de ciénagas unidas por un canal, el cual puede ser considerado como el origen del colector general del río Lerma. Para 1970 concluyeron las obras de 230 pozos y 170 km de acueductos que aportan algo más de 14 m³/seg de agua potable al Distrito Federal. En consecuencia se modificaron los ecosistemas lacustres, se abatieron los niveles freáticos y se secaron los manantiales, en la actualidad sólo quedan algunos relictos del paisaje de los años 50's (Ramos-Ventura, 2000).

4.5 Climatología

El área de estudio se encuentra cercana a tres estaciones climatológicas (Cuadro No. 1), (CONABIO, 1999).

La estación Almoloya del Río y San Pedro Techuchulco tienen un clima Cb'(w2)(w)(i') que corresponde a un semifrío subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la

Cuadro 1. Datos climáticos de las estaciones cercanas a la ciénaga de Almoloya, Edo. de México. (CONABIO, 1999)

Clave	Nombre	Coor.		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	P/T	% P. Inv.	Osc.	Clima
15-004	ALMOLOYA DE RÍO	19/9/35.98	T	8,6	9,2	10,6	12,7	13,8	14,3	13,8	13,9	13,8	12,7	10,6	9,1	11,9	83,2	3,5	5,7	Cb'(w2)(w)(i')
	(2670 m)	99/29/17.47	P	18,2	5,0	11,4	35,4	75,5	169,2	213,3	212,2	155,2	68,4	18,5	9,6	991,9				
15-071	SANTIAGO TIANGUISTENGO	19/10/54.7	T	11,7	12,7	15,2	16,6	17,4	16,6	15,6	15,5	15,3	14,9	13,5	12,2	14,8	69,6	2,2	5,7	Cb(w2)(w)(i')g
	(2336 m)	99/28/5.610	P	17,1	1,4	4,0	28,0	71,6	170,5	235,4	256,0	159,9	66,0	12,3	5,1	1027,3				
15-202	SAN PEDRO TECHUCHULCO	19/6/46.18	T	7,9	8,7	10,6	12,3	14,0	14,2	13,5	13,7	13,7	12,6	10,4	8,8	11,7	72,1	4,0	6,3	Cb'(w2)(w)(i')
	(2680 m)	99/31/31.18	P	20,2	2,4	11,0	26,3	67,1	146,7	189,8	168,1	131,0	54,8	15,4	10,5	843,3				

precipitación anual, con poca oscilación de temperatura (Figura 4 y 5), (García *et al.*, 1983).

La estación Santiago Tianguistsengo tiene un clima Cb(w2)(w)(i')g que corresponde a un templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5% a la precipitación anual y marcha tipo Ganges (Figura 6), (García *et al.*, 1983).

4.6 Vegetación

En el Estado de México, Martínez y Matuda (1979), realizaron desde 1952 hasta 1957, exploraciones botánicas en todas las regiones del estado; Matuda continúa con este trabajo hasta 1972. Galicia en 1992, presenta un listado florístico basado en las colectas de Matuda.

La cuenca alta del río Lerma ha sido objeto de una gran destrucción y desaparición de especies potencialmente útiles, que se han ido perdiendo sin dejar registro. Ramos-Ventura (2000) propone que existe poca información sobre los tipos de vegetación presentes actualmente, la vegetación natural está restringida a las principales formaciones montañosas en el sur, sureste y oeste de la cuenca, donde destacan por su fisonomía los bosques de *Quercus*, *Pinus-Quercus*, *Pinus*, *Abies* y la vegetación alpina; hacia la planicie lacustre se encuentran los pastizales y la vegetación acuática.

Bosque de *Quercus*. Para la República mexicana el 95 % de este tipo de vegetación se puede localizar entre los 1,200 y 2,800 m, a veces formando un gradiente intercomunitario con el bosque mesófilo entre los 2,600 y 2,800 m. Las temperaturas medias anuales se encuentran en un intervalo de 10 a 26°C. Prosperan en lugares con precipitaciones de 600 a 1,200 mm (Rzedowski, 1978).

Los estratos arbustivos y herbáceo son muy ricos en estos bosques; el sotobosque puede estar formado por: *Arctostaphylos*, *Baccharis*, *Berberis*, *Cestrum*, *Dahlia*, *Eupatorium*, *Fuchsia*, *Lamourouxia*, *Rubus*, *Salvia*, *Scutellaria*, *Stachys*, *Symphoricarpus* y *Valeriana*.

Para la CAL los encinares están representados por diversas especies de encinos que forman asociaciones características en un determinado piso altitudinal (Osorio, 1984).

Romero-Rangel (1993) estudia el género *Quercus* para el estado de México y registra para el sur de la Cuenca a *Quercus castanea* (Almoloya del Río), *Q. laeta* (Tenango

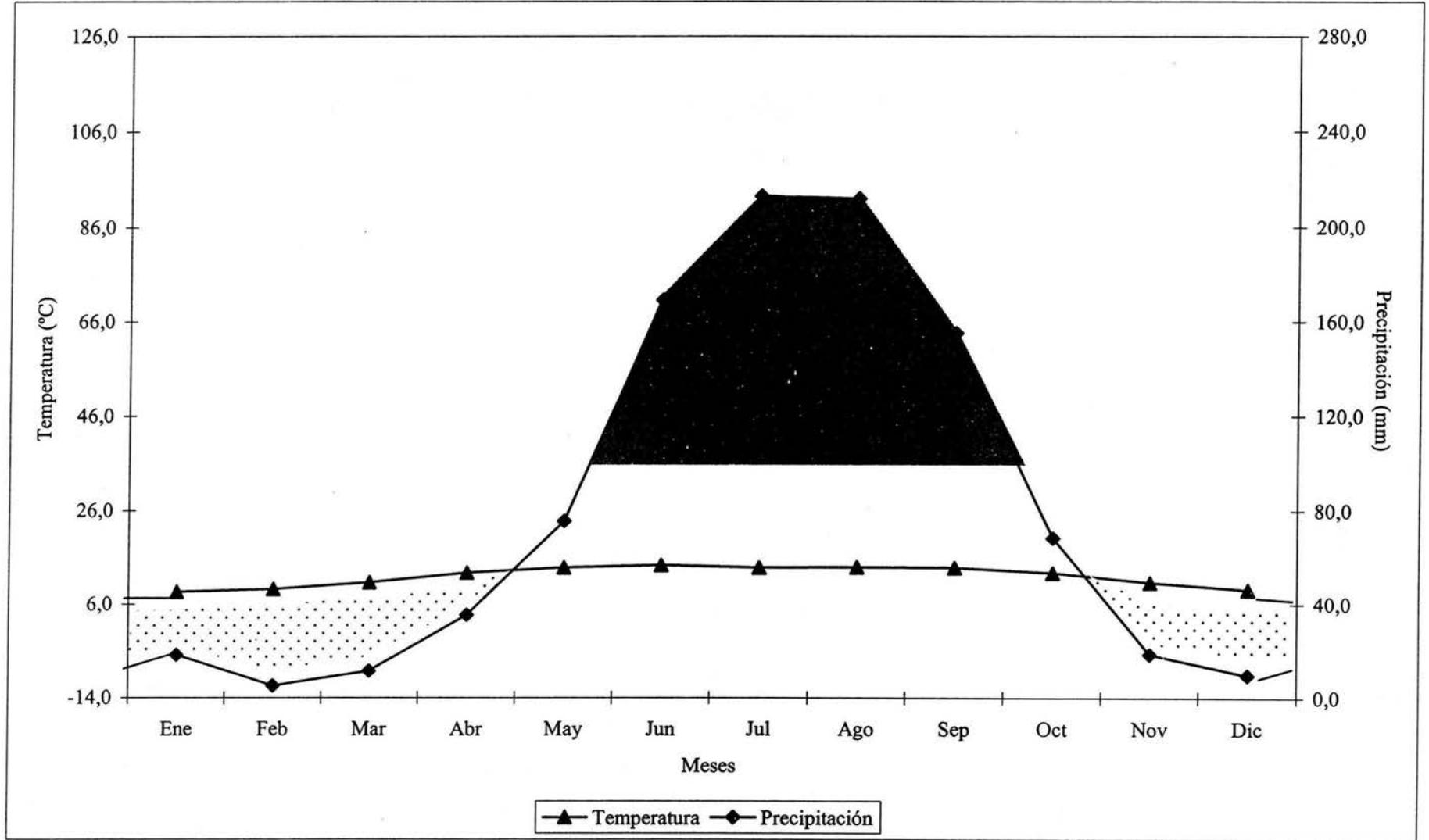


Fig. 4 Diagrama ombrotérmico estación Almoloya del Río, 19° 09' 35.98" lat. N y 99° 29' 17.47" long. W (García *et al.*, 1983)

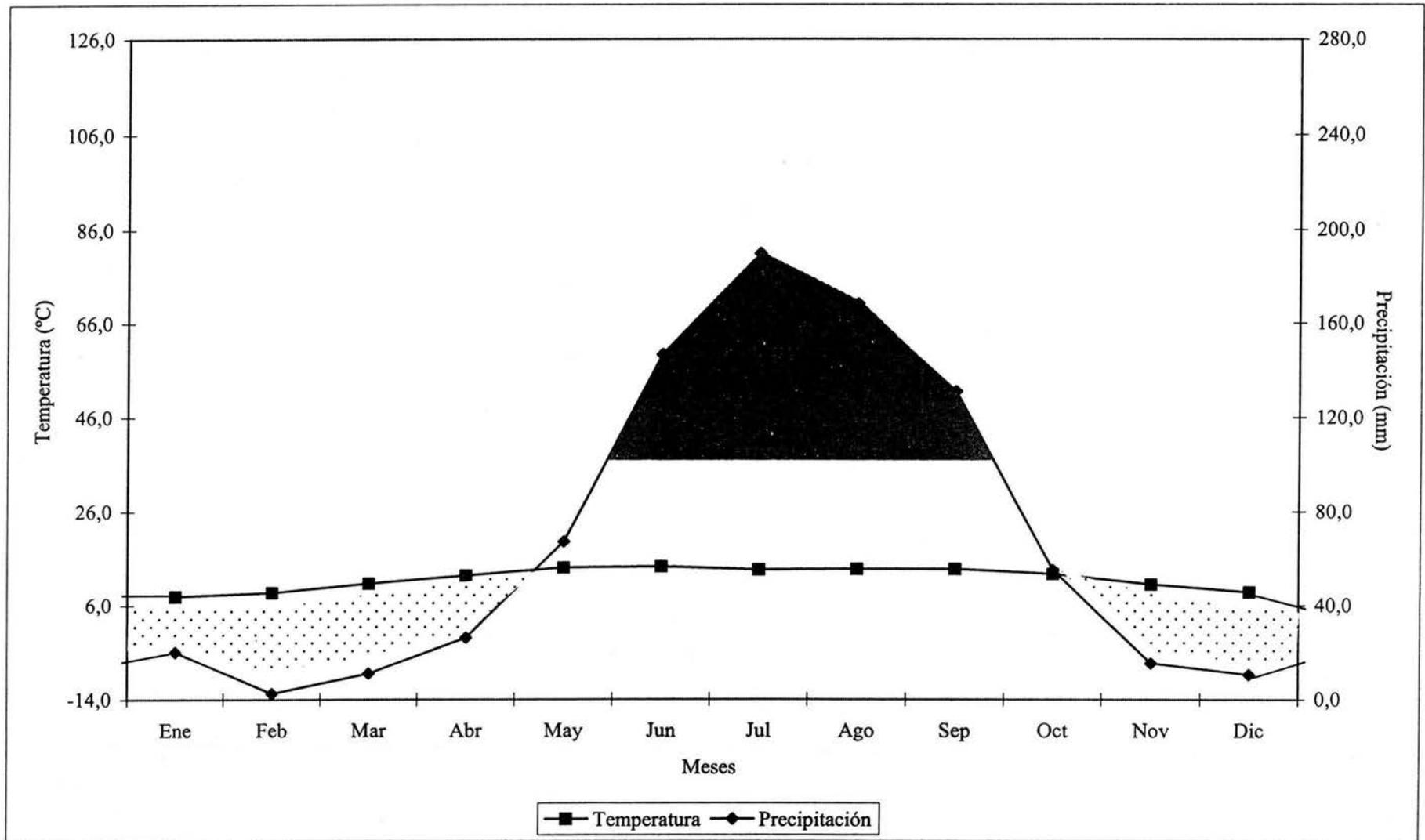


Fig. 5 Diagrama ombrotérmico estación San Pedro Techuchulco, 19° 06' 46.18" lat. N y 99° 31' 31.18" long. W (García, *et al.* 1983)

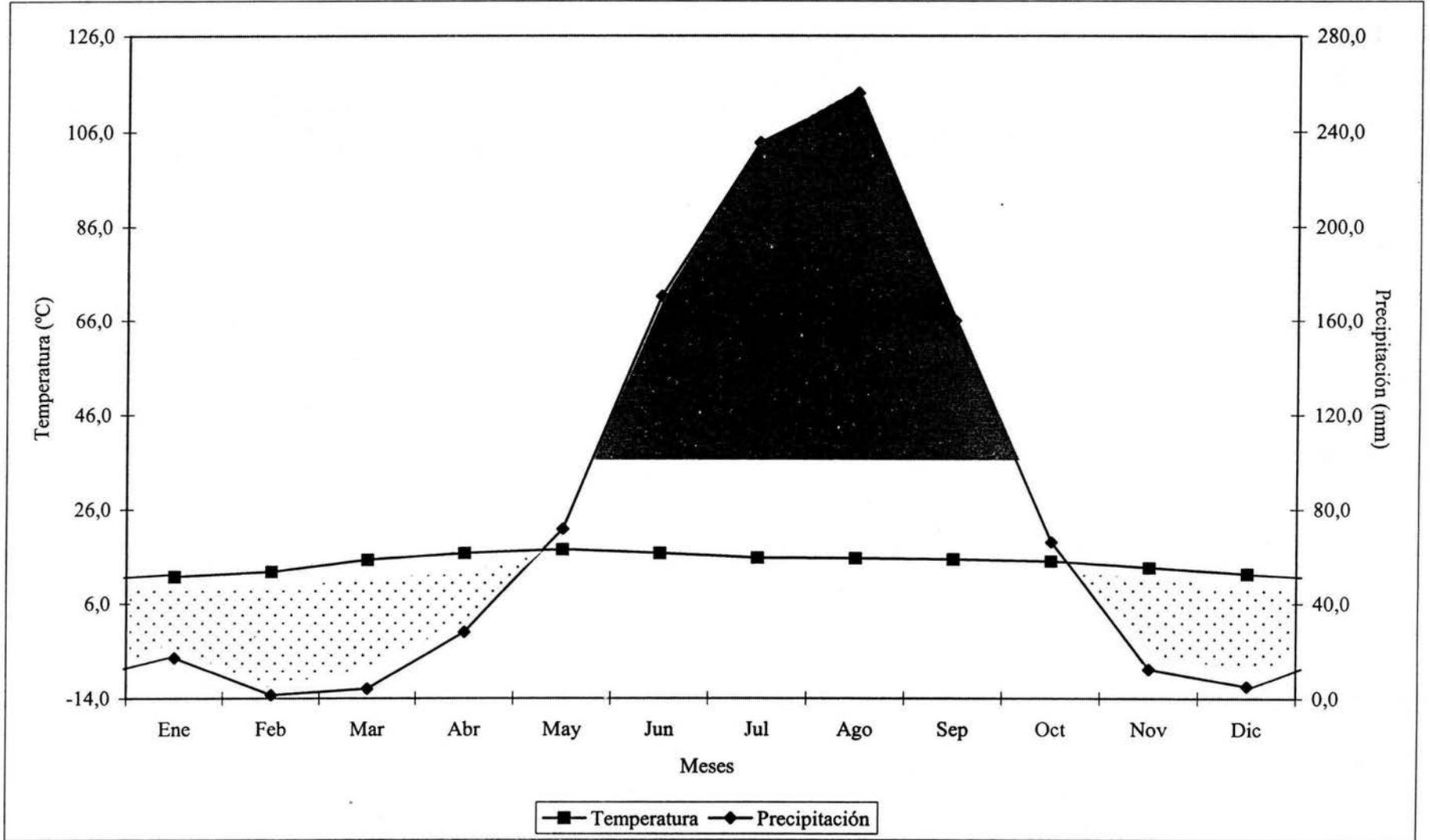


Fig. 6 Diagrama ombrotérmico estación Santiago Tianguistengo, 19° 10' 54.7"lat. N y 98° 28' 05.61"long. W (García, *et al.* 1983)

del Valle), *Q. obtusata* (Tenango del Valle) y *Q. laurina* (Lerma). Estos encinos, para el estado de México, se encuentran formando encinares puros o asociaciones como bosques de *Pinus-Quercus*. Las especies de *Q. castanea* y *Q. laurina*, también pueden formar parte del bosque mesófilo de montaña.

Estos bosques se desarrollan en la parte norte de la cuenca; al sur y suroeste de la misma quedan algunos manchones colindando con bosques de *Pinus-Quercus*; en las faldas del Nevado de Toluca (ladera norte) se encuentran debajo de la línea de los pinares. En la región sur de Almoloya, cerca de Texcalyacac se encuentra un manchón de encinares (Anónimo, 1987). Actualmente estos encinares están formados por *Quercus crassifolia* y *Q. laurina* con un intervalo altitudinal de 2,575 a 2,700 m.

Bosque de *Pinus-Quercus*. No se ha descrito formalmente como comunidad (Silva *et al.*, 1999). Es una mezcla de ambos elementos. Se localizan manchones muy reducidos en el norte y el sur de la cuenca. Hacia el sur de la cuenca más que una comunidad bien definida su distribución sugiere una transición entre los bosques de *Pinus* y *Quercus* (Anónimo, 1987).

Bosque de *Pinus*. Los pinares, son comunidades características de las montañas de México; se pueden localizar en altitudes entre 1,500 y 3,000 m, pero en realidad se trata de varias asociaciones vegetales distintas en las que prevalecen especies diferentes del género *Pinus*. Para la República Mexicana las temperaturas medias anuales tienen un intervalo entre 10 a 20°C. En general prosperan en lugares en que llueva entre 600 y 1,000 mm anuales (Rzedowski, 1978).

Los pinares tienen un sotobosque relativamente pobre en arbustos, pero con abundancia de gramíneas amacolladas. En el estrato arbustivo y herbáceo se encuentran: *Alchemilla*, *Archibaccharis*, *Baccharis*, *Castilleja*, *Eryngium*, *Eupatorium*, *Festuca*, *Geranium*, *Muhlenbergia*, *Piqueria*, *Potentilla*, *Prunella*, *Ribes*, *Senecio*, *Stevia* y *Stipa* entre otros (Ramos-Ventura, 2000).

Para la CAL los pinares se localizan al noreste, centro y suroeste de la cuenca, en altitudes que van de los 2,700 a 2,800 m snm, estas comunidades están formadas por *Pinus rudis*, mezclándose esporádicamente especies de los géneros *Arbutus*, *Clethra* y *Quercus* (Ramos-Ventura, 2000). En el Nevado de Toluca a una altitud de 2,800 a 3,200 m snm, se

encuentran *Pinus pseudostrabus* y *P. ayacahuite*. En altitudes de 3,000 a 3,200 m snm, predomina *Pinus montezumae*; puede estar asociado a *Pinus pseudostrabus* (Anónimo, 1987). En altitudes de 3,500 a 4,000 m snm dominan comunidades de *P. hartwegii*, que alcanzan el límite inferior de la vegetación alpina (Vela et al., 1976), en algunas zonas se observan desde los 3,200 m snm; este bosque se ha visto muy afectado desde épocas pasadas, principalmente en las laderas norte, noreste y este, actualmente está ralo y plagado con escasa superficie cubierta a consecuencia del avance agrícola, o por la proliferación de la ganadería y la tala ilegal.

Bosque de *Abies*. Es una comunidad bien definida. Se presenta generalmente en altitudes entre 2,400 y 3,600 m snm. La especie dominante y con frecuencia exclusiva es *Abies religiosa*. La precipitación media anual es por lo común mayor de 1,000 mm y la temperatura media anual varía de 7 a 15, pero pueden alcanzar los 20°C (Rzedowski, 1978). Los elementos más comunes en los estratos inferiores son *Eupatorium*, *Senecio*, *Acaena*, *Brachypodium*, *Sigesbeckia*, *Alchemilla*, *Salvia*, *Archibaccharis*, *Arctostaphylos*, *Stevia* y *Symphoricarpos* (Ramos-Ventura, 2000).

Se distribuye en las regiones montañosas de la sierra de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, principalmente hacia el norte en el cerro de la Bufa y al sur en el cerro de Ixtapan de la Sal y Nevado de Toluca (Ramos-Ventura, 2000). Cubre amplias extensiones, aunque en algunas zonas las masas puras no comprenden superficies grandes. En el Nevado de Toluca se encuentra a altitudes de 3,000 a 3500 m snm. (Vela et al., 1976), pero sólo como manchones muy reducidos principalmente en las laderas norte, oeste y sur (Anónimo, 1987).

Esta comunidad comparte su hábitat con especies de *Pinus*; se encuentran hacia el este de la Cuenca sur y suroeste. En las laderas del Nevado de Toluca se encuentran grandes macizos de estas asociaciones hacia el sur y suroeste del Volcán (Anónimo, 1987).

Bosque mesófilo de montaña. Corresponde en México al clima húmedo de altura y dentro del conjunto de las comunidades que viven en las zonas montañosas ocupa sitios más húmedos que los bosques de *Quercus* y de *Pinus*; tiene una distribución limitada y fragmentaria. Se le encuentra en el Valle de México; su límite altitudinal superior no depende tanto de la temperatura como de la distribución altitudinal de la humedad, en pocos

sitios se encuentra en altitudes superiores a 2,700 m snm. Por encima de esta altitud suele substituirlo el bosque de *Abies religiosa*, si el clima se mantiene suficientemente húmedo. La precipitación media anual nunca es inferior a 1,000 mm, comúnmente es de 1,500 mm, en algunas zonas excede los 3,000 mm (Rzedowski, 1978).

En las cañadas de Ocuilán, estados de Morelos y México, Luna-Vega *et al.* (1989) estudian la composición del bosque mesófilo que se desarrolla en un intervalo altitudinal de 1,800 a 2,400 m, con una temperatura anual de 17.5°C y una precipitación anual de 1,313.5 mm. Los componentes arbóreos más importante son: *Quercus*, *Pinus*, *Ilex*, *Carpinus*, *Saurauia*, *Alnus*, *Cleyera*, *Cornus*, *Ceanothus*, *Meliosma*, *Rhamnus*, *Styrax*, *Symplocos* y *Ternstroemia*; el estrato arbustivo se compone de compuestas, rubiáceas, loganiáceas, malváceas, poligaláceas y solánaceas; el estrato herbáceo esta representado por: *Cranichis*, *Govenia*, *Begonia*, *Cuphea*, *Adiantum*, *Asplenium*, *Polypodium* y *Woodwardia*.

Vegetación alpina. Se desarrolla por encima del límite de la vegetación arbórea, se presenta en las cimas de los 14 edificios volcánicos más altos del país. Se distribuyen entre los 4,000 m y 4,300 m, aunque algunas especies crecen más allá de los 4,500 m. La temperatura media anual varía de 3 a 5°C, la precipitación promedio varía entre 600 y 800 mm (Rzedowski, 1978).

Entre los taxa dominantes se encuentra *Muhlenbergia*, *Calamagrostis*, *Festuca* y *Arenaria*; otras plantas frecuentes en estos zacatonales son: *Cerastium*, *Cirsium*, *Draba*, *Eryngium*, *Gnaphalium*, *Lupinus*, *Luzula*, *Oxylobus*, *Phacelia*, *Plantago*, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Senecio* y *Trisetum* (Almeida-Leñero, 1997).

Este tipo de vegetación se localiza en el Nevado de Toluca y está formada por tres pisos altitudinales. En el primero domina *Calamagrostis tolucensis* y *Lupinus mexicanus* y se extiende desde los 3,950 hasta 4,200 m snm; el segundo está formado por asociaciones con *Draba nivicola* y *Plantago tolucensis* y se distribuye de 4,160 a 4,490 m snm y el último piso esta formado por *Festuca livida* y *Arenaria bryoides* y se extiende de los 4,120 a 4,410 m snm de altitud (Villalpando, 1968; González-Trápaga, 1986; Almeida-Leñero *et al.*, 2004).

Pastizales. Su intervalo altitudinal es variable, se desarrollan en las partes bajas de las serranías desde los 2,250 m snm. Otros pastizales son secundarios o inducidos, se presentan

en zonas muy perturbadas, principalmente en los valles de Toluca, Ixtlahuaca y Atlacomulco y están conformados por los géneros *Agrostis*, *Bouteloua*, *Briza*, *Buchloe*, *Cynodon*, *Mulhenbergia* y *Stipa* (Ramos-Ventura, 2000).

Vegetación acuática. Los trabajos más antiguos que se conocen para la cuenca y sus alrededores fueron realizados por Herrera (1951), Rioja y Herrera (1951) y Ramírez-Cantú y Herrera (1954) quienes registraron para las ciénagas, lagunas y canales las especies presentes, identificando desde los grupos de algas hasta las fanerógamas, incluyendo las cultivadas. En el trabajo realizado por Ramírez-Cantú y Herrera (1954) describen la vegetación acuática y subacuática y la separan en cuatro grandes grupos.

Ramos-Ventura (2000), estudia la flora y la vegetación acuática vascular en la cuenca alta del río Lerma y describe la composición florística, con base en sus formas de vida para los diversos cuerpos de agua, además comenta los posibles factores que afectan su distribución, su grado de conservación y las amenazas a su diversidad; registra un total de 90 especies con 45 géneros y 31 familias de plantas acuáticas vasculares. Las familias con mayor representación son Cyperaceae, Lemnaceae, Juncaceae, Potamogetonaceae y Poaceae. Este autor clasifica la vegetación siguiendo los criterios de Ramos-Ventura y Novelo (1993) en tolerantes, subacuáticas y acuáticas. En bordes de arroyos y lugares inundados suelen encontrarse: *Arenaria*, *Cyperus*, *Commelina*, *Dahlia*, *Erodium*, *Festuca*, *Hypoxis*, *Juncus*, *Lepechinia*, *Oxalis*, *Penstemon*, *Stevia*, *Tinatia*, *Tridax* y *Tripogandra* (Ramos-Ventura, 2000).

Plantas cultivadas. Las plantas que más se han cultivado en la planicie lacustre son: *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Vicia faba* (haba, introducida); además, se siembran: *Lactuca sativa* (lechuga), *Daucus carota* (zanahoria), *Allium cepa* (cebolla), *Brassica oleracea* var. *botrytis* (coliflor), *Beta vulgaris* var. *rapa* (betabel), *Solanum tuberosum* (papa), *Coriandrum sativum* (cilantro), *Medicago sativa* (alfalfa), *Cucurbita pepo* (calabaza), *Avena sativa* (avena). Como hierbas favorecidas por el hombre están *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleraceae*, *Brassica campestris* y *Avena fatua* (Rodríguez-Jiménez, 1967).

5. MÉTODOS

5.1 Trabajo de campo

Para el reconocimiento de la zona se hicieron recorridos de campo durante noviembre y diciembre de 1993 y enero y abril de 1994, en la ciénaga de Almoloya, en el estado de México. Se definió un transecto con dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste de aproximadamente 10.5 km de longitud, iniciando en el litoral norte y terminando en la parte central de la ciénaga (Cuadro 2).

Se realizaron seis pozos estratigráficos con profundidad variable de 100 a 250 cm y se tomaron muestras de suelo para el análisis palinológico.

Las muestras fueron tomadas sobre las paredes de los pozos, desde los estratos más modernos hasta encontrar la capa de piedra pómez, conocida como la tripartita que fue depositada en la última erupción del Nevado de Toluca, hace aproximadamente 11,600 años (Bloomfield y Valastro, 1977).

La localización geográfica de los pozos en donde se realizaron los muestreos, así como la denominación de los mismos se presentan a continuación (Cuadro 2):

El pozo Almo I. Tejocote, en el margen derecho del río Lerma.

El pozo Almo II. Bañito, en el margen izquierdo del río Lerma, en terrenos ejidales.

El pozo Almo III. Tiradero, en el margen izquierdo del río Lerma, en terrenos comunales.

El pozo Almo IV. Santa Cruz, dentro de la ciénaga.

El pozo Almo VI. Cabeza de negro, ligeramente hacia el W, dentro de la ciénaga.

El pozo Almo VII. Musaraña, dentro de la ciénaga.

En todos los pozos se empezaron a tomar las muestras a partir de los 20 cm, considerando que son actualmente zonas de cultivo, por lo que el suelo está removido.

Las muestras se colectaron cada 5 cm, se numeraron por profundidad y fueron guardadas en recipientes de plástico estériles, enjuagados con agua destilada.

5.2 Preparación de las muestras

Para el procesamiento de las muestras se tomaron 20 gr de sedimento; se agregó ácido clorhídrico al 10% por espacio de 12 a 18 horas para eliminar carbonatos, posteriormente la muestra fue lavada hasta obtener un pH de 7 (neutro). Para eliminar los silicatos se agregó

Cuadro 2. Localización geográfica de los pozos estudiados en la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.

Número de pozo y nombre	Latitud norte	Longitud oeste	Municipio	Localización	Distancia entre pozos (km)	Orientación
Almo I. Tejocote	19° 11'30''	99°31'35''	San Pedro Tlaltizapán	planicie lacustre		NS
Almo II. Bañito	19° 11'06''	99°31'40''	Santa Cruz Atizapán	planicie lacustre	0.75	NS
Almo III. Tiradero	19° 10'15''	99°31'45''	Santa Cruz Atizapán	orilla de la ciénaga	3.7	NW-SE
Almo IV. Santa Cruz	19° 09'57''	99°31'30''	Santa Cruz Atizapán	dentro de la ciénaga	1.4	NW-SE
Almo VI. Cabeza de negro	19° 09'08''	99°30'45''	Santa Cruz Atizapán	dentro de la ciénaga	4	NW-SE
Almo VII. Musaraña	19° 08'36''	99°31'15''	Santa Cruz Atizapán	dentro de la ciénaga	2.1	NE-SW

ácido fluorhídrico al 35% durante 12 a 72 horas. Una vez disueltos los silicatos se decantó y se agregó agua destilada varias veces hasta neutralizar la muestra (pH 7). Se agregó KOH al 5% durante 40 min para eliminar ácidos húmicos, se lavó el material con agua destilada varias veces, centrifugando a 1,500 RPM durante 3 min, se decantó, enseguida se deshidrató dos veces con ácido acético glacial, siempre centrifugando a la misma revolución y tiempo.

Se acetolizaron las muestras con la técnica convencional de Erdtman (1960) y se elaboraron laminillas permanentes mediante el montaje del material en gelatina glicerizada.

5.3 Identificación de los palinomorfos

Las laminillas fueron revisadas por transectos, se analizaron en total 11 transectos en cada una. Se identificaron, describieron y contaron todos los palinomorfos encontrados.

La identificación de los palinomorfos se realizó por comparación con la colección palinológica de laminillas de referencia del departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM e Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM y con base en la bibliografía existente (Ludlow-Wiechers *et al.*, 2003).

Los palinomorfos fueron fotografiados con un microscopio Olympus CH2E con cámara automática, se empleó película Plus X pan, se revelaron con HC-110. Se imprimieron en papel Kodabromide F-3.

Los palinomorfos identificados se separaron en comunidades siguiendo como criterio la composición de la vegetación:

a) Vegetación regional, comprende todas las plantas que forman comunidades reconocidas como son el bosque de *Abies*, bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus*, bosque mesófilo y pastizal; comunidades ya descritas en la introducción.

b) Vegetación local, comprende las plantas que habitan en diferentes ambientes en los lagos, para lo cual se siguió el criterio de Bonilla-Barbosa y Novelo-Retana (1995) y Ramos-Ventura (2000), los cuales indican las siguientes categorías:

Acuática. Planta que realiza prácticamente todo su ciclo de vida dentro del agua, ya sea sumergida, emergiendo o flotando. Se presentan dos categorías de plantas acuáticas, la primera comprende a las algas que tienen su ciclo de vida totalmente dentro del agua; las

segundas incluye a las fanerógamas que se pueden encontrar sumergidas, emergiendo o flotando.

Subacuática. Planta que lleva a cabo gran parte de su ciclo de vida en el agua y puede sobrevivir por largos períodos de tiempo en suelos completamente secos; generalmente se le encuentra en el margen de los lagos, arroyos y en pantanos.

Tolerante. Planta que lleva a cabo gran parte de su ciclo de vida en suelos completamente secos, pero que puede tolerar el suelo inundado o alta humedad en el mismo por un corto período de tiempo. Dentro de esta categoría se utilizó en los diagramas polínicos locales el nombre de pradera inundable.

5.4 Análisis de los resultados

El análisis de los resultados se hizo utilizando el programa TILIA versión 2.0b.4 (Grimm, 1991-1993). Con el programa TILIA se genera una base de datos que relaciona los conteos para cada taxón con la profundidad en cm; los taxa identificados y contados se agrupan por comunidades vegetales dentro de la base de datos, los palinomorfos de dichas comunidades conforman dos grupos. El primero comprende a los elementos regionales que fueron agrupados e incluidos en la suma de polen, esta suma de polen corresponde al 100% de los elementos regionales; el segundo grupo incluye a los elementos locales que fueron analizados con relación en los elementos regionales, pero no fueron incluidos en la suma de polen. Los conteos de los elementos regionales son transformados en porcentajes obteniendo por lo tanto la suma de polen y la presencia de las comunidades y sus elementos en porcentajes; los porcentajes de las comunidades locales están siempre en relación a la suma de polen.

Las secuencias estratigráficas pueden dividirse en zonas para facilitar la descripción y correlación. Las zonas pueden ser definidas por la presencia o ausencia de taxa fósiles, por la abundancia de taxa seleccionados o por conjuntos de fósiles. Las zonas fueron obtenidas con el programa CONISS por el método de suma total de cuadrados (Grimm, 1987, 1991-1993), obteniéndose grupos de cúmulos que agrupa ó separan por abundancias las diversas fluctuaciones de los porcentajes que presentan las diferentes comunidades vegetales y sus elementos. CONISS es un programa de FORTRAN 77, para constreñir

estratigráficamente los análisis cluster. Por lo tanto los análisis cluster son un método multivariado para definiciones cuantitativas de secuencias estratigráficas constreñidas.

Los resultados en porcentajes se graficaron con el programa TILIA GRAPH; se obtuvieron para cada pozo dos diagramas, el primero corresponde a los taxa en porcentajes y agrupados por comunidades vegetales; el segundo presenta los porcentajes para cada comunidad vegetal, separando las incluídas y no incluídas en la suma de polen.

Los resultados se graficaron con el programa TILIA GRAPH; se obtuvieron para cada pozo dos diagramas, el primero corresponde a los taxa en porcentajes y agrupados por comunidades vegetales; el segundo presenta los porcentajes para cada comunidad vegetal, separando las incluídas y no incluídas en la suma de polen. Todos los taxa considerados para el análisis se agrupan en zonas estratigráficas. En estas zonas se indican las edades con ^{14}C . La descripción de los diagramas polínicos está basada en la zonificación.

5.4 Fechamiento de las muestras

Las muestras para datación se tomaron de sedimentos provenientes de las paredes de los pozos, fueron escogidas las capas donde se observó mayor contenido de materia orgánica.

Los sedimentos fueron llevados para el fechamiento al laboratorio de Prehistoria del INAH. Donde se determinó la actividad de ^{14}C por medio de un espectrómetro de centelleo líquido, obteniéndose fechas en años radiocarbono.

Para la calibración de los años radiocarbono se usó el programa CALIB 4.3 (www.calib.org), usando el INTCAL98' ^{14}C calibration curve' (Stuiver *et al.*, 1998).

Los años ^{14}C calibrados para los pozos IV, VI y VII fueron analizados por regresiones lineales, se obtuvo el coeficiente de determinación más cercano a 1, que indica una dependencia directa de las variables (Spiegel, 1969).

Se utilizó el método de regresión simple porque las variables se correlacionan entre sí y para determinar en que medida una ecuación lineal describe de forma adecuada la relación entre las variables.

En los diagramas palinológicos se presentan las fechas en años radiocarbono, mientras que las zonas identificadas son fechadas con los años de ^{14}C calibrados.

6. RESULTADOS

6.1 Litología

A continuación se presenta la litología de las columnas estratigráficas que están representadas en los diagramas palinológicos regionales de los pozos estudiados (Figuras 12, 14, 16, 18, 20 y 22).

Almo I. Tejocote. San Pedro Tlaltizapán, Edo. de México

125-104 cm. Depósito de cenizas y piroclastos: fragmentos de material basáltico de tamaño grueso con pómez de 5-8 cm; gravas basálticas de 3-4 cm; arenas de 0.5-1 cm y cenizas de 1-2 mm que se observan sin alteración y en algunos casos poco intemperizada.

104-87 cm. Arena suelta; cuarzo subredondeado y redondeado; carbón en pequeñas cantidades. Contacto inferior claro.

87-75 cm. Arcilla arenosa; masiva, pómez pequeña de 1x1 cm, alterada de color café claro a veces rojizo de aspecto moteado; depósito de cenizas y piroclastos vítreos. Contacto difuso inferior.

75-56 cm. Arena limosa; compacta, masiva, poco cementada, con abundantes canales dejados por raíces, rellenos por el material del horizonte superior. Se observa listado, ceniza vítrea de color blanco, por alteración parece llegar a bentonita. Contacto difuso inferior.

56-43 cm. Limo arcilloso; masivo, friable, poco compacto, con canales dejados por raíces. Contacto inferior neto.

43-30 cm. Limo arcillo arenoso; masivo, friable, con abundantes canales dejados por raíces; algunas lombrices de tierra.

30-0 cm. Limo arcilloso; masivo, friable, baja densidad, fofo, con abundantes canales dejados por raíces. Horizonte antrópico.

Almo II. Bañito. Santa Cruz Atizapán. Edo. de México

95-84 cm. Ceniza basáltica (1 mm) suelta; material vítreo, con pómez muy gruesa 1-2 cm; muy alterada que por alteración parece llegar a bentonita.

85-84 cm. Ceniza basáltica.

84-80 cm. Diatomita; material vítreo y ceniza basáltica.

80-75 cm. Diatomita; con material vítreo duro y compacto.

75-65 cm. Limo, arena, arcilla; compacto y estratificado.

65-58 cm. Arcilla arenosa; compacta con canales dejados por las raíces rellenos de óxidos-hidróxidos de hierro.

58-45 cm. Arcilla arenosa; poco compacta, con abundantes canales dejados por las raíces rellenos de óxidos de hierro, color rojo y azul verdoso.

45-30 cm. Arcilla limosa; masiva, poco compacta, friable con abundantes lombrices (humedad 30%). Contiene materia orgánica.

30-0 cm. Limo arcilloso; con eflorescencia salina, masivo, friable, un poco compacto; presenta fragmentos de pómez de 1 cm de diámetro. Contacto gradual inferior. Horizonte agrícola.

Almo III. Tiradero. Santa Cruz Atizapán. Edo. de México

135- 119 cm. Arena; suelta oscura; cuarzo con ceniza basáltica.

119-105 cm. Arena arcillosa; masiva con abundantes raíces de tule. ¿Turba?.

105-100 cm. Diatomita.

100-94 cm. Arcilla arenosa; poco compacta, friable, masiva; zona de transición entre diatomita y arcilla. En la parte inferior aparece banda de ceniza basáltica no continua.

94-73 cm. Arcilla, limo arcillosa y arcilla arenosa; masivo, se presenta en franjas de arcilla, arena basáltica, diatomita., material vítreo y turba.

73-62 cm. Arena arcillosa; poco compacta, friable; con canales dejados por raíces rellenos de óxidos-hidróxidos de hierro.

62-49 cm. Arena; zonalmente dura y compacta, "tepetate", con canales dejados por raíces rellenos de óxidos-hidróxidos de hierro. Compuesto por ceniza basáltica y vítrea.

49-40 cm. Arcilla limosa; masiva; con lombrices de tierra en la parte inferior. Materia orgánica.

40-0 cm. Limo arcilloso; masivo, con lombrices de tierra en la parte inferior. Contacto gradual inferior. Horizonte agrícola.

Almo IV. Santa Cruz. Ciénaga de Almoloya. Santa Cruz Atizapán, Edo. de México

135-130 cm. Material turboso o moteado o en bandas, se observan depósitos de diatomeas.

130-113 cm. Material turboso, se observan bandas de diatomita.

113-99 cm. Material turboso, se observan restos vegetales de tules y raíces mezclados con diatomeas que se incrementan en la parte inferior como banda clara.

99-86 cm. Arcilla; masiva, lodo orgánico moteado en bandas de color crema. Diatomita.

86-71 cm. Arcilla; masiva, lodo orgánico, con abundantes raíces.

71-58 cm. Arena; compacta, ceniza basáltica y vítrea.

58-55 cm. Ceniza basáltica, coloración amarillenta.

55-48 cm. Arena; compacta, poco friable; ceniza basáltica.

48-40 cm. Arcilla; masiva, con abundantes raíces.

40-0 cm. Limo arcilloso; masivo. Contacto claro inferior. Horizonte agrícola.

Almo VI. Cabeza de Negro. Ciénaga de Almoloya. Santa Cruz Atizapán. Edo. de México

255-235 cm. Arcilla húmica; masivo, duro y compacto en seco; algunas raíces finas; pómez gruesa. Diatomeas; fragmentos orgánico-minerales esféricos

235-224 cm. Arcilla; masiva, con raíces. Diatomeas. Pómez media y fina.

224-214 cm. Arena.

214-208 cm. Arcilla; masiva, poco compacta, restos vegetales alterados, raíces; color parduzco grisáceo.

208-158 cm. Limo arcilloso; de baja densidad, poco compacto, friable, masivo, restos vegetales carbonizados. Diatomeas, color gris claro.

158-104 cm. Arcilla; masiva, con abundantes restos vegetales, pastos, material turboso.

104-82 cm. Arcilla húmica; masiva, restos vegetales en descomposición, turbosa.

80-83 cm. Ceniza volcánica.

82-62 cm. Arcilla húmica; turbosa, masiva, friable, abundantes raíces de grosor medio de 1 a 3 mm aproximadamente.

60-62 cm. Ceniza volcánica.

62-40 cm. Arcilla húmica; lodo orgánico, masivo, poco compacto, friable, abundantes raíces.

40-42 cm. Ceniza volcánica.

42-22 cm. Arcilla húmica; masiva, con estructura granular, abundantes raíces.

22-0 cm. Arcilla; masiva, poco compacta, friable, abundantes raíces de pasto salino; con microrelieve de Gilgai, agrietamiento. Parece tener pómez, ceniza vítrea, depósitos opalinos: tiene caras de deslizamiento. Carbón.

Almo VII. Musaraña. Ciénaga Almoloya. Santa Cruz Atizapán. Edo. de México

260-257 cm. Ceniza volcánica.

260-225 cm. Arena; abundantes raíces, restos vegetales.

225-210 cm. Arcilla; masiva, estructura polihédrica gruesa.

210-202 cm. Arcilla húmica; restos vegetales.

202-192 cm. Arcilla húmica; masiva, con pómez fina de 0.5 cm.

202-177 cm. Ceniza volcánica.

192-177 cm. Arcilla húmica; masiva, poco compacto con pómez de tamaño fino de 0.5-1cm muy alterada, presenta caras de deslizamiento, por alteración parece llegar a bentonita.

177-142 cm. Material turboso; restos vegetales con áreas en proceso de oxidación (café rojizas) y reducción (gris oscuro); arcilla húmica y algunas diatomeas Pennales gigantes.

142-122 cm. Arcilla; masiva, poco compacta, restos vegetales; carbonáceo; óxidos, hidróxidos de hierro, diatomeas Pennales gigantes de 0.5-1 mm.

122-102 cm. Arcilla húmica; masiva, restos vegetales alterados, pastos. Turba.

102-88 cm. Arcilla húmica; masiva, restos alterados de raíces finas, pastos. Turba.

88-72 cm. Arcilla húmica; masiva, restos de raíces finas muy mineralizadas pastos. Turba.

72-52 cm. Arcilla húmica; masiva, turbosa, raíces finas en proceso de alteración; tendencia estructura laminar, pastos. Turba.

52-40 cm. Arcilla húmica; masiva, restos vegetales en proceso de alteración, turbosa, poco estructurada, abundantes raíces, pastos.

40-0 cm. Arcilla húmica; masiva, muy porosa y friable, con abundantes raíces finas y medias.

6.2 Cronología

Los fechamientos corregidos se presentan a continuación. El punto cero corresponde a 0 cm y -50 años AP (Cuadro 3).

Cuadro 3. Lista de los fechamientos con años radiocarbono AP y ^{14}C cal AP para los sedimentos de los pozos de la ciénaga de Almoloya, Edo. de México (calibrados Stuiver *et al.*, 1998),

	Muestra	Profundidad (cm)	Tiempo (años radiocarbono AP)	años cal AP
Pozo I	INAH-1,375-1	34 – 39	2,579 ± 127	2,599
Pozo II	INAH-1,375-3	35 – 40	1,362 ± 101	1,278
Pozo II	INAH-1,375-4	67.5- 72.5	7,498 ± 121	8,550
Pozo III	INAH-1,375-6	94.5-99.5	9,037 ± 110	9,837
Pozo III	INAH-1,375-7	107-112	9,520 ± 110	11,111
Pozo IV	INAH-1,375-8	41.5-46.5	3,408 ± 104	3,793
Pozo IV	INAH-1,375-9	90-95	8,588 ± 117	8,029
Pozo IV	INAH-1,375-10	137.5-142.5	9,788 ± 146	11,523
Pozo VI	INAH-1,375-13	30-35	1,293 ± 99	893
Pozo VI	INAH-1,375-14	69.5-74.5	2,894 ± 104	2,041
Pozo VI	INAH-1,375-15	103.5-108.5	3,001 ± 106	3,029
Pozo VI	INAH-1,375-16	180.5-185.5	4,389 ± 106	5,251
Pozo VI	INAH-1,375-17	242.5-247.5	5,993 ± 105	7,067
Pozo VII	INAH-1,375-18	43.5-48.5	1,849 ± 102	1,328
Pozo VII	INAH-1,375-19	134.5-139.5	4,309 ± 102	4,056
Pozo VII	INAH-1,375-20	264.5-269.5	6,595 ± 121	7,954

Para realizar las interpolaciones se usaron los valores de Almo IV, Almo VI y Almo VII. Se eliminaron Almo I y Almo II, porque no hay suficientes muestras fechadas para considerar formalmente una regresión como válida como lo muestra la R^2 obtenida para las funciones correspondientes. La regresión obtenida en Almo I no fue utilizada porque

presenta una sola fecha a los 2,598 cal AP y el punto cero (-50), entre dos puntos sólo puede pasar una recta; en el caso de Almo II se tienen tres puntos que son insuficientes para saber con certidumbre si el modelo corresponde a una exponencial a pesar de $R^2=1$; Almo III, tiene un coeficiente de correlación de 0.33, por lo que no es conveniente utilizarla (Figura 7).

Con base en estas regresiones se efectuaron las interpolaciones para determinar la edad de las zonas obtenidas en los diagramas palinológicos.

6.3 Palinomorfos encontrados en los sedimentos

Se revisaron 106 laminillas y se identificaron un total de 114 palinomorfos, comprendidos en 70 familias y 86 géneros (Cuadro 4). Los palinomorfos más abundantes fueron Pinaceae, Cyperaceae, Poaceae, Pontederiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Betulaceae, Caryophyllaceae, Fagaceae y las Chen-Am (Figura 8). De los taxa encontrados se escogieron los elementos más representativos y abundantes; fueron agrupados en comunidades vegetales siguiendo como criterio las comunidades reconocidas actualmente en la cuenca alta del río Lerma, (Cuadro 5).

La vegetación regional está representada por los bosques de *Abies*, *Pinus*, *Quercus*, bosque mesófilo y el pastizal (Figura 9), mientras que la vegetación acuática está representada por las plantas de la pradera inundable, subacuáticas y acuáticas estrictas (incluye algas y fanerógamas) (Figura 10).

6.4 Descripción de los diagramas polínicos para los pozos estudiados

El punto de partida de la delimitación de las zonas fueron los tipos de vegetación mencionados en la introducción.

Con base en los análisis de CONISS y los fechamientos se definieron cinco zonas que no se presentan en todos los pozos; en Almo I sólo se observaron palinomorfos de 20 a 50 cm, las muestras procesadas por debajo de 50 cm no tuvieron polen, en Almo II se presentó el mismo fenómeno, pero sólo a partir de los 60 cm, en Almo III se observan zonas con hiatos de palinomorfos. Los pozos más antiguos son Almo III y Almo IV, en donde las muestras más antiguas se encuentran inmediatamente arriba de la pómez Toluca Superior.

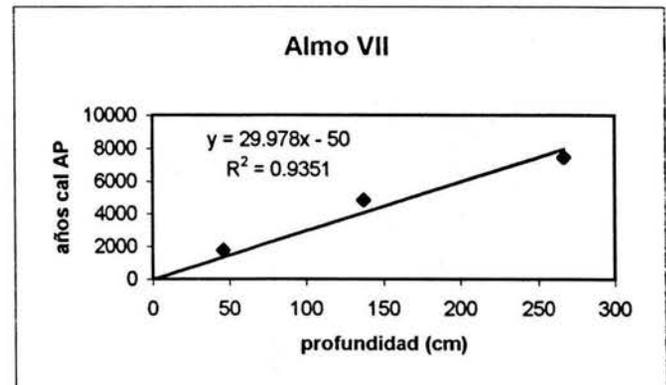
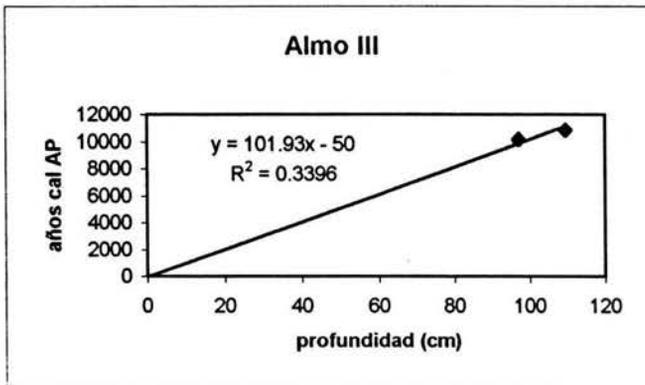
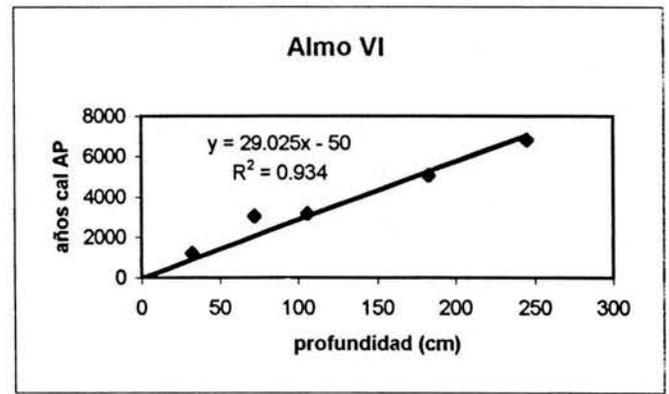
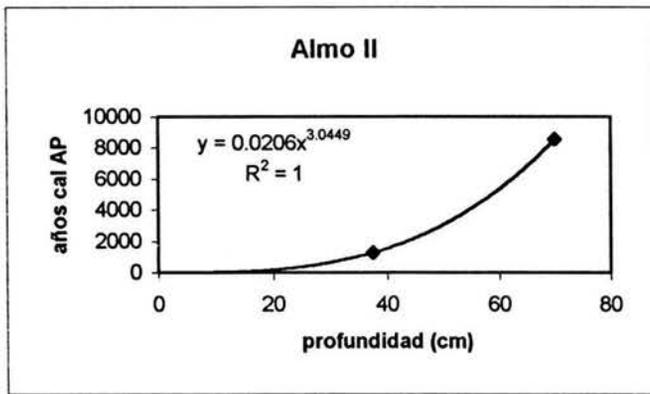
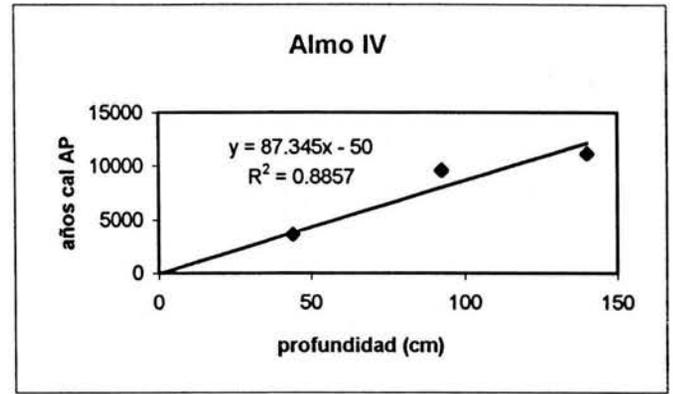
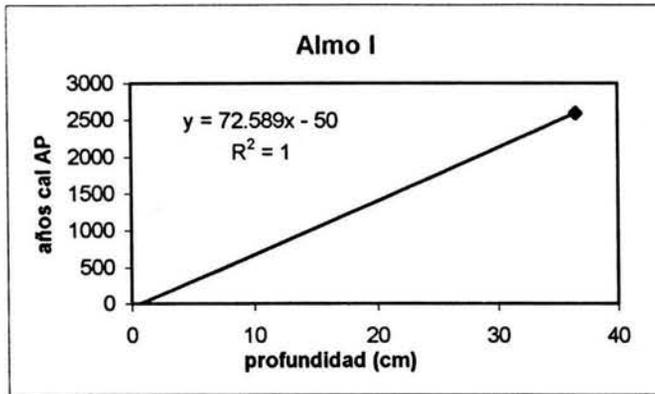


Figura 7. Regresiones lineales de los fechamientos con ^{14}C en años calibrados AP para los pozos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.

Cuadro 4. Lista florística de los géneros (y/o familias) encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, Edo. de México

Chrysophyta/Heterokontophyta

Chrysophyceae, Chrysophyceae

Chlorophyta

Chlorococcales, *Botryococcus*,

Coelastrum 1, *Coelastrum* 2, *Oocystis*

Zygnematales, *Pediastrum*, *Spyrogira*

Euglenophyta

Euglenales, *Trachelomonas*

Chlorophyceae/Xantophyceae/Cyanophyceae

Equisetopsida

Equisetaceae, *Equisetum* 1, *Equisetum* 2,

Lycopodiopsida

Selaginellaceae, *Selaginella hoffmannii*, *S.*

rupincola, *Selaginella* 1

Polypodiopsida

Cyatheaceae, *Lophosoria quadripinnata*

Dennstaedtiaceae, *Dennstaedtia*

Dryopteridaceae, *Ctenitis*, Dryopteridaceae 1,

Dryopteridaceae 2,

Plagiogyriaceae, *Plagiogyria semicordata*

Polypodiaceae, *Campyloneurum angustifolium*,

Phlebodium araneosum, *Polypodium* 1,

Polypodium 2, *Polypodium* 3

Pteridaceae, *Cheilantes farinosa*, *Cheilantes*

sinuata

Indeterminadas: 11 especies

Pinophyta

Abietaceae, *Abies*

Cupressaceae/Taxodiaceae, CuTaJu

Pinaceae, *Pinus*

Magnoliophyta

Liliopsida

Alismataceae, *Sagittaria*

Bromeliaceae, *Bromeliaceae* 1,

Bromeliaceae 2

Commelinaceae, *Commelinaceae*

Cyperaceae, *Cyperus* 1, *Cyperus* 2, *Schoenoplectus*

1, *Schoenoplectus* 2,

Eriocaulaceae, *Eriocaulon*

Juncaceae, *Luzula*, Juncaceae 1,

Juncaceae 2

Liliaceae, Liliaceae 1, Liliaceae 2

Poaceae, Poaceae 1, Poaceae 2,

Poaceae 3, Poaceae 4, Poaceae 5, Poaceae 6, *Zea*

mays

Pontederiaceae, *Heteranthera* 1, *Heteranthera* 2,

Heteranthera 3, *Heteranthera* 4

Potamogetonaceae, *Potamogeton*

Typhaceae, *Typha*

Magnoliopsida

Acanthaceae, Acanthaceae

Amaranthaceae, *Althernanthera*

Apiaceae, *Berula erecta*, *Hydrocotyle*

Apiaceae 1, Apiaceae 2, Apiaceae 3, Apiaceae 4,

Apiaceae 5, Apiaceae 6

Asteraceae, *Ambrosia*, *Lactuca*

Asteraceae 1, Asteraceae 2, Asteraceae 3

Batidaceae, *Batis maritima*

Berberidaceae, *Berberis*

Betulaceae, *Alnus* 1, *Alnus* 2, *Alnus* 3

Boraginaceae, *Lithospermum*

Brassicaceae, *Rorippa*

Burseraceae, *Bursera*

Cactaceae, *Heliocereus*

Caryophyllaceae, *Arenaria*

Convolvulaceae, Convolvulaceae

Cucurbitaceae, *Cucurbita* 1, *Cucurbita* 2

Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Cheno-Am 1,

Cheno-Am 2

Fagaceae, *Quercus*

Haloragaceae, *Myriophyllum* 1,

Myriophyllum 2

Hamamelidaceae, *Liquidambar*

Juglandaceae, *Carya*, *Juglans*

Lamiaceae, Lamiaceae

Leguminosae, *Cassia* 1, *Cassia* 2, Mimosoidea

Lentibulariaceae, *Utricularia* 1, *Utricularia* 2

Loranthaceae, *Arceuthobium*

Malpighiaceae, Malpighiaceae

Malvaceae, Malvaceae 1, Malvaceae 2

Menyanthaceae, *Nymphoides fallax*

Myricaceae, *Myrica*

Nymphaeaceae, *Nuphar*, *Nymphaea*

ampla, *Nymphaea mexicana*

Oleaceae, *Fraxinus*

Onagraceae, *Ludwigia*

Plantaginaceae, *Plantago*

Polygonaceae, *Polygonum* 1, *Polygonum* 2,

Polygonaceae

Ranunculaceae, *Ranunculus*

Rhamnaceae, *Rhamnus*

Rosaceae, *Prunus*, Rosaceae

Rubiaceae, *Asemnantha*,

Rubiaceae 1, Rubiaceae 2,

Rubiaceae 3, Rubiaceae 4,

Salicaceae, *Populus* 1, *Populus* 2, *Populus* 3, *Salix* 1,

Salix 2, *Salix* 3, *Salix* 4

Scrophulariaceae, Scrophulariaceae 1,

Scrophulariaceae 2

Solanaceae, *Datura ceratocaula*, *Solanum*,

Solanaceae 1, Solanaceae 2

Tiliaceae, *Heliocarpus*, Tiliaceae 1

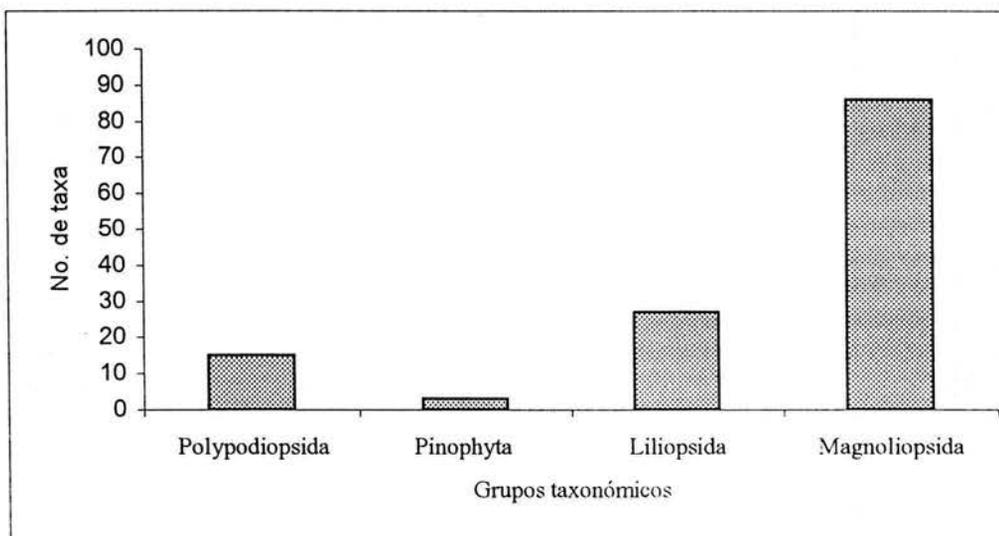
Ulmaceae, *Celtis*

Urticaceae, *Urtica*

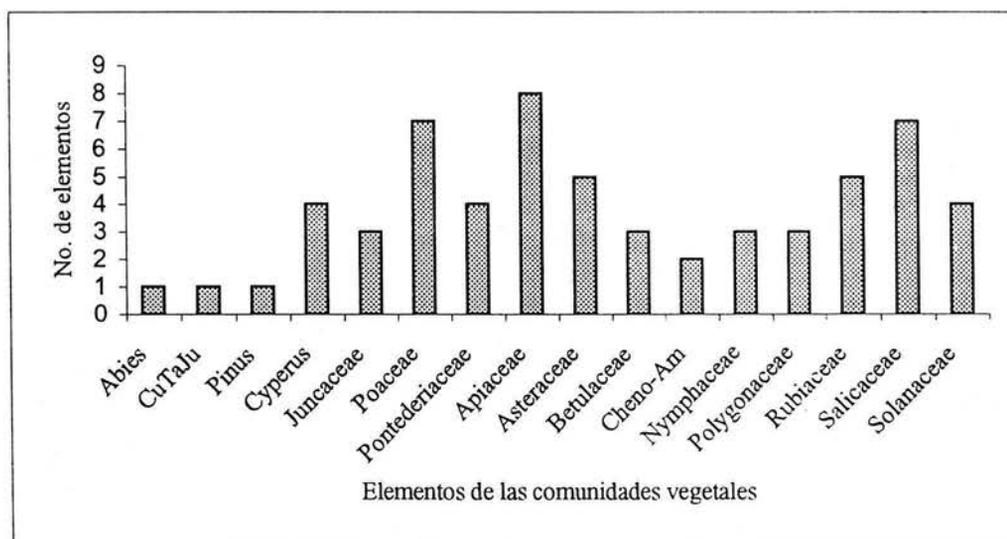
Valerianaceae, *Valeriana*

Verbenaceae, *Lantana*, *Lippia*

Indeterminadas: 30 especies



a) Número de taxa que componen los grupos taxonómicos



b) Número de elementos de los principales taxa que componen las diferentes comunidades vegetales

Figura 8. Números de los principales taxa que conforman las comunidades vegetales encontradas en los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, estado de México.

Cuadro 5. Taxa que conforman las comunidades vegetales encontradas en los sedimentos en la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.

ELEMENTOS REGIONALES

Bosque de *Abies*

Abies sp.

Bosque de *Pinus*

Pinus sp.

Bosque de *Quercus*

Quercus sp.

Bosque mesófilo de montaña

Alnus sp.

aff. *Carya* sp.

aff. *Celtis* sp.

Cupressaceae/Taxodiaceae

Juglans sp.

Liquidambar sp.

Myrica sp.

Moraceae

Populus sp.

Rosaceae

Rubiaceae

Salix sp.

Tiliaceae

Ulmaceae

Pastizal

Asteraceae (incluye *Lactuca*, *Ambrosia* y otros)

Cucurbita sp.

Cheno-Am

Lithospermum sp.

Mimosoidea

Zea sp.

Plantago sp.

Poaceae

ELEMENTOS LOCALES

Pradera inundable

Arenaria sp.

Eriocaulon sp.

Malvaceae

Urtica sp.

Subacuáticas

Cyperus sp.

aff. Juncaceae

aff. *Luzula* sp.

Polygonum sp.

Ranunculus sp.

Acuáticas estrictas

Berula sp.

Datura sp.

Heteranthera spp.

Hydrocotyle sp.

Ludwigia sp.

Myriophyllum sp.

Nymphaea spp.

Nymphoides sp.

Nuphar sp.

Potamogeton sp.

Rorippa sp.

Sagittaria sp.

Schoenoplectus spp.

Thypha spp.

Utricularia sp.

Botryococcus sp.

Pediastrum sp.

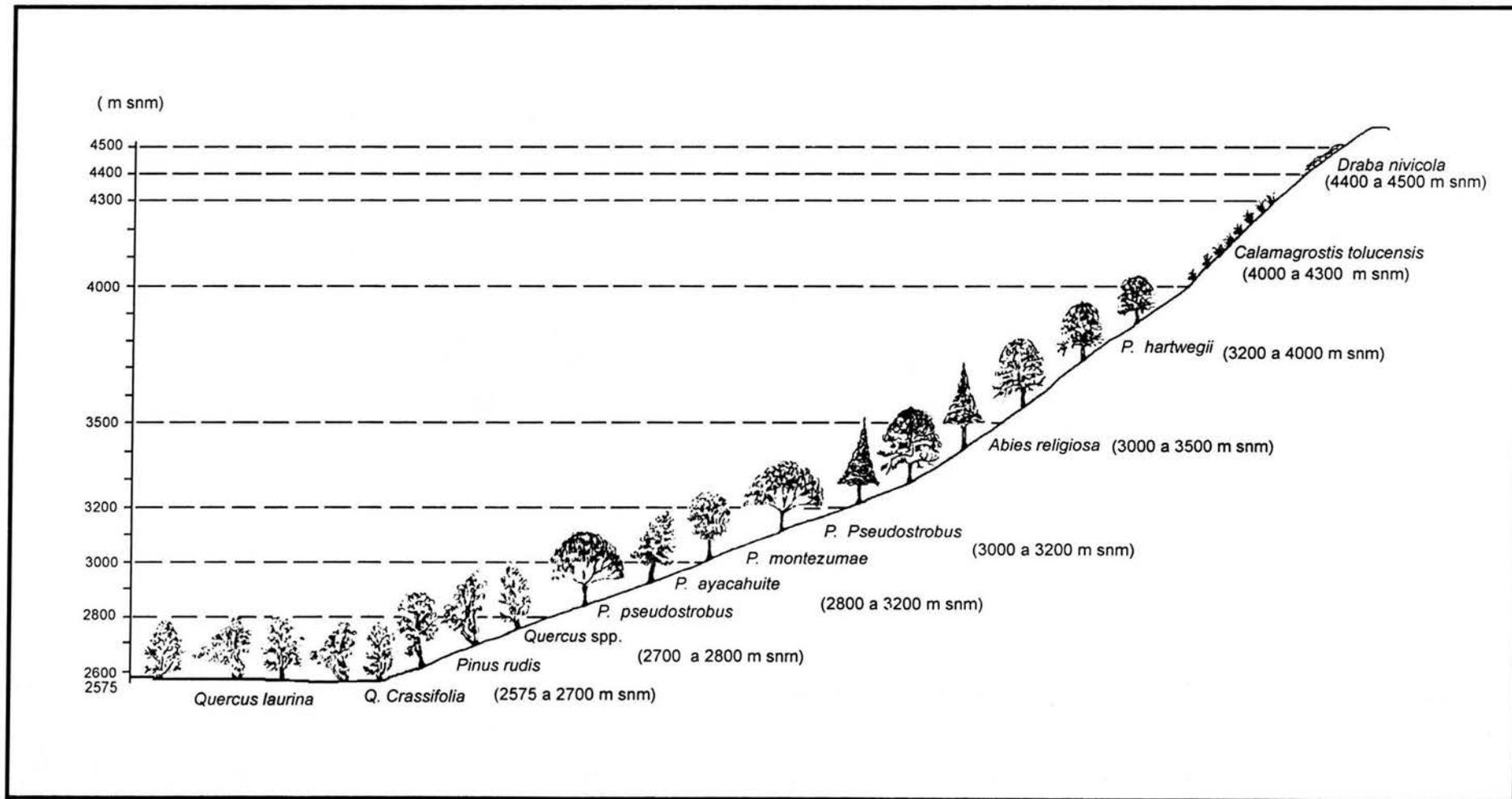


Figura 9. Perfil de vegetación actual para el Nevado de Toluca y la planicie adyacente.

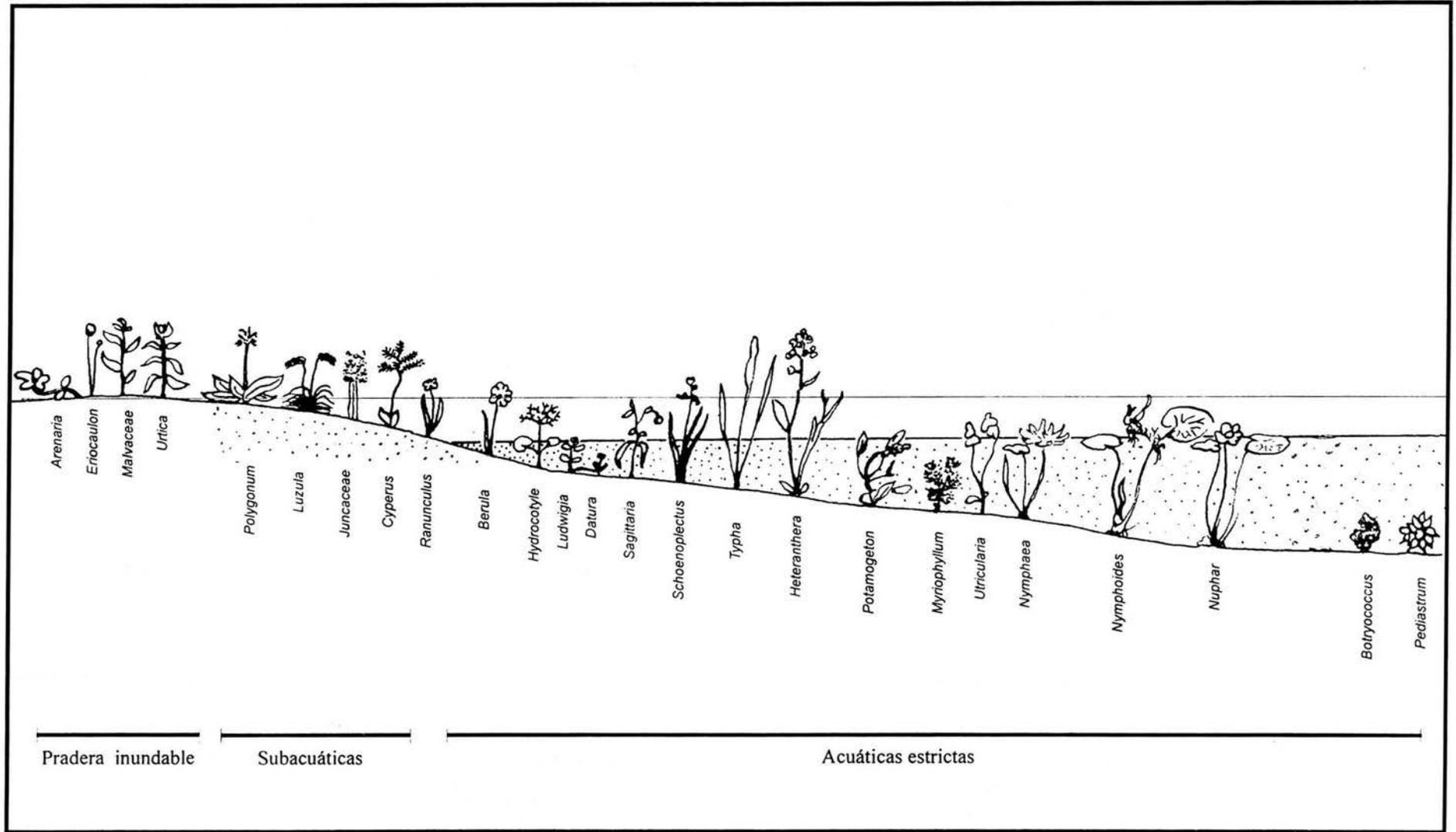


Figura 10. Perfil de la vegetación de la ciénaga de Almoloya, estado de México, basado en los palinomorfos encontrados en este trabajo y en el estudio de vegetación de Ramos-Ventura (2000).

Almo I. Tejocote (Figuras 11 y 12)

Este pozo tiene un fechamiento entre los 39-34 cm con $2,579 \pm 127$ años AP.

Presenta dos zonas.

Zona III (50-42.5 cm)

Se inicia por la presencia de *Pinus* (40-30%). Está casi ausente el elemento del bosque de *Quercus*. El bosque mesófilo está representado por *Alnus* (0-6.7%). El pastizal presenta valores altos (46-69%), por Cheno-Am (0-14%) y Poaceae (33-54%).

La pradera inundable está representada por *Arenaria* (7-13%), las subacuáticas por *Cyperus* (13-15%) y las acuáticas estrictas por *Schoenoplectus* ($7 > 100\%$).

Zona IV (42.5-20 cm)

Se caracteriza por un fuerte aumento de los elementos del bosque de *Pinus* (88%). Los elementos del bosque de *Quercus* presentan bajos porcentajes. *Alnus* aumenta (0-15%), hay un descenso de los elementos del pastizal ya que Poaceae disminuye (0-12%), está ausente Cheno-Am y se presenta Cucurbitaceae (6%).

Los taxa de la pradera inundable, las subacuáticas y las acuáticas presentan un aumento que se mantiene por *Arenaria* (0-49%), *Cyperus* ($0 > 100\%$) y *Schoenoplectus* ($0 > 100\%$).

En comparación con la zona anterior aumentan *Pinus* y *Alnus*, disminuye Poaceae y se presenta *Quercus*. Se registra la presencia de Cucurbitaceae.

Almo II. Bañito (Figuras 13 y 14)

Este pozo tiene un fechamiento a los 40-35 cm de $1,362 \pm 101$ años AP.

Presenta dos zonas.

Zona IV (60-27.5 cm)

Se inicia con una dominancia de los elementos del bosque de *Pinus* (100%) que decrece (49%) y después se vuelve a recuperar (80-82%). Presentan bajos porcentajes los elementos del bosque de *Quercus* (0-8%). El bosque mesófilo con *Alnus* aumenta en la mitad de la

Figura 11. Almo I. Tejocote. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la cienaga de Almoloya, estado de Mexico.

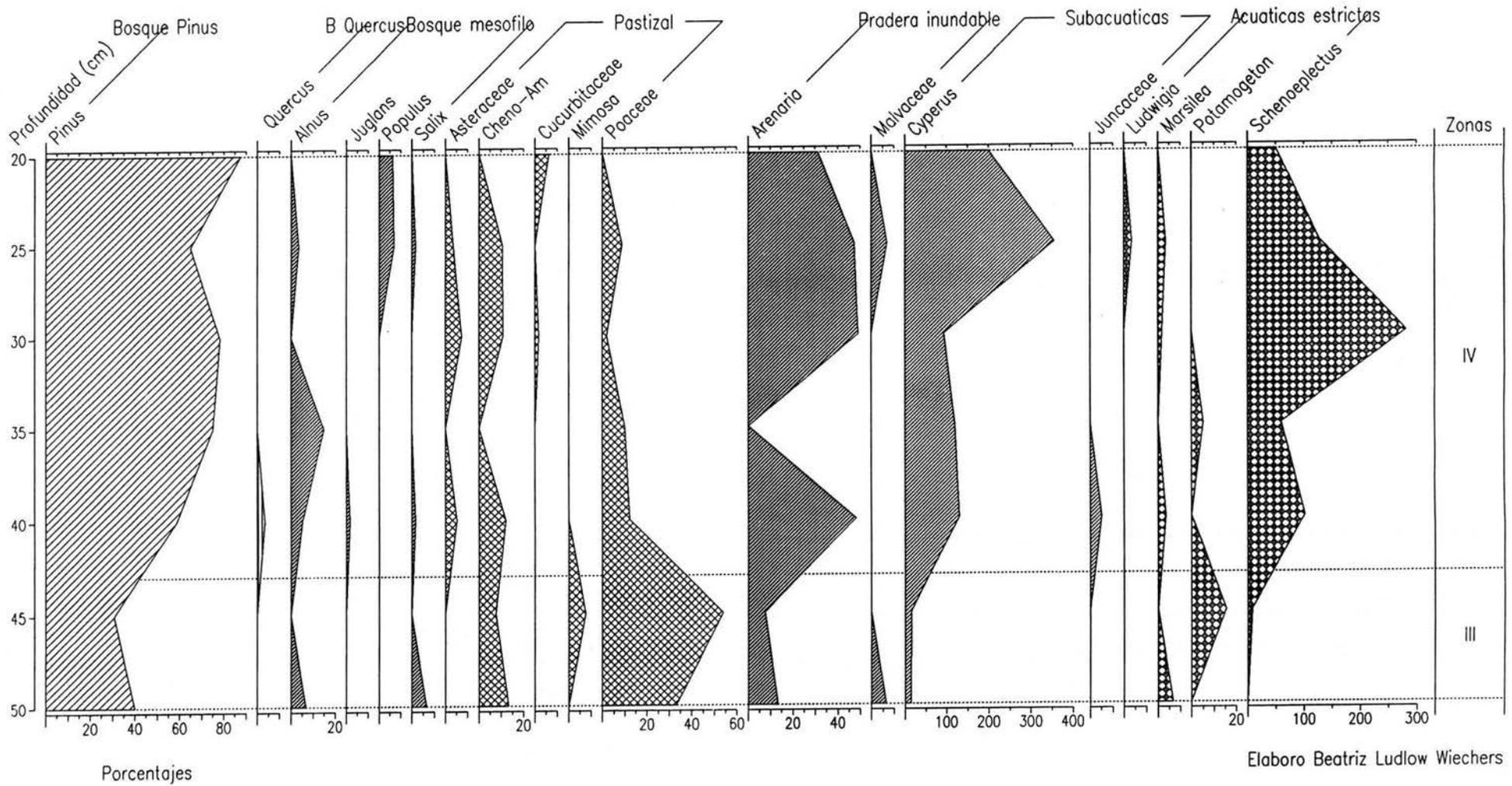
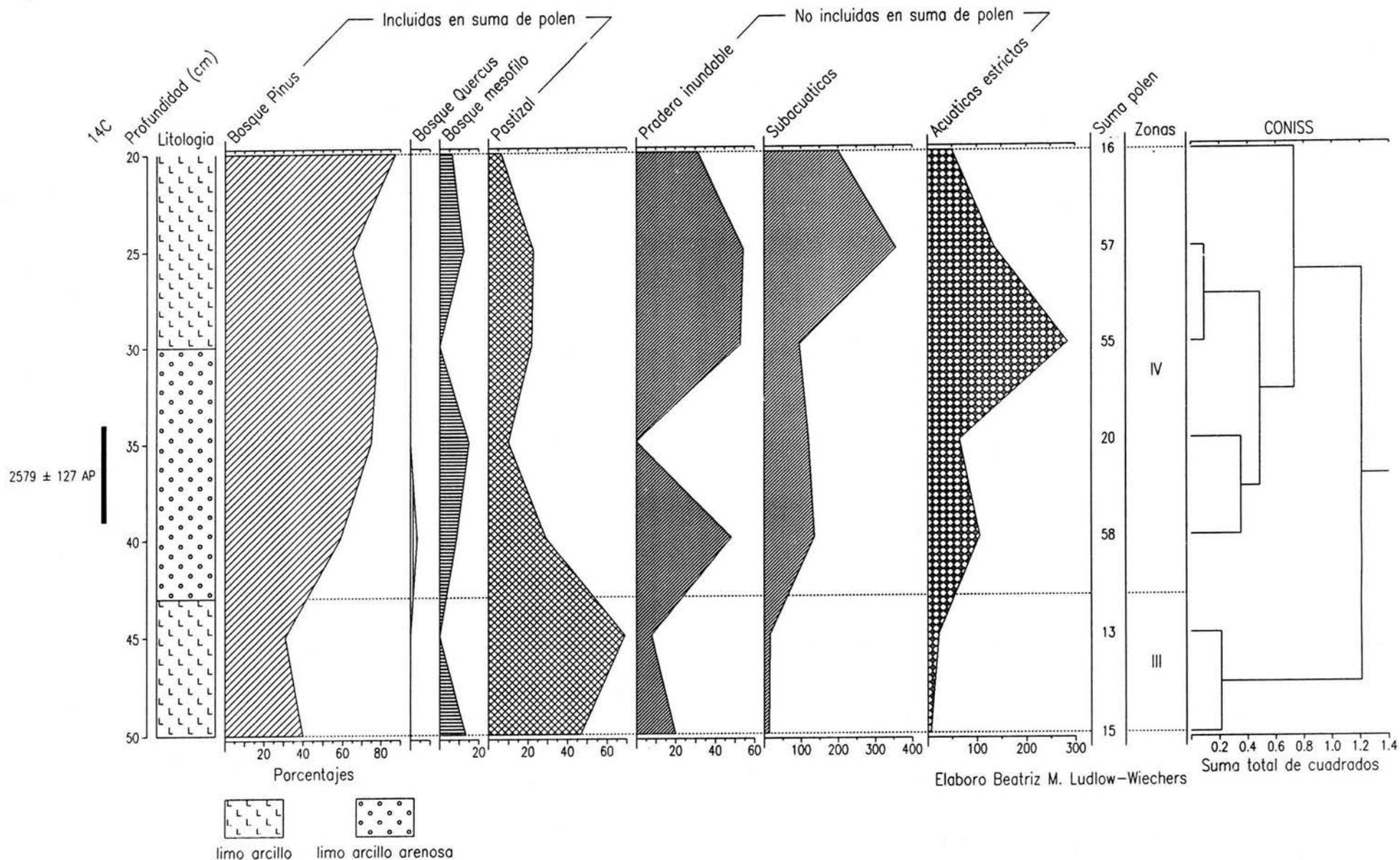


Figura 12. Almo I. Tejocote. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la cienaga de Almoloya, estado de México.



zona (32%) para luego disminuir (2%), aumentan los elementos del pastizal con Poaceae (0-16%), para luego estabilizarse con Asteraceae (7%), Chen-Am (5%) y Poaceae 2%).

La pradera inundable y las subacuáticas presentan altos porcentajes por *Arenaria* (17-43%), Juncaceae (1-78%), *Cyperus* al principio de la zona presenta altos porcentajes, tiene un avance para luego disminuir (6-41%). Las acuáticas estrictas presentan bajos porcentajes representadas por *Schoenoplectus* (0-13%).

Se presenta Cucurbitaceae, lo que indica la presencia del hombre.

Zona V (27.5 -20 cm)

El elemento del bosque de *Pinus* decrece (65-70%), aumenta el bosque mesófilo por *Alnus* (2%); aumentan los elementos del pastizal por Asteraceae (11%), Chen-Am (8%) y Poaceae (6%); el bosque de *Quercus* disminuye (2%). *Abies* se presenta (0-1%).

Se encuentran granos de polen de *Zea mays*.

En los elementos locales aumentan *Schoenoplectus* (15-78%), *Arenaria* (23%) y *Cyperus* (3-14%).

En comparación con la zona anterior aumenta Asteraceae, Chen-Am, Poaceae y decrecen *Pinus* y *Quercus*. Decrece Juncaceae, aumentan *Cyperus*, *Arenaria* y las acuáticas estrictas por *Schoenoplectus*.

Almo III. Tiradero (Figuras 15 y 16)

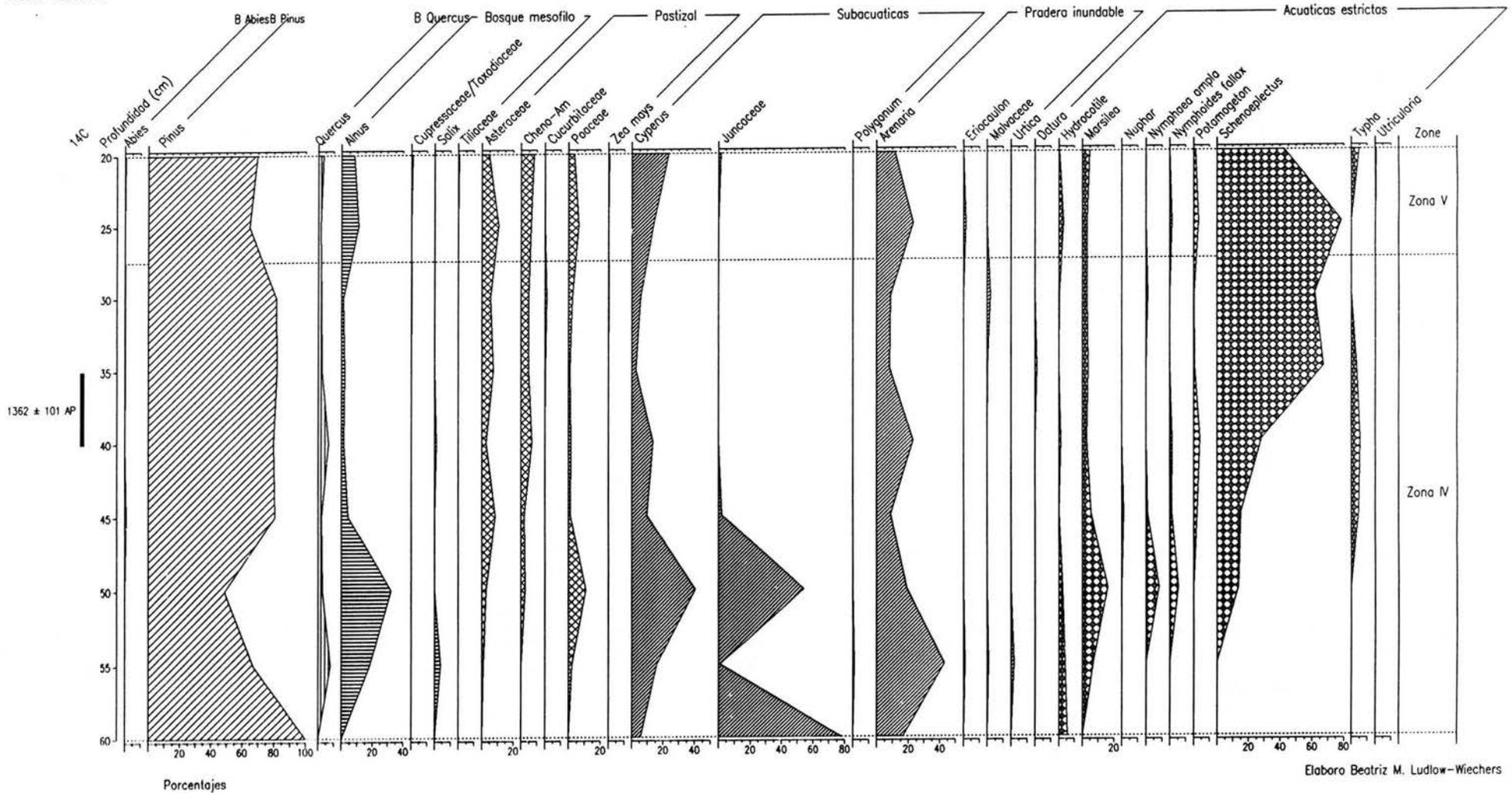
Este pozo tiene dos fechamientos a los 112-107 cm con $9,520 \pm 110$ años AP y a los 99.5-94.5 cm con $9,037 \pm 141$ años AP.

Presenta tres zonas.

Zona I (125-102.5 cm)

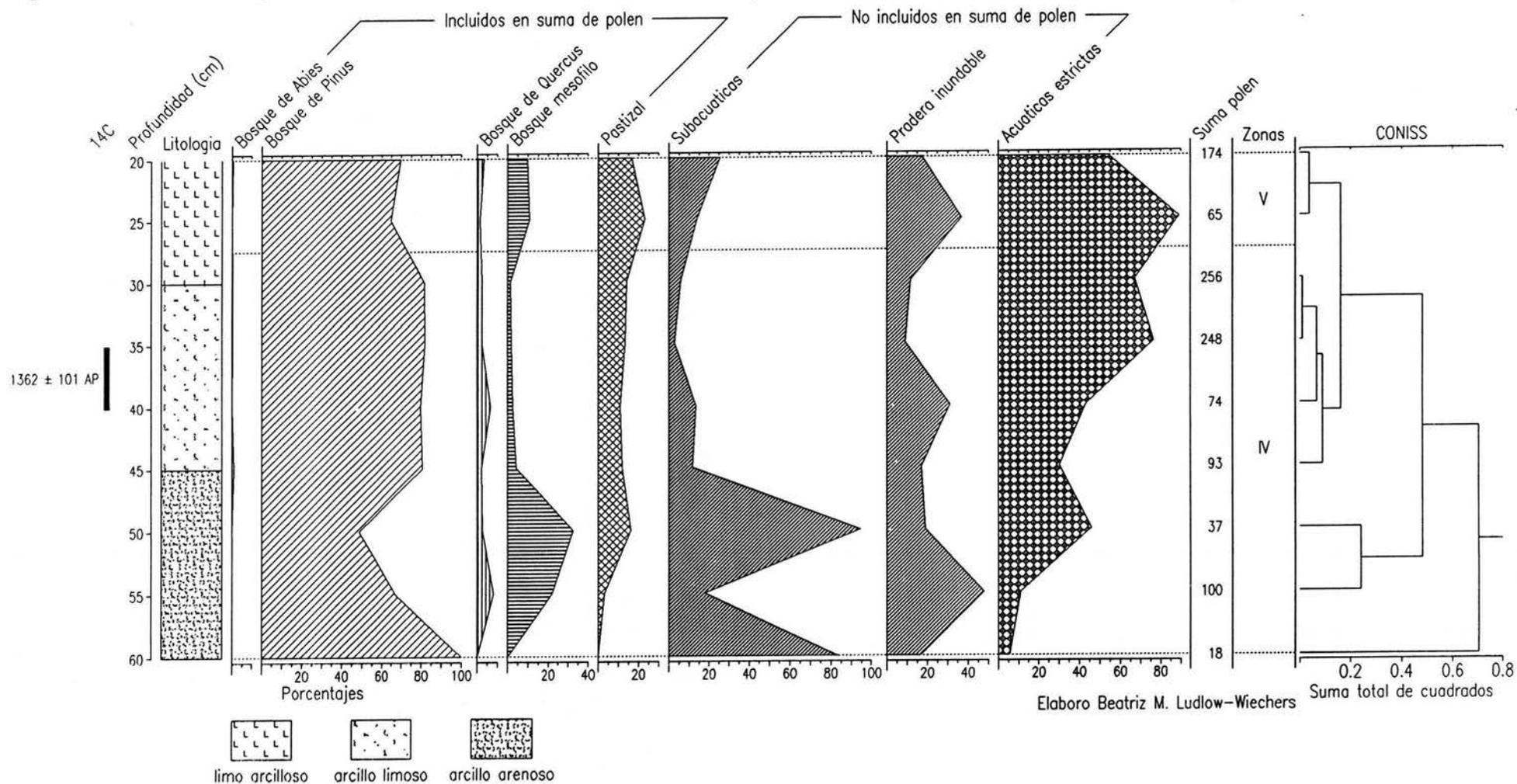
Se inicia por la presencia de *Abies* (0-29%) que pronto desaparece y altos valores de los elementos de los bosques de *Pinus* (58-71%), *Quercus* (0-10%) y mesófilo con *Alnus* (0-25%). Se presentan los elementos del pastizal con Asteraceae (4%), Chen-Am (0.2%) y Poaceae (2%).

Figura 13. Almo II. Banito. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la cienaga de Almoloya, estado de México.



Elaboro Beatriz M. Ludlow-Wiechers

Figura 14. Almo II. Banito. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la cienaga de Almoloya, estado de México.



Las subacuáticas y las acuáticas estrictas presentan una dominancia a mitad de la zona por *Cyperus* (0-58%), *Schoenoplectus* (31>100%) y *Typha* (68%).

Zona II (102.5-57.5 cm)

Inicia con hiatos de palinomorfos

Se caracteriza por altos porcentajes de *Pinus* (90 a 100%) y *Alnus* (10%). Para las acuáticas estrictas se encuentra *Botryococcus* (55%).

La zona termina con unos hiatos de palinomorfos, por lo que no se puede comparar con la zona anterior.

Zona IV (57.5-20 cm)

El inicio de la zona se caracteriza por los altos valores del elemento del bosque de *Pinus* (80-97%). Presentan bajos porcentajes los elementos de los bosques de *Quercus* (4%), mesófilo con *Alnus* (1-8%), y el pastizal con Asteraceae (1-5%), Chen-Am (0.4-4%) y Poaceae (2%), al final de la zona aumentan Asteraceae (11%) y Chen-Am (5%). Están presentes CuTaJu y *Liquidambar*. *Abies* está presente (1-2%). Se registra polen de *Zea mays*.

Presentan bajos porcentajes las subacuáticas por *Cyperus* (10%), mientras que las acuáticas estrictas presenta altos porcentajes por *Schoenoplectus* (67%) y está presente *Typha* (4%).

No se puede comparar con la zona anterior por presentar hiatos de palinomorfos.

Almo IV. Ejido Santa Cruz (Figuras 17 y 18).

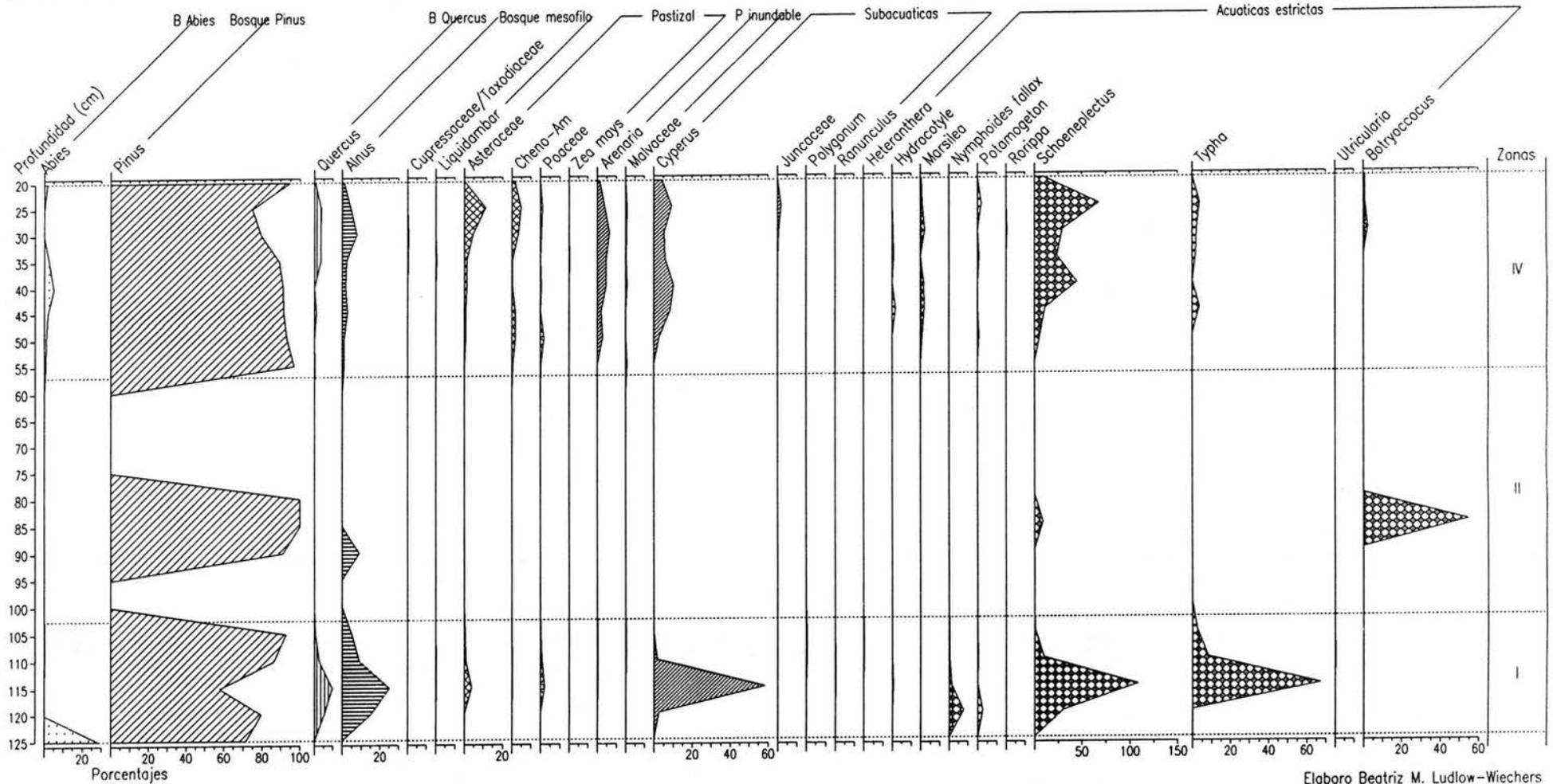
Este pozo tiene tres fechamientos a los 130-135 cm con $9,567 \pm 100$ años AP, a los 95-90 cm con $8,588 \pm 117$ años AP y a los 41.5-46.5 cm con $3,408 \pm 104$ AP.

Presenta cuatro zonas.

Zona I (135-96 cm)

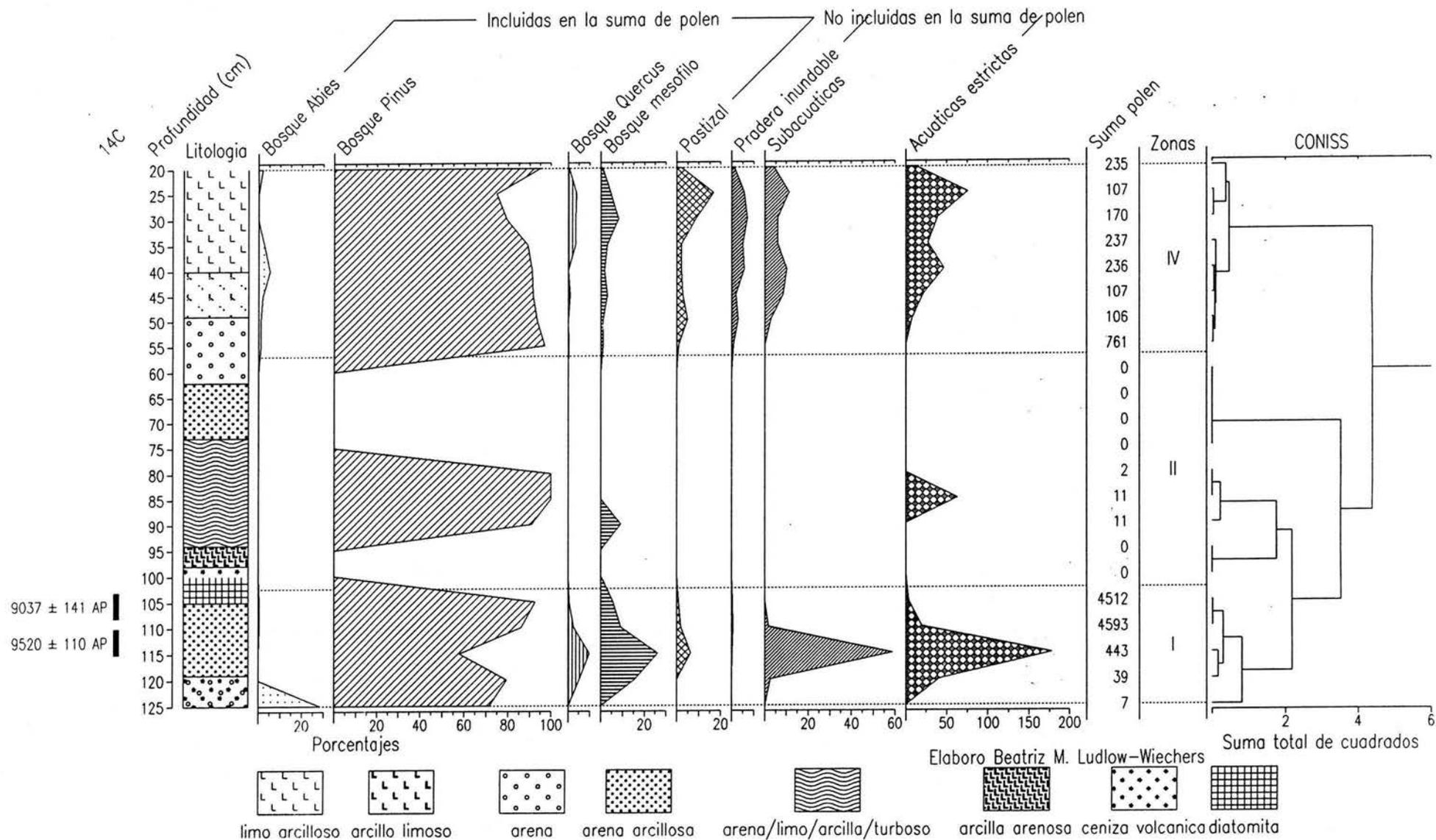
Se inicia con altos porcentajes de *Pinus* (65-88%) y de los elementos del bosque mesófilo con *Alnus* (8-15%), bajos porcentajes del bosque de *Quercus* (4-10%). Posteriormente estos elementos oscilan incrementándose *Quercus* (12-18%) y *Alnus* (9-27%), excepto un

Figura 15. Almo. III. Tiradero. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la cienaga de Almoloya, estado de Mexico



Elaboro Beatriz M. Ludlow-Wiechers

Figura 16. Almo III. Tiradero. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la cienaga de Almoloya, estado de Mexico.



decremento de 8% y 10% respectivamente; decrece *Pinus* (43-65%), excepto por un aumento de 78%. Se presenta *Salix* (0.1-6%). Las Poaceae oscilan (0-11%), aumentando cuando aumenta *Alnus*. Se presenta *Carya*.

Las subacuáticas y las acuáticas estrictas oscilan por *Cyperus* (4-78%), *Schoenoplectus* (2-30%) y *Typha* (1-16%). También se registran *Hydrocotyle* y *Pediastrum* (1-5%).

Zona II (96-58 cm)

Se caracteriza por un aumento del elemento del bosque de *Pinus* (77 a 100%) y una disminución de los bosques de *Quercus* (6%) y mesófilo por *Alnus* (14%), existe una marcada oscilación de CuTaJu entre 60 y 80 cm de profundidad. *Abies* está presente (2%). Se registran fluctuaciones de Poaceae (4%).

Las acuáticas estrictas se caracterizan por altos porcentajes de *Ludwigia* (0-9%), *Botryococcus* (0-25%) y *Pediastrum* (1-5%). Se encuentran bajos porcentajes de las subacuáticas *Cyperus* (0-9%). Están presentes *Nuphar*, *Heteranthera*, *Potamogeton* (0.2%) y *Utricularia*, al final de la zona hay una oscilación de *Nymphaea*.

Comparando esta zona con la anterior se observa un aumento de *Pinus*, así como un descenso de *Quercus*, *Alnus* y Poaceae. En los locales aumenta *Pediastrum* y aparece *Botryococcus* y disminuyen *Cyperus* y *Schoenoplectus*.

Zona III (58-37cm)

Se caracteriza por una alternancia del bosque de *Quercus* (0-27%) y el pastizal por Poaceae (2-7%); presenta bajos porcentajes los elementos del bosque mesófilo por *Alnus* (0-5%). Disminuyen los porcentajes del bosque de *Pinus* (67-85%).

En la parte final de la zona se registran aumentos del pastizal por Asteraceae, Chen-Am (11% ambas) y Poaceae (7%).

Las subacuáticas y acuáticas presentan aumentos por *Cyperus* (0-27%), *Heteranthera* (0-13%), *Pediastrum* (0-15%) y *Botryococcus* (>100%).

Comparando esta zona con la anterior se observa un aumento de los elementos del bosque de *Quercus*, que disminuye al final de la zona al igual que *Alnus*, mientras que aumentan

Asteraceae y Cheno-Am. En los elementos locales aumentan *Pediastrum* y *Botryococcus*, mientras que *Cyperus* oscila.

Zona IV (37-20 cm)

Se caracteriza por un aumento del elemento del bosque de *Pinus* (80-99%). Presentan bajos porcentajes los elementos del bosque de *Quercus* (0-2%), del bosque mesófilo por *Alnus* (1-14%) y del pastizal por Asteraceae (0-4%), Cheno-Am (0-2%) y Poaceae (0-0.7%). *Abies* está presente (0-1%).

La pradera inundable, las subacuáticas y las acuáticas estrictas aumentan por *Arenaria* (2-14%), *Cyperus* (4-39%), *Typha* (0-8%) y *Pediastrum* (2-14%).

Comparando esta zona con la anterior se observa un aumento del bosque de *Pinus* y una disminución de los elementos del pastizal por Asteraceae, Cheno-Am y Poaceae; aumentan la pradera inundable por *Arenaria*, las subacuáticas por *Cyperus* y las acuáticas estrictas se mantienen por *Pediastrum*. Tienden a desaparecer *Quercus* y *Alnus*. *Abies* está presente (1-2%).

Almo VI. Cabeza de negro (Figuras 19 y 20).

Este pozo presenta cinco fechamientos, a los 247.5-242.5 cm con 5,993 ± 105 años AP, el siguiente entre 185.5-180.5 cm con 4,389 ± 106 años AP, el siguiente entre 108.5-103.5 cm con 3,001 ± 106 años AP, de 74.5-69.5 cm con 2,894 ± 104 años AP y el último a los 35-30 cm con 1,293 ± 99 años AP.

Presenta dos zonas.

Zona III (245-117.5 cm)

Se inicia por altos porcentajes de *Quercus* (2-30%) y *Alnus* (6-17%). *Pinus* se presenta con oscilaciones (57-80%). Con bajos porcentajes están Asteraceae (0 a 2%), Cheno-Am (0-1%) y Poaceae (0.3-4%). Están presentes los elementos del bosque mesófilo con *Carya*, CuTaJu, *Juglans*, *Liquidambar* y *Salix*. *Abies* está presente (0-2%).

Las acuáticas estrictas presentan altos porcentajes por *Typha* (0-14%) alternando con *Myriophyllum* (0-32%) y bajos porcentajes las subacuáticas por *Cyperus* (0 a 6%).

Figura 17. Almo IV. Ejido Santa Cruz. Diagrama palinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la cienaga de Almolo, estado de México.

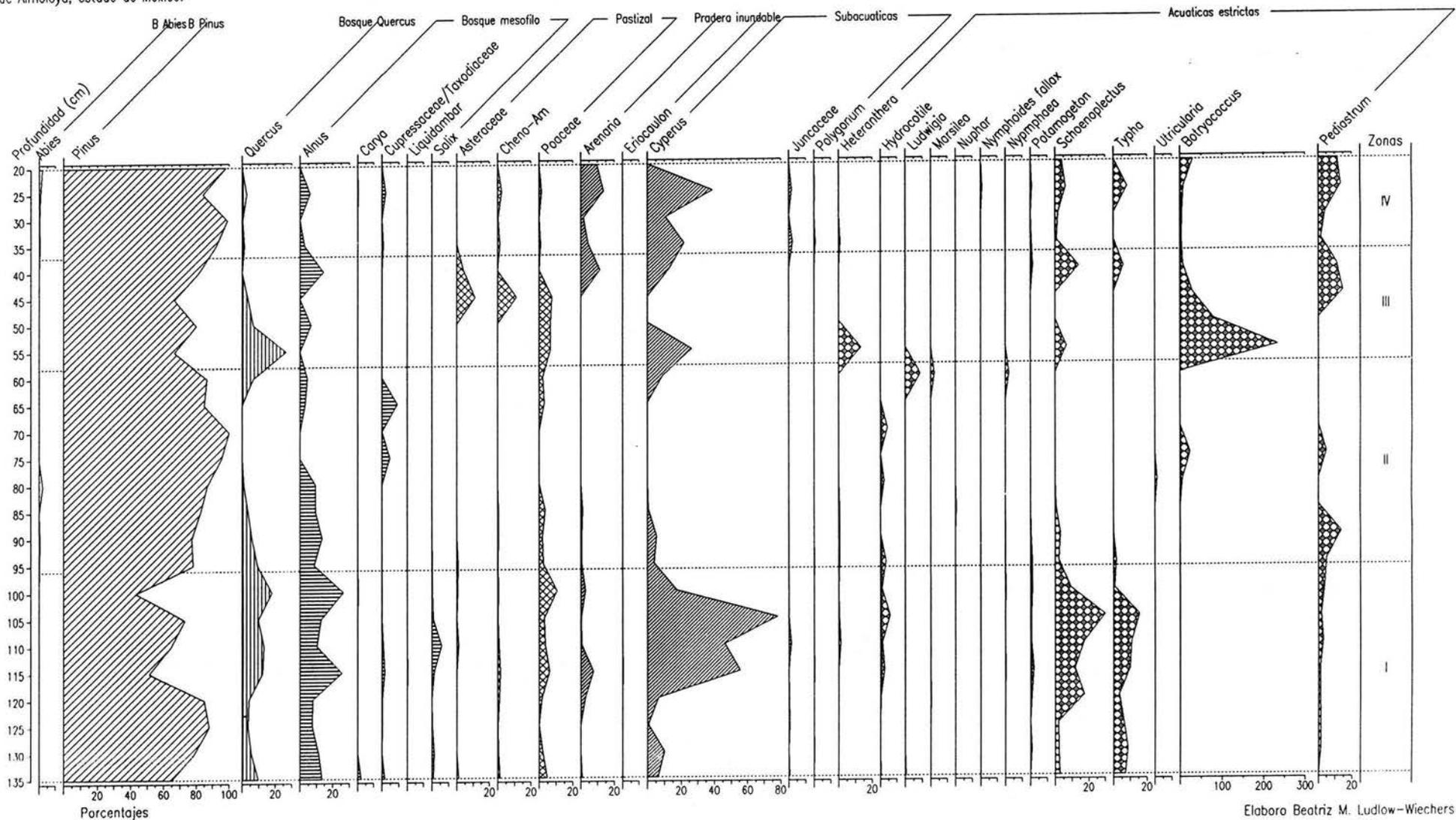
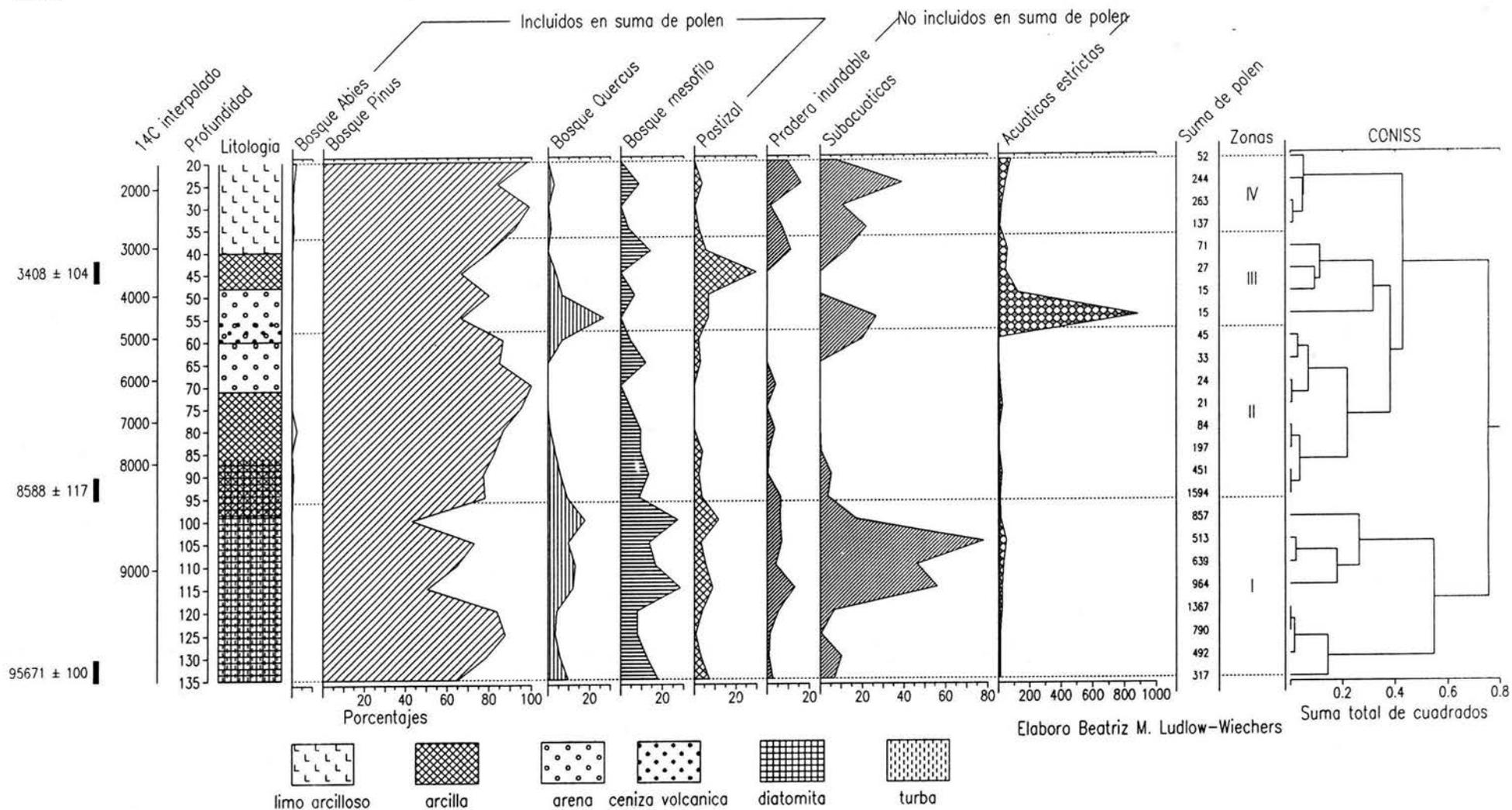


Figura 18. Almo IV. Ejido Santa Cruz. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la cienaga de Almoloya, estado de Mexico.



Zona IV (116.5-20 cm)

Se caracteriza por un aumento de los elementos de bosque de *Pinus* (70-98%) y del pastizal por Asteraceae (0-5%), Cheno-Am (0-5%), Poaceae (0-9%), Malvaceae (0-9%). Presentan un decremento los bosque de *Quercus* (0-12%) y mesófilo con *Alnus* (0-6%). Están presentes *Carya*, CuTaJu, *Liquidambar*, *Populus* y *Salix*. *Abies* está presente (0-3%). Al final de la zona se caracteriza por altos porcentajes de los elementos del bosque mesófilo con *Alnus* (4-12%) y del pastizal por Asteraceae (2-26%) y Poaceae (5-8%), las Cheno-Am se mantienen (2-5%). Presentan un decremento los elementos de los bosques de *Pinus* (43-73%) y *Quercus* (5-8%)

La pradera inundable, las subacuáticas y las acuáticas estrictas muestran un aumento con *Arenaria* (7-16%), Malvaceae (0-12%), *Cyperus* (1-73%), *Schoenoplectus* (8>100%), *Typha* (0-24%) y *Zygnema* (10-13%).

Comparando esta zona con la anterior se observa un aumento de los elementos del bosque de *Pinus*, y del pastizal con Poaceae, Asteraceae y una disminución de los elementos de los bosques de *Quercus* y mesófilo con *Alnus*. Al final de la zona se observa un decremento *Pinus* y *Quercus*.

La pradera inundable, las subacuáticas y las acuáticas estrictas presentan un aumento de Malvaceae *Arenaria*, *Cyperus*, Brassicaceae, *Polygonum*, *Nymphaea*, *Schoenoplectus* y *Typha*, mientras que *Myriophyllum* desaparece.

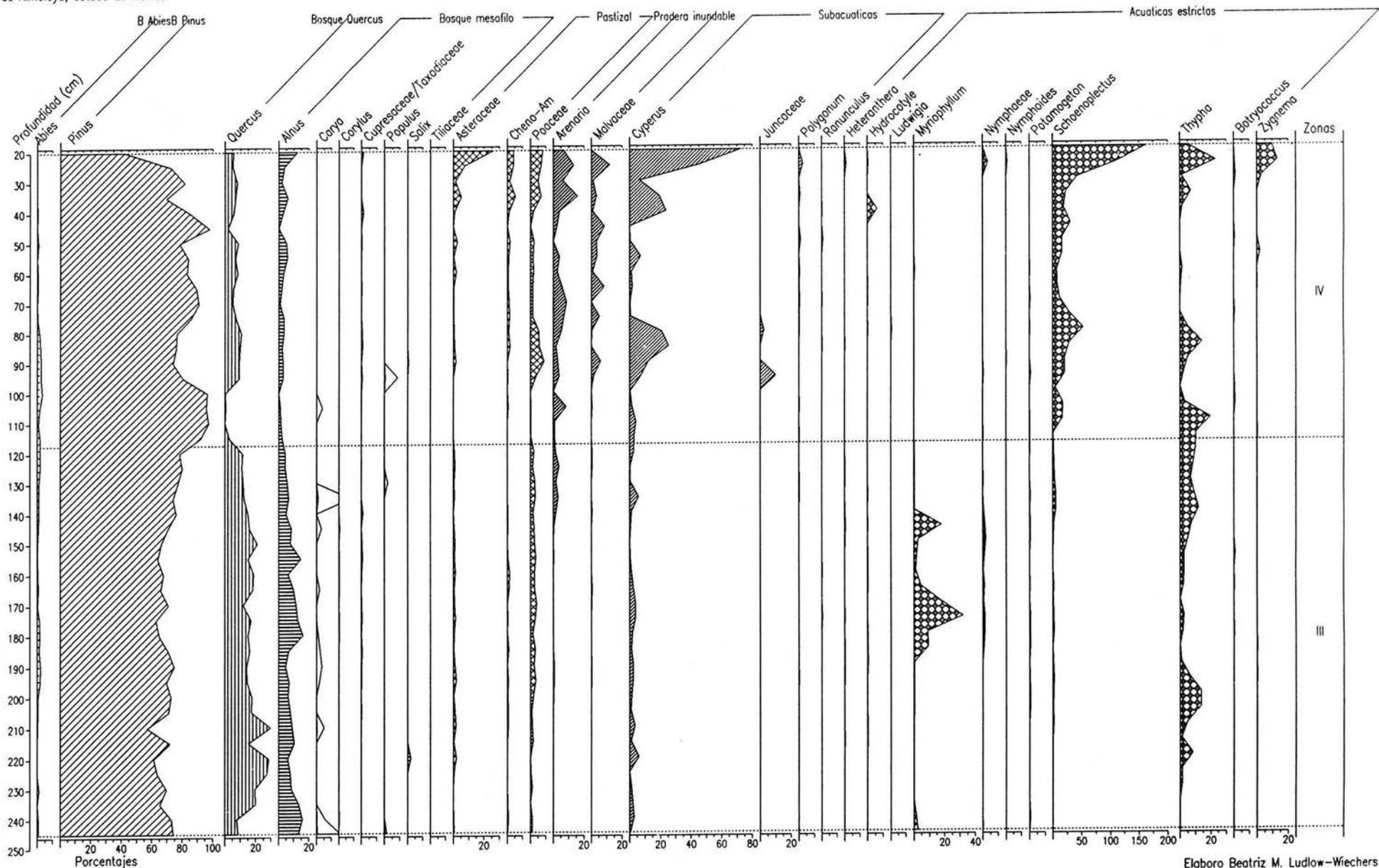
Almo VII. Musaraña (Figuras 21 y 22).

Se presentan dos fechamientos, a los 139.5-134.5 cm con $4,309 \pm 102$ años AP y a los 48.5-43.5 cm, con $1,849 \pm 102$ años AP.

Las muestras estudiadas comprenden de los 20 a los 205 cm, no se pudo tomar muestras hasta los 270 cm, la parte más inferior del pozo, ya que el nivel freático ascendió muy rápido; sin embargo, al principio del trabajo se tomó una muestra con una profundidad de 264.5 a 269.5, de la cual se obtuvo un fechamiento de $6,595 \pm 121$ años AP.

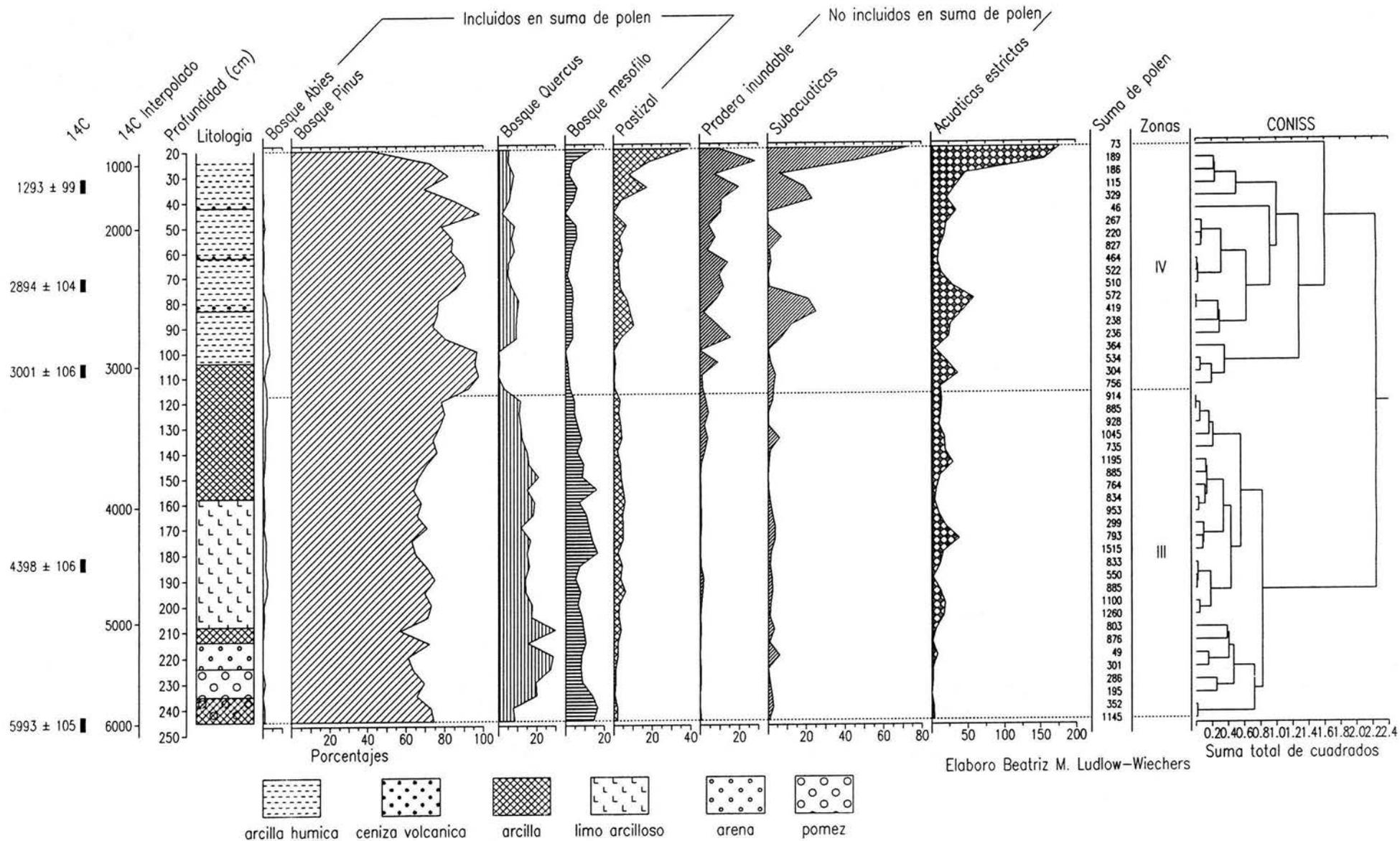
Este pozo presenta dos zonas.

Figura 19. Almo VI. Cabeza de negro. Diagrama polinológico de porcentajes de los taxa encontrados en los sedimentos de la ciénaga de Almoloja, estado de Mexico



Elaboro Beatriz M. Ludlow-Wiechers

Figura 20. Almo VI. Cabeza de negro. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la cienaga de Almoloja, estado de México



Zona III (205-97.5 cm)

Se inicia con altos porcentajes de *Pinus* (81%) que luego decrece (65%), y altos porcentajes de los bosques de *Quercus* (6-27%) y mesófilo con *Alnus* (10-20%), ambos presentan dos fuertes descensos (7 y 6% respectivamente) que coinciden con un aumento de *Pinus* (55 a 80%). Al final de la zona se presentan bajos porcentajes de *Alnus* (2-4%) y altos porcentajes de elementos del pastizal con Poaceae (1-10%). Están presentes CuTaJu, *Juglans* y *Populus*. *Abies* está presente (2-5%).

Los elementos locales presentan altos porcentajes, *Cyperus* (0 a 17%), *Sagittaria* (0-88%), *Schoenoplectus* (0>100%), *Potamogeton* (0.2-11%) y *Typha* (0-14%). Presentan porcentajes bajos *Arenaria* (0-2%), Juncaceae (0-1%), *Nymphaea* (0.2%-2%) y *Nymphoides* (0.2%).

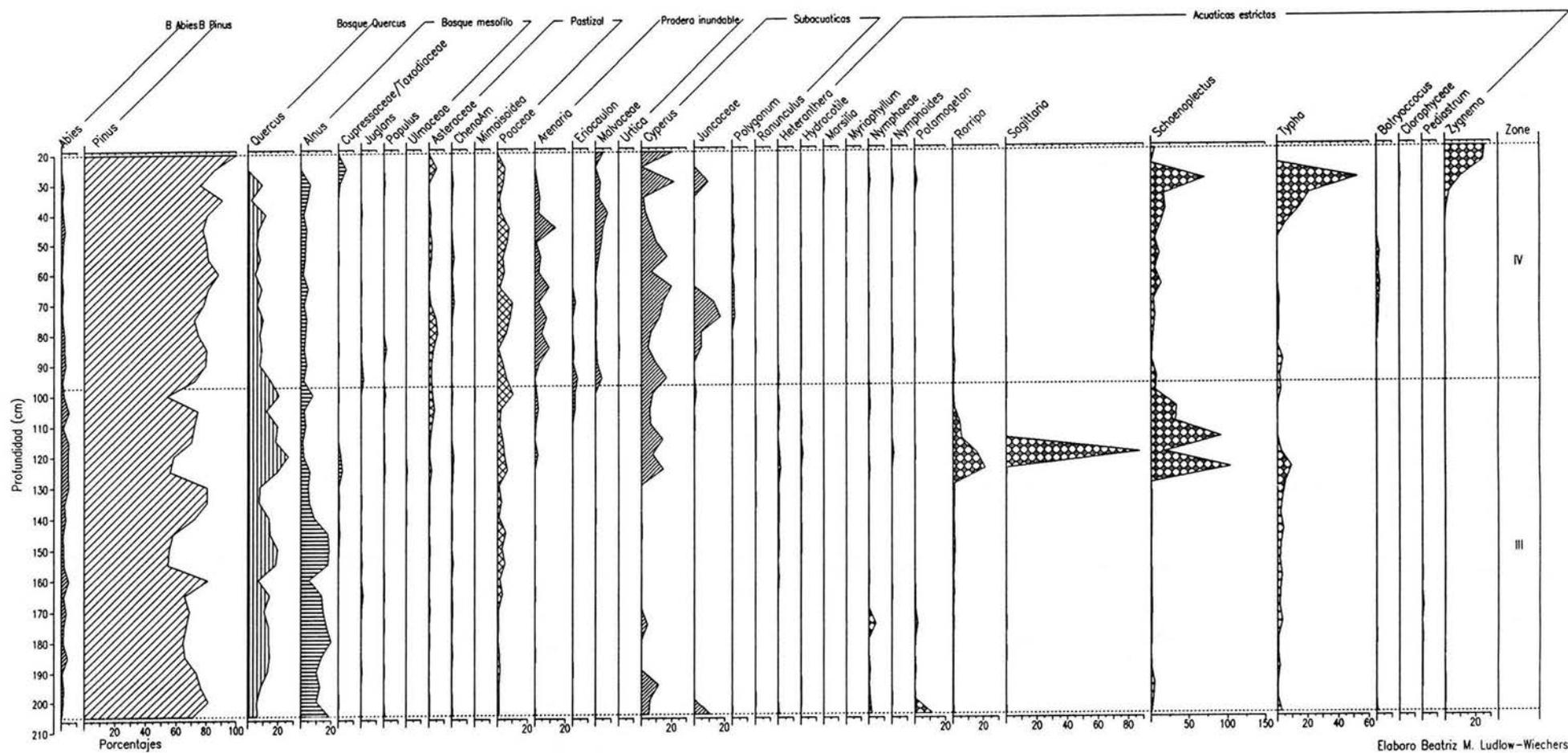
Zona IV (intervalo 96.5-20 cm)

Se caracteriza por altos porcentajes de los elementos del bosque de *Pinus* (78-100%) y del pastizal con Poaceae (0.6 al 10%) y Asteraceae (5%), bajos porcentajes de los elementos de los bosques de *Quercus* (5-12%) y mesófilo con *Alnus* (2-6%) y CuTaJu (5%), se encuentran *Populus* y *Juglans*. *Abies* está presente (1-2%).

Los elementos de la pradera inundable, las subacuáticas y las acuáticas estrictas presentan altos porcentajes con *Arenaria* (1-13%), Juncaceae (0-17%), Malvaceae (0-8%), *Cyperus* (3-22%), *Schoenoplectus* (1-71%), *Typha* (0 a 53%) y *Zygnema* (0-26%).

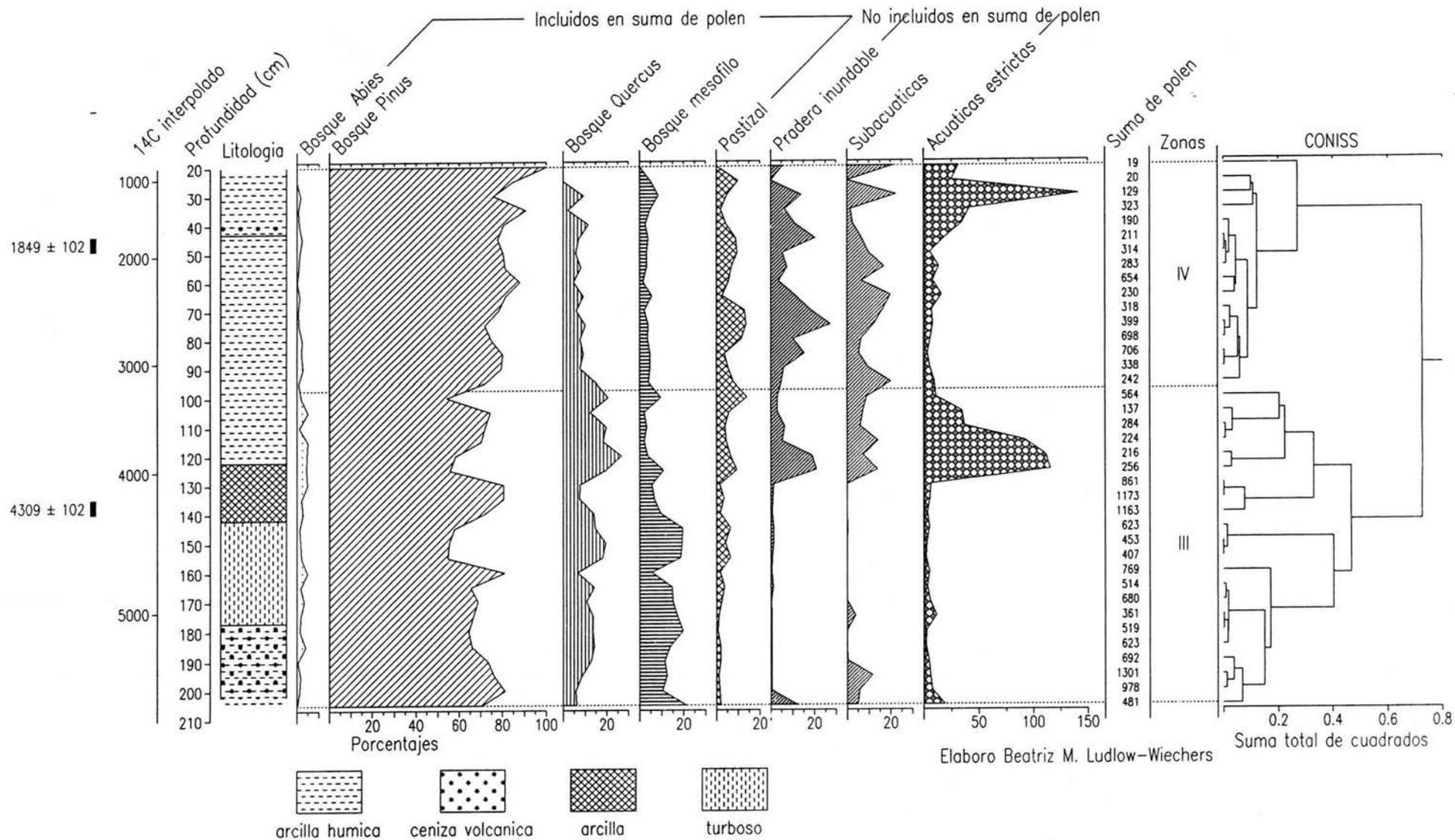
Comparando esta zona con la anterior se observa un aumento de *Pinus* y Poaceae y una disminución de *Quercus* y *Alnus*. Los elementos de la pradera inundable, las subacuáticas y acuáticas aumentan con *Arenaria*, Malvaceae, Juncaceae, *Cyperus*, *Schoenoplectus* y *Typha*.

Figura 21. Alma VII. Musarana. Diagrama polinológico de porcentaje de los taxa encontrados en los sedimentos de la cienaga de Almoloya.



Elaboro Beatriz M. Ludlow-Wiechers

Figura 22. Almo VII. Musarana. Diagrama palinológico de las comunidades vegetales encontradas en la cienaga de Almoloya, estado de Mexico-



7. DISCUSIÓN

7.1 Correlación de los registros de polen e interpretación ambiental

Los estudios de lluvia de polen que se han realizado para el centro de México, se utilizaron para calibrar los resultados; el polen en el bosque de *Abies* generalmente está subrepresentado dentro de este bosque, encontrándose mayores porcentajes de polen de *Pinus* (Palacios-Chávez, 1977; Tovar, 1987); el bosque de *Pinus* siempre se encuentra sobrerrepresentado en los espectros polínicos, siendo más abundante en los bosques y en menor porcentajes en las zonas de pastizal (Palacios-Chávez, 1977; Ohngemach y Straka, 1983; Lozano, 1984; Montúfar, 1985); el bosque de *Quercus* en su mayoría presenta una RP (representación palinológica) normal en los encinares y poca representación en comunidades diferentes al encinar (Lozano, 1984; Montúfar, 1985); el bosque mesófilo de montaña no ha sido estudiado, pero algunos de sus componentes son mencionados como el polen de *Alnus* que aparece algunas veces sólo como componente de la vegetación, excepto por Lozano (1984), que considera que siempre se encuentra sobrerrepresentado, junto con *Carya*, *Juglans* y *Salix*; en los pastizales se encuentran dominando las Poaceae, seguidas por las Asteraceae (Palacios-Chávez, 1977; Tovar, 1987), aunque estas familias también pueden encontrarse como componentes del bosque de *Pinus*, su porcentaje de representación es variable (Palacios-Chávez, 1977; Tovar, 1987), las Chenopodiaceae sólo son reportadas una vez como componentes de la lluvia de polen dentro del bosque (Tovar, 1987). Estos criterios fueron utilizados para asociar a las comunidades los diferentes tipos de polen, considerando siempre los valores de representación palinológica.

Se presenta a continuación una correlación de los registros de polen, tomando en consideración las fechas con ^{14}C cal AP, de los seis pozos estudiados y el reconocimiento de las zonas de polen (Figura 23); así como la interpretación ambiental de las fluctuaciones de la temperatura y humedad.

La duración de los periodos que se proponen a continuación está inferida de interpolaciones de los análisis de regresiones lineales que se hicieron en los pozos IV, VI y VII (Cuadro 6) y que previamente habían sido calibrados.

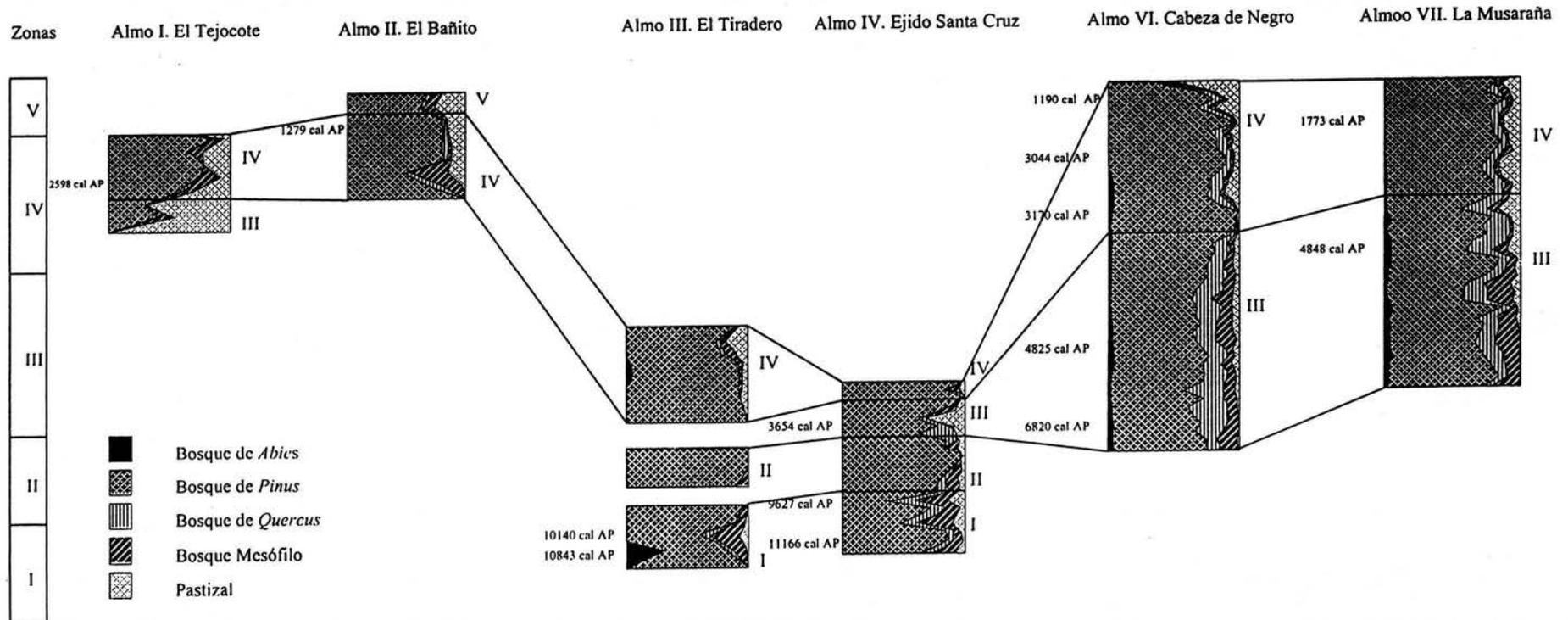


Figura 23. Correlación de las zonas de polen y comunidades vegetales encontradas en los pozos estudiados en la ciénaga de Almoloya, estado de México.

Cuadro No.6. Zonas palinológicas y su duración para el Holoceno en la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.

Zona	Pozo	Periodo	Años cal AP Intervalo
V	VI, VII	Holoceno reciente	500-188
IV	IV, VI, VII	Holoceno tardío	3,325-500
III	IV, VI, VII	Holoceno medio superior	4,972-3,325
II	IV	Holoceno medio inferior	8,466-4,972
I	IV	Holoceno temprano	11,523-8,466

Las variaciones en la vegetación regional indican los cambios climáticos. Para definir el clima en que se presentan los diferentes tipos de vegetación se ha seguido el criterio de García (1988). Todas las zonas presentan clima templado, las variaciones se encuentran en el ámbito de los subgrupos climáticos que son el semicálido, el templado y el semifrío.

El bosque de *Abies religiosa* ha sido considerado como un indicador de climas. Hernández (1985) considera que tiene un intervalo amplio de distribución pues se presenta en zonas templadas y semifrías, sin embargo su presencia está condicionada sobre todo por la alta humedad más que por la temperatura, la que determina los límites altitudinales del bosque; siguiendo a esta autora se encuentra que el límite entre el clima templado y el semifrío está determinado por la altitud entre los 2,800 y los 3,500 m snm (puede alcanzar hasta 4,100 m snm); en el Nevado de Toluca la distribución de *Abies* comprende un rango altitudinal de 3,000 a 3,500 m snm, por lo que el bosque de *Abies* para este trabajo se considera que se desarrolla en un clima semifrío. El bosque de *Pinus* en un templado, el bosque de *Quercus* y el bosque mesófilo que incluye al *Alnus* en un semicálido (Rzedowski, 1978; García, 1988; Cuadro 7).

Cuadro No. 7. Comunidades vegetales y su relación con la temperatura, precipitación y clima, para la ciénaga de Almoloya, Edo. de México.

Tipo de bosque	Temperatura (media anual) Rzedowski (1978)	Precipitación (media anual) Rzedowski (1978)	Subgrupo climático García (1988)
<i>Abies</i>	7 a 15 °C (algunos sitios 20 °C)	>1,000 mm	Semifrío Cb' (entre 5° y 12°C)
<i>Pinus</i>	10 a 20 °C	600 a 1,000 mm	Templado C (entre 12° y 18°C)
<i>Quercus</i>	10 a 26 °C	600 a 1,200 mm	Semicálido (A)C (> 18° C)
Bosque Mesófilo	12 a 23 °C	1,000>1,500>3,000	Semicálido A(C) (entre 18° y 22°C)

La zona de estudio se encuentra comprendida en un clima subhúmedo con lluvias de verano, por lo que para delimitar los periodos de humedad se ha seguido el criterio de García (1988). Esta autora considera que los climas subhúmedos están constituidos por tres categorías: húmedo, intermedio y el más seco. Para asignar el subtipo de clima se ha considerado el hábitat de los elementos locales según su distribución dentro de la laguna ya sea como componentes de la pradera inundable (seco, w_0 , $P/T < 43.2$), subacuáticas (subhúmedo, w_1 , $43.2 < P/T < 55$) y acuáticas estrictas (húmedo, w_2 , $P/T > 55$) se considera un periodo muy húmedo cuando el lago no presenta ciénagas y este es grande y dulce y sus principales componentes son las algas, este subtipo muy húmedo es considerado por García (1988) como húmedo dentro de los húmedos (m).

A continuación se describirán las zonas y el periodo de tiempo al que han sido asignados según la interpolación con los fechamientos calibrados con ^{14}C , así mismo, se

presentan cuadros de correlación con los resultados de diferentes autores para el centro de México y de este trabajo (Cuadro 8 y 9).

Holoceno temprano

Zona I (Pozos III y IV) 11,523 a 8,466 años cal AP

El bosque de *Abies* está representado en el inicio de la zona en Almo III, la presencia con porcentajes del 29% es notoria, ya que los estudios de lluvia de polen reciente (Ohngemach y Straka, 1983; Islebe y Hooghiemstra, 1995) han encontrado que el polen de *Abies* siempre se encuentra subrepresentado, por lo que estos porcentajes indican una mayor representación palinológica del bosque de *Abies*. En Almo III, al principio de la zona se observa a *Abies* asociado a *Pinus*; en esta zona se presentan dos avances del bosque de *Pinus* alternando con dos periodos del bosque de *Quercus* y el bosque mesófilo de montaña, éste último representado principalmente por *Alnus*.

Rzedowski (1988) propone que los bosques de *Alnus* pueden constituir comunidades sucesionales, surgidas como consecuencia de la destrucción de otros tipos de bosques, por tanto, se puede interpretar como una fase tendiente a restablecer el bosque de *Abies*, o como secundaria en el bosque mesófilo de montaña o formar parte de series sucesionales de encinares y pinares. En esta zona se puede considerar que forma parte de series sucesionales de encinares, ya que son los bosques que se presentan posterior a la aparición del bosque mesófilo de montaña que incluye a *Alnus*.

Estos avances y retrocesos, son registrados por Heine (1973, 1984, 1988) para La Malinche, Pico de Orizaba, Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Nevado de Toluca y propone para el Holoceno temprano, entre 10,000 y 8,500 años AP, dos avances de la M III que indican un clima frío y húmedo separado por un periodo cálido seco. Heine (1973) correlaciona la M III con el "Late stade" de la glaciación Pinedale que muestra dos avances glaciares entre 10,500 y 8,500 en las Montañas Rocallosas centrales.

Esta zona se puede correlacionar con la zona I en la laguna de Quila de Almeida-Leñero (1997) En el diagrama palinológico se observan las variaciones, en donde predomina el bosque de *Alnus* alternando con el de *Pinus*, por otra parte, considera que corresponde a un periodo húmedo con un fechamiento de 9,250 a 10,000 años ^{14}C AP.

	La Malinche (4461 m snm)	Patzcuaro (1975 m snm)	Jalapaquillo (2350-2400 m snm)	Tlaloc I y II (3100 m snm)	Patzcuaro (1975 m snm)	Tlapacoya (2400 m snm)	Zempoala (2800 m snm)	Quila I y II (3010 m snm)	Almoloya (2575 m snm)	Condiciones ambientales de temperatura en comparación con el presente para Almoloya	Zonas Almoloya	
Años cal AP	Heine, 1973	Watts y Bradbury, 1982, 2000	Straka y Ohnegmach, 1989	Straka y Ohnegmach, 1989	Xelhuantzin- López, 1994	González- Quintero, 1986	Almeida-Leñero, 1997	Almeida-Leñero, 1997	Este trabajo	Este trabajo		
1000		Cheno-Am	bosque mixto	<i>Pinus</i> bosque mixto	<i>Pinus</i>	Generos mesotermiales	Bosque <i>Pinus</i> <i>hartwegii</i> y <i>Abies</i> Templado	Bosque mixto con dominancia de <i>Abies</i>	Pastizal- <i>Pinus</i>	Templado	V	
2000	Avance glaciar					Gramineas				<i>Pinus</i> -Pastizal	Templado	IV
3000				<i>Abies</i> bosque mixto	Cheno-Am	Bosque <i>Pinus</i> - <i>Quercus</i>	Bosque mixto	Frio y húmedo				
4000				<i>Pinus</i> <i>Alnus</i> <i>Pinus hartwegii</i>	templado		Calido húmedo		Bosque <i>Quercus</i>	Semicálido	III	
5000		<i>Pinus</i> <i>Alnus</i>			Cheno-Am	Bosque templado caducifollo	Bosque <i>Pinus</i> <i>hartwegii</i>	Bosque <i>Pinus</i> <i>hartwegii</i>		Templado	II	
6000					templado	bosque <i>Abies</i>						Bosque <i>Pinus</i>
7000			Bosque <i>Pinus</i>		Bosque <i>Pinus</i> - <i>Quercus</i> templado	templado frío						
8000												
9000												
10 000	Dos avances glaciares		Bosque <i>Pinus</i> pobre en <i>Quercus</i>	Zacatonal alpino		Bosque <i>Pinus</i>		Bosque montano <i>Alnus-Pinus</i> húmedo	Bosque <i>Pinus</i> mesófilo- <i>Quercus</i> bosque <i>Pinus</i> bosque <i>Abies</i>	templado semicálido templado semifrio	I	
11 000												
12 000												

Cuadro 8. Relación de las condiciones ambientales regionales de temperatura registradas por diferentes autores, comparadas con la ciénaga de Almoloya, estado de México.

	Tlapacoya (2400 m snm)	Pátzcuaro (1975 m snm)	Almoloya (2575 m snm)	Condiciones ambientales de humedad comparadas al presente para Almoloya	Zonas Almoloya
Años	González- Quintero, 1986	Xelhauntzin, 1994	Este trabajo	Este trabajo	
1000		Ciénaga subhúmeda	<i>Schoenoplectus</i> y <i>Typha</i> (acuáticas estrictas)	El más húmedo de los subhúmedos (w2)	V
2000			<i>Arenaria</i> , Cheno-Am, Asteraceae, Poaceae (Pradera inundable, pastizal)	El más seco de los subhúmedos (w0)	IV
3000	<i>Typha</i> y Cyperaceae		Asteraceae, Poaceae	Pulso de sequia	
4000			<i>Schoenoplectus</i> , <i>Typha</i> , <i>Sagittaria</i> (acuáticas estrictas)	El más húmedo de los subhúmedos (w2)	III
5000	Cyperaceae	Ciénaga semiseca	<i>Botryococcus</i> , <i>Pediastrum</i>	Húmedo (m)	II
6000	Vestigios de <i>Potamogeton</i> y <i>Rorippa</i>				
7000		Ciénaga subhúmeda			
8000					
9000	<i>Schoenoplectus</i>		<i>Cyperus</i> , (subacuáticas) <i>Schoenoplectus</i> , <i>Typha</i> , (acuáticas estrictas)	Subhúmedo (w1) Húmedo (w2) Subhúmedo (w1) Húmedo (w2)	I
10 000					
11 000					
12 000					

Cuadro 9. Relación de las condiciones ambientales locales de humedad registradas por diferentes autores comparadas con la ciénaga de Almoloya, estado de México.

En la laguna de Quila (Almeida-Leñero, 1997) y en Almo III y Almo IV, la presencia de *Alnus* sugiere un comportamiento secundario bajo variaciones climáticas muy drásticas. Estas oscilaciones son observadas por Watts y Bradbury (1982) y Bradbury (2000) para el Holoceno en el Lago de Páztcuaro, en el diagrama palinológico se registra que a los 9,210 años hay dos aumentos de *Pinus*, que están alternando con *Alnus*.

En el SE del Valle de México, en el lago de Chalco, Lozano-García *et al.* (1993) encuentran que entre 12,500 y 9,000 años el clima era más húmedo pero más frío que el presente, el lago alcanzaba su nivel más alto y el bosque alcanzaba su máximo desarrollo.

En cuanto a la vegetación de la laguna de Almoloya se observa una dominancia de *Schoenoplectus* y *Typha* indicando condiciones húmedas en Almo III; también se manifiesta por la presencia de *Cyperus*, en Almo IV. Condiciones muy similares son observadas en Tlapacoya, lago de Chalco, en el Valle de México, la presencia de *Schoenoplectus* (*Scirpus*) sugiere un aumento en la precipitación (González-Quintero, 1986).

Al inicio de la zona se presenta un clima semifrío, subtipo húmedo (el más húmedo de los subhúmedos) como lo corrobora la presencia de *Abies*, posteriormente se observa una oscilación de temperatura con dos avances de un clima templado, subhúmedo (el más subhúmedo de los subhúmedos) interrumpidos por un clima templado semicálido, húmedo (el más húmedo de los subhúmedos). Estas oscilaciones de vegetación *Abies-Pinus* y mesófilo-*Quercus* y *Pinus* y mesófilo-*Quercus* nos permiten suponer que la temperatura cambió entre 2° o 3°C en periodos cortos de tiempo.

Holoceno medio inferior

Zona II (Pozo IV) 8,466 a 4,972 años cal AP

Se presenta una dominancia del bosque de *Pinus*, mientras que el bosque mesófilo se redujo hasta desaparecer para reaparecer al final de la zona; el bosque de *Quercus* tiende a desaparecer.

Esta zona está representada en Almo IV y parcialmente en Almo III; en este último se observan grandes hiatos al principio y al final de la zona, probablemente sea un periodo de

erosión de material como lo muestra la presencia de arena en la litología. Al final de la zona se encuentran cenizas volcánicas.

Estos bosques dominantes de *Pinus*, con ausencia de *Quercus*, son reportados por Straka y Ohngemach (1983) para la región Puebla Tlaxcala y la denominan zona IV (7,000 a 8,000 AP). Esta zona corresponde con la zona II en la laguna de Quila de Almeida *et al.* (1997) que encuentran una dominancia del polen probablemente de *Pinus hartwegii* apuntando a condiciones más frías que en el presente.

González-Quintero (1986) encuentra en Tlapacoya entre 7,500 hasta 4,800 años AP, el desarrollo de un bosque templado caducifolio compuesto por *Acer*, *Alnus*, *Carya*, *Engelhardtia*, *Fraxinus*, *Ilex*, *Liquidambar*, *Morus*, *Pinus*, *Podocarpus*, *Populus*, *Quercus* y *Ulmus* y la presencia de un bosque de *Abies*, con una densidad polínica del 10%, en un sitio cuyo espectro actual es de 0.5%, estos bosques se pueden asociar a clima templado muy húmedo

Xelhuantzi-López (1994, 1995) en la zona de Zacapu encuentra que entre 8,100 y 6,700 AP, en los alrededores de la laguna existían bosques de pino-encino, considerando a esta fase templada húmeda o subhúmeda, propone que entre 8,000 y 7,000 ocurrió un episodio tectónico severo que afectó la vegetación, posteriormente hay una etapa de bosque, que es remplazada por perturbaciones humanas que favorecen el desarrollo de Cheno-Am como malezas.

En cuanto a la vegetación local se observa una dominancia de *Botryococcus* (Almo III) y *Pediastrum* (Almo IV), que nos indican un lago extenso y dulce de condiciones templadas. Metcalfe *et al.* (1991), encuentran con base en un estudio de diatomeas en el mismo lago que se desarrolla una laguna de agua dulce en el periodo comprendido entre 9,000 y 6,000 años AP.

Al principio y al final de la zona la litología está conformada por arenas lo que explica los hiatos de palinomorfos.

A esta zona corresponde un clima templado, con condiciones muy húmedas (húmedo de los húmedos).

Holoceno medio superior

Zona III (Pozos IV, VI y VII) 4,972 a 3,325 años cal AP

Esta zona está bien caracterizada por la presencia de *Quercus*, en comparación con la anterior; se observa un aumento de este bosque que alcanza su máxima representación en Almo VI. Los elementos del bosque mesófilo que habían decrecido anteriormente, presentan fluctuaciones a todo lo largo de la zona. El bosque de *Pinus* presenta oscilaciones con valores menores con relación a la zona anterior. En Almo IV se muestra un alto incremento del pastizal y un descenso de los bosques de *Quercus* y mesófilo, probablemente sea un incendio local que afectó estos bosques, como lo muestran la presencia de partículas carbonizadas.

Los estudios de lluvia de polen han mostrado que la representación del polen de *Quercus* tiene valores de RP normales (Palacios-Chávez, 1977; Montúfar, 1985; Lozano-García, 1984) lo que nos indica que lo observado corresponde a valores comparables a su presencia en este tipo de vegetación.

En el SE del Valle de México, en el lago de Chalco, Lozano-García *et al.* (1993) encontraron que entre 6,500 y 4,000 años AP se presenta un pantano salino. La composición del bosque cambia, hay un aumento de *Quercus*; el clima se hace más cálido y subhúmedo.

Xelhauntzi-López (1994, 1995), encuentra una gran abundancia de Chenopodiaceae-Amaranthaceae a partir de aproximadamente 5,000 años AP. González –Quintero (1986) para Tlapacoya encuentra granos de *Zea* desde hace 5,000 años AP. Bradbury (2000) señala que en el Lago de Pátzcuaro hacia el Holoceno tardío, después de los 5,000 años AP se presenta *Zea* y Chenopodiaceae, mientras que *Alnus* decrece.

En cuanto a la vegetación local se encuentra una dominancia de *Schoenoplectus* (Almo VII), *Sagittaria* (Almo VII), *Typha* (Almo VI), *Myriophyllum* (Almo VI), *Botryococcus* y *Pediastrum* (Almo VI) oscilando con las subacuáticas. Hacia el final de la zona se observa un aumento de Asteraceae, Cheno-Am y Poaceae que indican un periodo de sequía

A esta zona corresponde un clima semicálido, húmedo (el más húmedo de los subhúmedos) con un pulso de sequía al final de la zona.

Holoceno tardío

Zona IV (Pozos IV, V y VII) 3,325 a 500 años cal AP

Esta zona se caracteriza por un ligero aumento del bosque de *Pinus* (Almo IV y Almo VI) y un incremento del pastizal (Almo III, Almo IV, Almo VI y Almo VII), con relación a la zona anterior, así como una disminución del bosque mesófilo y el bosque de *Quercus*. En Almo II se presenta un incremento de *Alnus* que se comporta como un elemento secundario en la sucesión del bosque por lo que puede estar relacionado con una perturbación como puede ser un incendio del bosque, o el abandono de una zona de cultivo y una recuperación del bosque.

Almeida-Leñero (1997) encuentra la presencia de un bosque mixto en la laguna de Quila y de Zempoala, proponiendo la presencia de un clima más caliente y más seco.

Metcalfé *et al.* (1991) para la laguna de Chignahuapan (Almoloya) proponen que entre 1,400 y 900 años AP el lago esta desecado, en el lago seco se presenta una ocupación en el lado E, cerca de Tepozoco, aunque la fase de mayor disturbio entre aparece entre 1400 y 700 años AP; corresponde al periodo principal de construcción de Teotenango y otros sitios, bajo un clima árido, en donde se reduce la cubierta vegetal y los suelos se hacen más vulnerables a la erosión.

Hodell *et al.* (1995) en la laguna de Chichancanab para la península de Yucatán, México, encuentran que el periodo más seco en el Holoceno tardío se encuentra entre 1300 y 1100 años AP.

En cuanto a la vegetación local, en todos los pozos se observa un fuerte incremento de *Arenaria* y la presencia de las subacuáticas como *Cyperus* y Juncaceae que indican un aumento de los elementos de la pradera inundable, mientras las acuáticas estrictas decrecen como lo muestra *Schoenoplectus*. Al final de la zona aumentan *Typha*, *Schoenoplectus* y *Cyperus*.

A esta zona corresponde un clima templado seco (el más seco de los subhúmedos), al final de la zona cambia hacia un húmedo (el más húmedo de los subhúmedos).

En esta zona se registra la presencia del hombre por el aumento de las Chenopodiaceae, Asteraceae, Poaceae y la aparición de Cucurbitaceae y *Zea mays* (Almo IV).

González Quintero (1986) observa que *Zea*, quenopodiáceas y los pastos aparecen en los 3,500 años AP, manifestándose la presencia del hombre que modifica el medio ambiente, como puede ser el inicio de la agricultura. A partir de 2,600 hasta 1,900 años AP dominan las herbáceas, principalmente las gramíneas, así como el cultivo del chayote (*Sechium*) y probablemente chile (*Capsicum*). Este autor considera que en periodos más recientes, el maíz no se presenta en el registro de polen, quizá refleja cambios en las prácticas agrícolas.

Holoceno reciente

Zona V (Pozos, VI y VII) 500 a 188 años AP

Esta zona se caracteriza por un continuo aumento del pastizal (Almo II) también se incrementa el bosque de *Pinus*, mientras que el bosque de *Quercus* se reduce hasta desaparecer.

González-Quintero (1986) caracteriza a la época actual por un aumento en géneros de afinidades mesotermiales.

Lozano-García *et al.* (1993) consideran que es difícil obtener información climática, ya que el impacto humano y las actividades agrícolas en los recientes periodos secos del lago han perturbado y mezclado la superficie de los sedimentos.

Almeida-Leñero (1997) para la laguna de Quila, señala que las condiciones climáticas son muy semejantes a las actuales incluyendo los efectos de perturbación humana.

Conserva y Byrne (2002) en la Laguna Azteca, Hidalgo encuentran en 890 a 1030 años AD (aproximadamente 1,100 a 900 años AP) un periodo frío y húmedo sugerido por la presencia del bosque de neblina.

En cuanto a la vegetación local con relación a la zona anterior se observa un incremento de *Schoenoplectus*, *Cyperus*, Brassicaceae, *Arenaria* y un decremento de *Juncus* (Almo I).

A pesar de la perturbación humana, se propone que a esta zona corresponde un clima templado, húmedo (el más húmedo de los subhúmedos), son condiciones semejantes a las actuales.

7.2 Impacto humano

La zona lacustre se caracteriza por la diversidad de comunidades, de esta manera, están los recursos del cuerpo de agua, la zona de pantanos, las planicies inundables, el piedemonte y los bosques circundantes; en esta diversidad de ambientes los recursos bióticos potenciales fueron accesible al hombre sin exigir grandes desplazamientos y probablemente a lo largo de todo el año.

Se detecta la presencia del hombre en Almo IV por el aumento de los elementos del pastizal representado principalmente por Asteraceae y Chenopodiaceae y una disminución del bosque de *Quercus*, es probable suponer que el bosque fue talado hace aproximadamente 3,000 años AP; esta fase ha sido mencionada por Metcalfe *et al.* (1991) como un periodo de erosión asociado a disturbios humanos. Los bosques que circundaban la laguna ofrecieron material para leña, instrumentos, construcción de viviendas, carbón, abono verde, construcción y mantenimiento de chinampas, etc.

En Almo II se observa que entre las especies comestibles hace aproximadamente 2,500 años AP se encuentran Cucurbitaceae y *Zea mays*, esta última aparece un poco después; también se presenta Chenopodiaceae, que comprende el uso de los quelites, epazotes, huazontles, alegrías, etc. que probablemente fueron favorecidas y explotadas por los pobladores de la zona. Se detectó la presencia de árboles frutales potenciales como *Prunus*, *Juglans* y *Carya*.

Las plantas acuáticas han sido utilizadas tradicionalmente como comestibles, medicinales y elaboración de artesanías, (Novelo-Retana y Gallegos, 1988; Ramos-Ventura y Novelo-Retana, 1993; Bonilla-Barbosa y Novelo-Retana, 1995). Para la cuenca alta del río Lerma fueron identificadas con usos potenciales a *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Luzula*, Juncaceae, *Typha*, *Berula*, *Datura*, *Sagittaria* y varias Asteraceae. Dentro de estas destaca el grupo de los juncos y tules que fueron utilizadas para la cestería.

Probablemente el tejido de los tules sea una actividad muy antigua, ya que con estos elaboraban sopladores, cestos, sillas, etc. El tule fue utilizado antes que la cerámica, no solo fabricaban cestos y canastas, sino redes, cuerdas y petates (Ludlow-Wiechers y Diego-Pérez, 2002). A partir de los recursos del lago los hombres pudieron llegar a la agricultura,

enterrar a los muertos cargados de ofrendas para su viaje a lo largo del inframundo, inventar una religión y construir pueblos (Benitez, 1975)

Si bien, la presencia del hombre se detecta hace 3,000 años AP, es muy probable como proponen Niederberg (1979) y González-Quintero (1986) que hubo una etapa preagrícola que se desarrolló a la orilla del lago, las fluctuaciones del nivel del agua permitieron satisfacer los requerimientos de los cultivos iniciales, ocupando la zona de manera permanente y sedentaria.

Albores (1995) propone que la antigüedad de modo de vida lacustre en la cuenca del Alto Lerma guardan una estrecha relación con los componentes culturales, honda, red y tejido de tule, conformados por una población de la rama proto-otomangue (6,500 años) y desarrollada por la rama proto-otopame (4,500 años), pasando a ser típico del matlatzinca, a raíz de la separación con el otomí (2,500 años)

Como menciona Benitez (1975) del lago se extraían peces, acociles, aves acuáticas como patos, gallinetas y ansares, ajolotes, animales que bebían del lago, etc.

Es indiscutible que el ecosistema lacustre fue una de las zonas privilegiadas para los primeros asentamientos humanos, el potencial biótico que ofreció el lago permitió el desarrollo de diversas poblaciones, desde los primeros recolectores y cazadores, las poblaciones sedentarias y las grandes civilizaciones mesoamericanas.

8. CONCLUSIONES

- En los sedimentos de la ciénaga de Almoloya, se identificaron 142 palinomorfos presentes en los últimos 11,7000 años cal AP, que muestran la presencia de grandes extensiones de bosques.
- Estos elementos se agruparon como bosques templados, con las siguientes comunidades *Abies*, *Pinus*, *Quercus* y el bosque mesófilo que presenta varios elementos arbóreos como *Alnus*, *Carya*, *Fraxinus*, *Celtis*, Cupressaceae/Taxodiaceae, *Juglans*, *Liquidambar*, *Myrica*, *Populus*, *Prunus*, Rosaceae, *Salix* y *Heliocarpus*.
- La alternancia y predominancia de estos bosques se definió de acuerdo a la representación palinológica de los taxa en las lluvias de polen. Así el bosque de *Quercus* tiene un RP normal y el bosque de *Pinus* se considera sobrerrepresentado, al igual que el *Alnus*. Poaceae y Asteraceae varía su valor de representación en relación a la vegetación, se les considera con un RP normal. Las Chen-Am son escasamente reportadas en las lluvias de polen .
- En la orilla de la laguna se desarrollaron malezas y pastizales con Asteraceae, varias especies de Poaceae y Amarantaceae/Chenopodiaceae. El aumento de estos elementos indica la perturbación provocada por el hombre.
- La vegetación de los elementos locales en la ciénaga de Almoloya está constituida por las plantas de la pradera inundable (tolerantes) como *Arenaria* y Malvaceae. Las subacuáticas representadas por Ranunculaceae, *Polygonum*, *Eriocaulon*, *Luzula* y varias especies de *Cyperus* y Juncaceae y las acuáticas estrictas representadas por *Berula*, *Hydrocotyle*, *Ludwigia*, *Datura*, *Sagittaria*, *Potamogeton*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Utricularia*, *Nymphoides*, *Nuphar* y varias especies de *Nymphaea*, *Schoenoplectus* y *Heteranthera*. Estas comunidades han sufrido cambios en su extensión durante el Holoceno.
- El grado de humedad que prevaleció durante el Holoceno se determinó con base en la presencia de los elementos locales.
- Otras plantas presentes son *Equisetum* y *Selaginella*; entre las algas se encontraron *Pediastrum* y varias Chlorococcales entre ellas a *Botryococcus*.
- En el registro palinológico aparecen *Batis maritima* y *Eriocaulon* de forma escasa e intermitente desde principios del Holoceno, su último registro es hace 3,000 años AP;

mientras que *Nuphar* aparece escasamente hace 2,000 años AP; estas plantas no han sido colectadas en los últimos años en la cuenca alta del río Lerma.

- Se encontraron diferentes tipos de polen de *Heteranthera*, *Schoenoplectus*, *Populus*, *Salix* y *Quercus*, que no se pudieron relacionar con especies actuales.

- La presencia de granos de polen de *Bursera*, *Heliocereus* y *Asemnantha* no se comprende.

- Se definieron cinco zonas.

- La Zona I. Holoceno temprano que comprende desde 11,523 a 8,466 años cal AP. En esta zona el bosque de *Abies* está presente al inicio. Con oscilaciones muy marcadas el bosque de *Pinus* y los bosques mesófilo y *Quercus*, ambos se alternan, indicando un periodo de variabilidad climática. Dominan las acuáticas estrictas (fanerógamas), alternando con las subacuáticas. Corresponde a un clima semifrío subtipo húmedo con transiciones a templado tipo subhúmedo, interrumpido por un clima semicálido húmedo.

- Zona II. Holoceno medio inferior que comprende desde 8,466 a 4,972 años cal AP.

Presenta una dominancia del bosque de *Pinus* mientras que el bosque mesófilo y el bosque de *Quercus* tienden a desaparecer. La vegetación local esta representada principalmente por las acuáticas estrictas, se observa una dominancia de *Botryococcus* y *Pediastrum*, que nos indican un lago extenso y dulce de condiciones templadas. Corresponde a un clima templado con condiciones muy húmedas.

- Zona III. Holoceno medio superior que comprende desde 4,972 a 3,325 años cal AP.

Presenta un aumento en el bosque de *Quercus*, a mitad de la zona se observa un aumento gradual del pastizal. La vegetación local se encuentra dominada por *Schoenoplectus*, *Sagittaria*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Botryococcus* y *Pediastrum* oscilando con las subacuáticas. El aumento de Asteraceae, Chen-Am y Poaceae indican un periodo de sequía. Corresponde a un clima semicálido subtipo húmedo, con un pulso de sequía al final de la zona.

- Zona IV. Holoceno tardío que comprende desde 3,325 a 500 años cal AP. Presenta un aumento en el bosque de *Pinus*, se incrementa el pastizal. Dominan las plantas de la pradera inundable. Es probable que el hombre ya está asentado a la orilla de la ciénaga como lo muestra el aumento en las Chen-Am, Asteraceae, Poaceae y la aparición de Cucurbitaceae y *Zea mays*. Corresponde a un clima templado subtipo seco.

- Zona V. Holoceno reciente que comprende desde 5 000 a 1 888 años cal AP. Presenta un aumento en el pastizal, hay un incremento del bosque de *Pinus* y de las acuáticas estrictas (fanerógamas). Corresponde a un clima templado subtipo húmedo, esta inferencia climática es tentativa por la influencia del impacto humano. Entre las especies cultivadas aparece *Zea mays*.
- Hacia aproximadamente 3,000 años AP, se observan perturbaciones en el bosque de *Quercus*, ya que su presencia va disminuyendo gradualmente, mientras aumentan las malezas y arvenses, esto coincide con la fase de erosión asociada a disturbios humanos mencionada en la literatura.
- Los bosques que circundaban la laguna ofrecieron material para leña, instrumentos, construcción de viviendas, carbón, etc., así como árboles frutales como *Prunus*, *Juglans* y *Carya*.
- Para la cuenca alta del río Lerma fueron identificadas con usos potenciales a *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Luzula*, *Juncaceae*, *Typha*, *Berula*, *Datura*, *Sagittaria* y varias *Asteraceae*. Estas plantas acuáticas han sido utilizadas tradicionalmente como comestibles, medicinales.
- La presencia del hombre se detecta hace 3,000 años AP, hubo una etapa preagrícola que se desarrolló a la orilla del lago, las fluctuaciones del nivel del agua permitieron satisfacer los requerimientos de los cultivos iniciales, ocupando la zona de manera permanente y sedentaria.
- A partir de los recursos del lago los hombres pudieron llegar a la agricultura.
- La antigüedad de modo de vida lacustre en la cuenca del Alto Lerma guardan una estrecha relación con los componentes culturales, honda, red y tejido de tule.
- Con tules y juntos fabricaban cestos, canastas, redes, cuerdas y petates, esta actividad es más antigua que la elaboración de cerámica.
- Del lago se extraían peces, acociles, aves acuáticas como patos, gallinetas y ansares, ajolotes, animales que bebían del lago, etc.
- La ciénaga de Almoloya y los bosques que los circundan han sido considerados como el hábitat natural de muchas especies silvestres y ha sido lugar de asentamiento de poblaciones indígenas desde hace aproximadamente 3,000 años AP, como se ha encontrado en este trabajo y lo apoya los estudios lingüísticos.

- Es indiscutible que el ecosistema lacustre fue una de las zonas privilegiadas para asentamientos humanos, el potencial biótico que ofreció el lago permitió el desarrollo de diversas poblaciones, desde los primeros recolectores y cazadores, las poblaciones sedentarias y las grandes civilizaciones mesoamericanas
- La cuenca alta del río Lerma desde la época prehispánica fue poblada por mazahuas, matlatzincas y otomies, después de la conquista su importancia fue advertida por los cronistas. Posteriormente fue considerada de gran productividad agrícola, ganadera y forestal. Sin embargo, el desarrollo de las poblaciones asentadas en ella, así como el desarrollo industrial de los últimos años han dañado fuertemente las comunidades vegetales.
- Actualmente la zona ha sido muy perturbada, los bosques de *Quercus* en el sur están restringidos a Almoloya del Río, Tenango del Valle y Lerma, la ciénaga ha sido muy alterada y varias especies se encuentran en peligro.
- Este tipo de investigaciones permiten conocer las condiciones originales de la ciénaga por lo que es preciso tomarlos en cuenta para los trabajos de restauración con el fin de detener el deterioro de la cuenca alta del río Lerma, así como aumentar los estudios sobre las especies que la componen y proponer estrategias de rescate ecológico.

9. Literatura citada

- Almeida, L. 1997. *Vegetación, fitogeografía y paleoecología del zacatonal alpino y bosques montanos de la región central de México*. Tesis doctoral. Universidad de Amsterdam. 255 pp.
- Almeida-Leñero, L., Giménez de Azcárate, J., Cleef, A. M., González-Trapaga, A. 2004. Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los volcanes Popocatepétl y Nevado de Toluca, Región Central de México. *Phytocoenologia* 34 (en prensa).
- Albores-Zárate, B. 1995. *Tules y sirenas. El impacto ecológico y cultural de la industrialización en el Alto Lerma*. El Colegio Mexiquense, A. C. Gobierno del estado de México. 478 pp.
- Amador Hernández, M. y Casasa P. 1979. Un análisis cultural de juegos léxicos reconstruidos del proto-otomangue. **En:** Hopkins, N. A. y Josserand, J. K. (coord). *Estudios lingüísticos en lenguas otomangues*. SEP/INAH. Programa de Lingüística CIS-INAH. Colección Lingüística 68.
- Anónimo, 1987. Carta forestal del estado de México, escala 1:250,000 sobre el segundo estudio dasonómico para el estado. Gobierno del estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Protectora e Industrializadora de Bosques. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Toluca, estado de México.
- Benítez, F. 1975. *Viaje al centro de México*. Fondo de Cultura Económica. Colección Popular. México. Número 150.
- Bloomfield, K. 1974. The age and significance of the Tenango Basalt, Central Mexico. *Bulletin Volcanology* 37: 585-595.
- Bloomfield, K. 1975. A late-Quaternary monogenetic volcano field in Central Mexico. *Geological Rundschau* 64: 476-497.
- Bloomfield, K. y Valastro, S. 1977. Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca volcano, Central Mexico. *Overseas Geology and Mineral Resources* 46: 1-15.
- Bonilla-Barbosa, J. y Novelo-Retana, A. 1995. *Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala*. Cuadernos del Instituto de Biología. No. 26. 168 pp.

- Bradbury, J. 1970. Diatoms from the Pleistocene sediments of Lake Texcoco, Mexico. *Revue de Geographie, Physique et de Geologie dynamique* **12**: 151-168.
- Bradbury, J. 1971. Paleolimnology of Lake Texcoco, Mexico. *Limnology/Oceanogr.* **16**: 180-200.
- Bradbury, J. 1986. Paleolimnología del lago de Chalco, México. El medio ambiente litoral **En**: Lorenzo, J. L. y Mirambell, L. (eds). *Tlapacoya: 35,000 años de historia del lago de Chalco*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Prehistoria. p. 167-172.
- Bradbury, J. 2000. Limnologic history of lago de Patzcuaro, Michoacán, Mexico for the past 48,000 years: impacts of climate and man. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **163**: 69-95.
- Bridgwater, N. D., Heaton, T. H. E. y O'Hara, S. L. 1999. A late Holocene palaeolimnological record from central Mexico, based on faunal and stable isotope analysis of ostracod shells. *Journal of Paleolimnology* **22**: 383-397.
- Clisby, K. y Sears, P. B. 1955. Palynology in southern North America. III. Microfossil profiles under Mexico City correlated with the sedimentary profiles. *Bulletin of the Geological Society of America* **66**: 511-520.
- CONABIO. 1999. Cartas de climas (16 hojas), cartas de temperatura media anual (16 hojas) a escala 1:1,000,000 según el Sistema de Köppen modificado por García. México, D.F.
- Conserva, M. E. y Byrne, R. 2002. Late Holocene Vegetation change in the Sierra Madre Oriental of Central Mexico. *Quaternary Research* **58**: 122-129.
- Curtis, J., Hodell, D. y Brenner, M. 1996. Climate variability on the Yucatan Peninsula (Mexico) during the past 3,500 years, and implications for Maya cultural evolution. *Quaternary Research* **46**: 37-47.
- Curtis, J., Brenner, M., Hodell, D., Balsler, R., Islebe, G. y Hooghiemstra, H. 1998. A multi-proxy study of Holocene environmental change in the Maya Lowlands of Peten, Guatemala. *Journal of Paleolimnology* **19**: 139-159.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* **54**: 561-564.

- Flores-Díaz, A. 1986. Fluctuaciones del lago de Chalco, desde hace 35 mil años al presente. **En:** J. L. Lorenzo y Mirambell, L. (eds). *Tlapacoya: 35,000 años de historia del lago de Chalco*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Prehistoria. p. 109-156.
- Foreman, F. 1955. Palynology in southern North America. II. Study of two cores from lake sediments of the Mexico City Basin. *Bulletin of the Geological Society of America* **66**: 475-519.
- Galicia, M. V. 1992. *Listado florístico del estado de México y regiones circundantes (de los estados de Hidalgo, Querétaro y Distrito Federal basado en las colecciones de Eizi Matuda)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 207 pp.
- García, E., Hernández, M. y Cardoso, M. D. 1983. Las gráficas ombrotérmicas y los regímenes pluviométricos en la República Mexicana. Memoria del IX Congreso Nacional de Geografía, Guadalajara, Jalisco. *Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. México. Febrero de 1983: 140-149.
- García-Quintana, J. y López-Austin, A. 1989. *Historia General de las cosas de la Nueva España. Fray Bernardino de Sahagún*. Tomo I y II. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes de México, D. F.
- Goman, M. y Byrne, R. 1998. A 5,000-year record of agriculture and tropical forest clearance in the Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *The Holocene* **8**: 83-89.
- González-Quintero, L. 1986. *Origen de la domesticación de los vegetales en México*. Historia de México. Salvat Mexicana de Ediciones. México. Tomo I.
- González-Quintero, L. 1986. Análisis polínicos de los sedimentos. **En:** Lorenzo J. L. y Mirambell, L. (eds). *Tlapacoya: 35,000 años de Historia del Lago de Chalco*. Colección científica. Serie Prehistoria. INAH. México, p. 157-166.
- González-Quintero, L. y Fuentes Mata, M. 1980. El Holoceno de la Porción Central de la Cuenca del Valle de México. **En:** *Memorias III Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología*. Sánchez, F. (coord.) SEP/INAH. México. **86**: 113-132.
- González-Trapaga, M. A. 1986. *Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Edo. de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 63 pp.

- Grabandt, R. A. J. 1980. Pollen rain in relation to arboreal vegetation in the Colombian Cordillera oriental. *Review of Palaeobotany and Palynology* **29**: 65-147.
- Grimm, E. C. 1987. CONISS: A FORTRAN 77 Program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences* **13**: 13-35.
- Grimm, E. C. 1991-1993. Software TILIA version 2.0b.4, TG-Graphics, CONISS.
- Heine, K. 1973. Variaciones más importantes del Clima en los últimos 40,000 años en México. *Comunicaciones* **7**: 551-558.
- Heine, K. 1984. The classical Late Weichselian climatic fluctuations in Mexico. **En**: N. A. Mörmner y Karlén, W. (eds). *Climatic Changes on a yearly to millennial basis*. Reidel, Dordrecht. pp 95-115.
- Heine, K. 1988. Late Quaternary Glacial Chronology of the Mexican volcanoes. *Die Geowissenschaften* **7**: 197-205.
- Hernández, M. E. 1985. Distribución y utilidad de los *Abies* en México. *Boletín del Instituto de Geografía* **15**: 75-118.
- Herrera, T. 1951. Algunos datos ecológicos sobre la vegetación de Lerma. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **13**: 1-3.
- Hodell, D., Curtis, J. y Brenner, M. 1995. Possible role of climate in the collapse of classic Maya civilization. *Nature* **375**: 391-394.
- Hooghiemstra, H. 1984. Vegetational and climatic history of the high plain of Bogota, Colombia: A continuous record of the last 3.5 million years. *Dissertationes Botanicae* **79**: 1-368.
- Islebe, G. A. y Hooghiemstra H. 1995. Recent pollen spectra of highland Guatemala. *Journal of Biogeography* **22**: 1091-1099.
- Islebe, G. A., Hooghiemstra, H., Brenner, M., Curtis, J. H. y Hodell, D. A. 1996. A Holocene vegetation history from lowland Guatemala (Lake Peten-Itza). *The Holocene* **6**: 265-271.
- Islebe, G. A. y Hooghiemstra, H. 1997. A contribution to the Late Quaternary of Costa Rica. *Quaternary Science Reviews* **16**: 589-604.

- Islebe, G. A., Villanueva-Gutiérrez, R. y Sánchez, O. 2001. Relación lluvia de polen-vegetación en selvas de Quintana Roo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **69**: 31-38
- Islebe, G. A. y Sánchez, O. 2002. Palynological evidence of Late Holocene drought in southeastern Mexico. *Plant Ecology* **160**: 187-192.
- Leyden, B., Brenner, M. y Dahlin, B. 1998. Cultural and climatic History of Cobá, a Lowland maya City in Quintana Roo, Mexico. *Quaternary Research* **49**: 111-122.
- Lozano-García, S. 1984. Interpretaciones sobre la lluvia de polen en la región de San Luis Potosí, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **46**: 53-74.
- Lozano-García, S., Ortega, B., Caballero, M. y Urrutia, J. 1993. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of Chalco Lake, Central Mexico. *Quaternary Research* **40**: 332-342.
- Lozano-García, S. y Ortega-Guerrero, B. 1994. Palynological and magnetic susceptibility records at Lake Chalco, Central Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **109**: 177-191.
- Lozano-García, S. y Ortega-Guerrero, B. 1998. Late environmental changes of the central part of the Basin of Mexico, correlation between Texcoco and Chalco basins. *Review of Palaeobotany and Palynology* **99**: 77-93.
- Ludlow-Wiechers, B y Diego-Pérez, N. 2002. Utilidad e importancia histórica y cultural de las Cyperaceae. *Etnobiología* **2**: 90-102.
- Ludlow-Wiechers, B., Almeida-Leñero, L y Sugiura, Y. 2003. Palinomorfos del Holoceno en la cuenca alta del río Lerma, estado de México, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **72**: 59-105.
- Luna-Vega, I., Almeida-Leñero, L., Llorente-Bousquets, J. 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del bosque mesófilo de montaña de las cañadas de Ocuilán, estados de Morelos y México. *Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* **59**: 63-97.
- Macías, J. L., García, A., Arce, J. L., Siebe, C., Espindola, J. M. Komorowski, J. C. y Scott, K. 1997. Late Pleistocene-Holocene Cataclysmic Eruptions at Nevado de Toluca and Jocotitlan volcanoes, Central México. Field Guide. Excursión No. 14. *I.A.V.C.E.I.*

- Plenary Assembly*. Puerto Vallarta, Jalisco, México. January 28th to February 1st. 1997.
- Martínez, M. y Matuda, E. 1979. *Flora del estado de México*. Edición facsimilar de los fascículos publicados en los años 1953 a 1972. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. Tomos I, II y III.
- Mehring, P., y Wigand, P. E. 1990. Comparison of Late Holocene environments from woodrat middens and pollen: Diamond Craters, Oregon. **En:** Betancourt, L. J. Van Devender, R. T. y Martin, S. P. (eds). *Packrat Middens. The last 40,000 years of biotic change*. Univ. Arizona Press Tucson. p. 294-325.
- Metcalf, S., Street-Perrott, F. A., Perrott, R. A. y Harkness, D. D. 1991. Palaeolimnology of the Upper Lerma Basin, Central Mexico: a record of climatic change and anthropogenic disturbance since 11,600 yr BP. *Journal of Palaeolimnology* 5: 197-218.
- Metcalf, S., Street-Perrott, F. A., O'Hara, S. L., Hales, P. E. y Perrott, R. A. 1994. The Palaeolimnological Record of Environmental change: Examples from the arid frontier of Mesoamerica. **En:** Millington, A. C. y Pye, P. (eds). *Environmental change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological Perspectives*. Wiley & Sons Ltd. Colchester, UK. p. 131-145.
- Mirambell, L. 1985. Restos culturales en horizontes pleistocénicos. **En:** J. L. Lorenzo y Mirambell, L. (eds). *Tlapacoya: 35,000 años de historia del lago de Chalco*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Prehistoria. p. 207-217.
- Montúfar, A. 1985. Lluvia de polen en bromelias, musgos y suelo superficial en los alrededores de Santa Marta Ocozocoautla, Chiapas. **En:** Montúfar A. (ed). Estudios palinológicos y paleobotánicos. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección científica Arqueología. p. 85-100.
- Newton, A. y Metcalf, S. 1999. Tephrochronology of the Toluca Basin, central Mexico. *Quaternary Science Reviews* 18: 1039-1059.
- Niederberger, C. 1979. Early Sedentary Economy in the Basin of México. *Science* 203: 132-142.

- Novelo-Retana, A. y Gallegos, M. M. 1988. Estudio de la flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. *Biótica* 13: 121-139.
- Ohngemach, D. 1977. Pollen sequence of the Tlaloqua crater (La Malinche volcano, Tlaxcala, Mexico). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 36: 33-40
- Ohngemach, D. y Straka, H. 1983. *Contribuciones para la historia de la vegetación y del clima en la región de Puebla-Tlaxcala*. Frans Steeiner Verlag. Wiesbaden, Alemania.
- Osorio, M. L. 1984. *Flora y vegetación de la parte superior de la sierra de Monte Alto en el Valle de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 109 pp.
- Palacios-Chávez, R. 1977. Lluvia de polen moderno en diferentes habitats del Valle de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 36: 45-69
- Ramírez-Cantú, D. y Herrera, T. 1954. Contribución al conocimiento de la vegetación de Lerma y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 25: 65-95.
- Ramos-Ventura, L. J. 2000. *Estudio de la flora y la vegetación acuáticas vasculares de la Cuenca Alta del Río Lerma, en el estado de México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 151 pp.
- Ramos-Ventura, L. J., y Novelo-Retana, A. 1993. Vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botánica Mexicana* 25: 61-79.
- Rioja, E. y Herrera, S. T. 1951. Ensayo ecológico sobre el Limnobia de Lerma y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 22: 565-591.
- Rodríguez-Jiménez, C. 1967. *Estudio ecológico de las malas hierbas del Valle de Toluca, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 85 pp.
- Romero-Rangel, S. 1993. *El género Quercus (Fagaceae) en el estado de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 151 pp.
- Romero-Quiroz, J. 1987. *Santiago Tianguistenco*. Gobierno del estado de México. México.

- Rosenmeier, M., Hodell, D. A, Brenner, M., Curtis, J. H. 2002. A 4,000 year Lacustrine Record of Environmental Change in the Southern Maya Lowlands, Petén, Guatemala. *Quaternary Research* **57**: 183-190.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Sánchez-Rubio, G. 1978. Notas sobre la volcanología cenozoica de la región entre Temascaltepec y la Marquesa. Edo. de México. Libro Guía de la Excursión Geológica de Tierra Caliente. Estados de Guerrero y México, México. *Sociedad Geológica Mexicana* 26-32.
- Sears, P. B. 1955. Palynology in southern North America. Introduction. *Bulletin of the Geological Society of America* **66**: 471-474.
- Sears, P. B. y Clisby, C. 1955. Palynology in southern North America. IV: Pleistocene climate in Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America* **66**: 521-530.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1983. *Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de México*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 143 pp. y anexos.
- Silva, L. C., Romero, F. J., Velázquez, A. y Almeida-Leñero, L. 1999. La vegetación de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. **En:** Velázquez, A. y Romero, F. J. *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico*. UAM-Secretaría del medio Ambiente. D. F. México. p. 65-92.
- Spiegel, M. R. 1969. Estadística. Schaum. McGraw-Hill. Colombia. 357 pp.
- Straka, H., y Ohngemach, O. 1989. Late Quaternary vegetation history of the Mexican highland. *Plant Systematics and Evolution* **162**: 115-132.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McComarc, F. G., Van der Plicht, J., y Spurk, M. 1998. INTCAL98¹⁴C Radiocarbon age calibration 24,000-0 BP. *Radiocarbon* **40**: 1041-1083.
- Sugiura, Y. y McClung de Tapia E. 1988. Algunas consideraciones sobre el uso prehispánico de recursos vegetales en la cuenca del Alto Lerma. *Anales de Antropología* **25**: 111-125.

- Toledo, V. M. 1976. *Los cambios climáticos del Pleistoceno y sus efectos sobre la vegetación tropical cálida y húmeda de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 74 pp.
- Tovar, R. C., 1987. *Lluvia de polen en el volcán Popocatepétl: un estudio a lo largo de un transecto altitudinal*. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. D. F. 75 pp.
- Van Devender, R.T. 1990a. Late Quaternary Vegetation and Climate of the Chihuahuan Desert, United States and Mexico. Chapter 7. **En:** Betancourt, L. J., Van Devender, R. T. y Martin, S. P. (eds). *Packrat Middens. The last 40,000 years of biotic change*. Univ. Arizona Press Tucson. p. 104-133
- Van Devender, R.T. 1990b. Late Quaternary Vegetation and Climate of the Sonoran Desert, United States and Mexico. Chapter 8. **En:** Betancourt, L. J., Van Devender, R. T. y Martin, S. P. (eds). *Packrat Middens. The last 40,000 years of biotic change*. Univ. Arizona Press Tucson. p. 134-165.
- Van der Hammen, T. 1992. Cambios de la vegetación y clima en la Amazonia. En Van der Hammen, t. (ed). *Historia, Ecología y Vegetación*. Corporación Colombiana para la Amazonia, "Araracuara". Corporación Araracuara. Colombia. 411 p.
- Van der Hammen, T. 1995. Global Change, Biodiversity, and Conservation of Neotropical Montane Forests. **En:** Churchill, S. T. *et al.* (eds). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*, p. 603-607.
- Vázquez-Selem, L. 1997. Late Quaternary Glaciation of Teyotl Volcano, Central Mexico. *Quaternary International* **43/44**: 67-73.
- Vázquez-Selem, L. 2001. Historia Glacial del Volcán Iztaccíhuatl: Cronología del cambio climático en el centro de México. *XV Congreso Nacional de Botánica*. 14-19 de octubre. Queretaro, Qro.
- Vela-Gálvez, L., Boyás-Delgado, J., Hernández Reyna, A., Mancera-Orozco, A. y Rodríguez-Ángeles, A. 1976. El Nevado de Toluca. *Ciencia Forestal* **1 (4)**: 53-61.
- Villalpando, O. K. 1968. *Algunos aspectos ecológicos del Volcán Nevado de Toluca*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 36 pp.

- Watts, W.A. y Bradbury, J. P. 1982. Paleocological studies at lake Patzcuaro on the West Central Mexican plateau and at Chalco in the basin of Mexico. *Quaternary Research* 17: 56-70.
- White, S. E. 1987. Quaternary glacial stratigraphy and chronology of Mexico. En: Quaternary Glaciation in the Northern Hemisphere. *Quaternary Science Reviews* 5: 201-205.
- White, S. E. y Valastro, S. 1984. Pleistocene Glaciation of Volcano Ajusco, Central Mexico, and comparison with the Standard Mexican Glacial Sequence. *Quaternary Research* 21: 21-35.
- Xelhuantzi-López, S. 1989. *Estudios polínicos sobre el clima del Cuaternario en México*. Cuaderno de Trabajo No. 41. INAH. 30 pp.
- Xelhuantzi-López, S. 1994. Determinación palinológica del paleoambiente Holocénico en la parte norte del Estado de Michoacán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 54: 251-265.
- Xelhuantzi-López, S. 1995. Palynologie et paléoenvironnement du bassin de Zacapu, Michoacán. Mexique, depuis 8,000 ans. *Geofísica Internacional* 34(2): 239-248.

PALINOMORFOS DEL HOLOCENO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

BEATRIZ LUDLOW-WIECHERS¹, LUCÍA ALMEIDA-LEÑERO¹ Y YOKO SUGIURA²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 04510, D.F. Tel 5622-4920. Fax 5622-4828. correo-e: blw@hp.fcencias.unam.mx, la11@hp.fcencias.unam.mx

² Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 04510, D.F. Tel. 5622-9509. Fax 5665-2959, correo-e: yokos@servidor.unam.mx

Resumen: En los sedimentos de la laguna de Chignahuapan, Estado de México, México, se identificaron 96 palinomorfos. Se encontraron 8 taxa correspondientes a algas, un género y una familia tanto para Equisetopsida como para Lycopodiopsida, y 6 familias con 10 géneros para Polypodiopsida. Las Pinophyta estuvieron representadas por tres familias con tres géneros, las Liliopsida por 10 familias y 13 géneros, y las Magnoliopsida por 44 familias con 50 géneros. En los bosques templados cercanos a la Laguna de Chignahuapan sobresalen los siguientes taxa: *Abies*, *Alnus*, *Pinus*, *Quercus* y *Salix*. Entre los elementos de la vegetación acuática y subacuática se presentan: *Cyperus*, *Luzula*, *Myriophyllum*, *Typha* y *Schoenoplectus*. La actividad del hombre se infiere por la presencia de *Zea mays* y Cucurbitaceae.

Palabras clave: paleoecología, Holoceno, laguna, cuenca del río Lerma, México.

Abstract: In sediments from Chignahuapan Lake, State of Mexico, Mexico, 96 palynomorphs were identified. Eight taxa were found for algae, one family with one genus both for Equisetopsida and Lycopodiopsida, and 6 families with 10 genera for Polypodiopsida. Pinophyta were represented by 3 families and 3 genera, Liliopsida by 10 families and 13 genera, and Magnoliopsida by 44 families and 50 genera. The temperate forest surrounding Chignahuapan lake included components such as *Abies*, *Alnus*, *Pinus*, *Quercus* and *Salix*; aquatic and subaquatic vegetation components such as *Cyperus*, *Luzula*, *Myriophyllum*, *Typha* and *Schoenoplectus* were also present. Human activity was inferred from the occurrence of *Zea mays* and Cucurbitaceae.

Key words: paleoecology, Holocene, Lake, Lerma Basin, Mexico.

Las investigaciones palinológicas permiten reconocer la evolución, la adaptación, la migración y la extinción de las especies vegetales, así como su biodiversidad actual y pasada, eventos estrechamente relacionados con los cambios climáticos (Van der Hammen, 1995). En México, este tipo de estudios se han realizado fundamentalmente en el Eje Volcánico Transmexicano (EVT) y en el sureste de México; éste último, junto con Centroamérica, conforman la región Caribe.

Los estudios paleoambientales en el EVT se inician con Bradbury (1970, 1971) y continúan con Heine (1973), Ohngemach y Straka (1978), González-Quintero y Fuentes-Mata (1980), González-Quintero (1981, 1986) y Watts y Bradbury (1982), y más adelante con los de Bradbury (1986), Flores-Díaz (1986), Straka y Ohngemach (1989), Xelhuantzi-López (1989, 1994, 1995), Metcalfe *et al.* (1991), Lozano-García *et al.* (1993), Lozano-García y Ortega-Guerrero (1994), Almeida-Leñero (1997) y Goman y Byrne (1998).

Entre los estudios paleoambientales en el sureste de México cabe destacar los de Hodell *et al.* (1995), de Curtis *et al.* (1996) y de Islebe *et al.* (1996).

Las ciénegas y lagos han constituido el medio insustituible para el desarrollo de poblaciones humanas. Los asentamientos más antiguos en las zonas lacustres para la cuenca de México están fechados con una antigüedad de 24.000 años AP (Mirambell, 1985). La cuenca alta del río Lerma (CAL) se caracteriza por la presencia de lagunas, actualmente desecadas o convertidas en ciénegas. La importancia de esta área fue advertida desde los tiempos de los cronistas (García-Quintana y López-Austin, 1989). Sugiura y McClung-de Tapia (1988) detectaron asentamientos antiguos para la zona de Metepec y Santa Cruz Azcapotzaltongo, del período Formativo, afirmando que la CAL fue la antigua morada de los Matlatzincas, Otomíes, Mazahuas y Mexicanos.

Esta zona, que en otra época estaba cubierta de bosques y pantanos, actualmente asienta a la ciudad de Toluca. Las obras

de captación del agua potable de manantiales y del subsuelo de las lagunas para abastecer a la ciudad de México han provocado que el área se haya convertido en un conjunto de ciénegas unidas por un canal o colector general del río Lerma (Sugiura *et al.*, 1994).

El objetivo de esta investigación es identificar los palinomorfos presentes en los sedimentos del lago de Chignahuapan, Estado de México, para determinar los taxa que componían la vegetación en los bosques circundantes, en la zona lacustre, así como las plantas que han sido utilizadas por el hombre.

Área de estudio

Localización. El área de estudio forma parte de la cuenca del Alto Lerma, Estado de México. Se encuentra en la porción central de la República Mexicana, como parte del EVT (Macías *et al.*, 1997). La zona estudiada (figura 1) ocupa una pequeña porción en el extremo sur de la cuenca del río Lerma-Chapala-Santiago, Región Hidrológica 12, dentro de la subcuenca Almoloya-Otzolotepec y comprende la ciénega de Almoloya, la cual se encuentra en la mitad oriental de la subcuenca del mismo nombre (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1983).

Geología. Forma parte de un arco continental andesítico cuyo origen se remonta al Terciario. Se compone de grandes

estratos volcánicos entre los que destacan el Nevado de Toluca y otros pequeños volcanes monogenéticos, con lavas de edades entre 8,390 a 40,000 años AP (Bloomfield, 1975).

El volcán Nevado de Toluca tuvo una erupción hace ca. 24,000 años AP; posteriormente, hacia 11,600 años AP sobrevino una segunda erupción violenta que produjo gran cantidad de pómez dacítica conocida como la Tripartita de grano fino o Pómez Toluca Superior (PTS) que probablemente se extendió hacia la Cuenca de México (Bloomfield y Valastro, 1977). Esta capa es la misma encontrada en Tlapacoya con una fecha de 9,920 años AP (Flores-Díaz, 1986).

Arriba de la Tripartita se encuentran suelos lacustres y la tefra de Tres Cruces con una fecha de 8,500 años AP (Newton y Metcalfe, 1999); a los 3,300 años AP se presenta otra tefra (Newton y Metcalfe, 1999).

Hidrología. La Cuenca del Lerma es el vaso lacustre más alto del ETV. El río Lerma nace en Almoloya del Río, atravesando el lecho de la planicie lacustre hacia el norte. El volumen y el caudal son de tal magnitud que el cauce es insuficiente para contenerlo, inundando las zonas cercanas y propiciando la formación de extensas zonas pantanosas y niveles freáticos someros que se filtran hacia la superficie. Éste es el origen de las tres lagunas o ciénegas que se extienden desde Texcalyacac al sur, hasta Tarasquillo al norte (Romero-Quiroz, 1987).

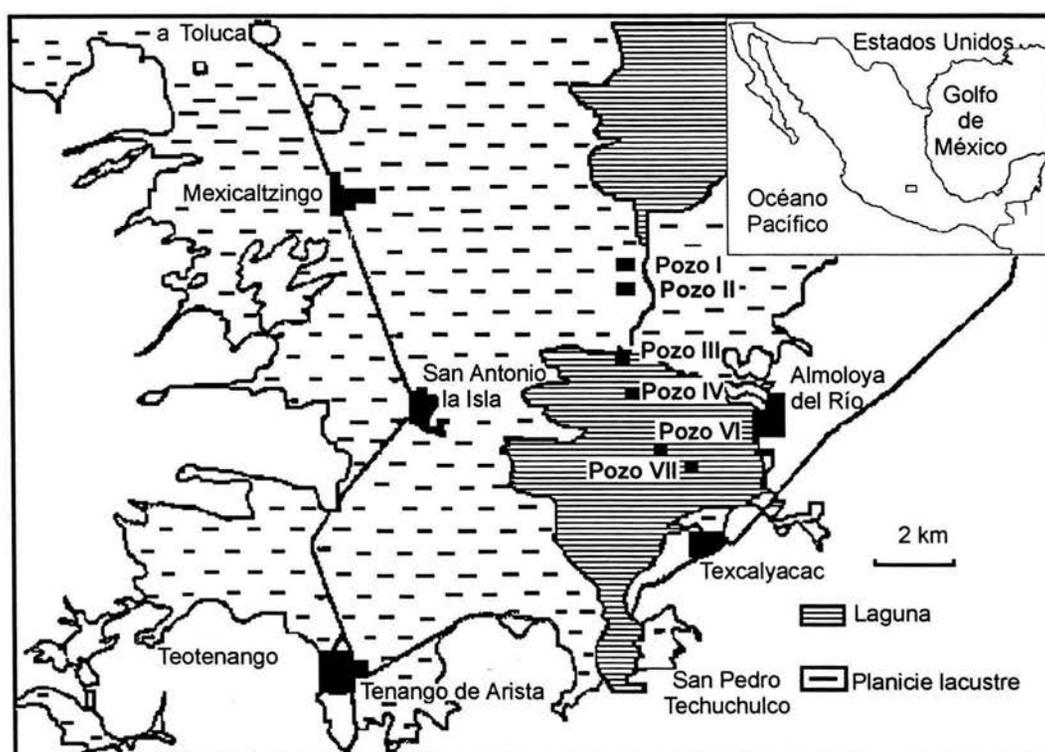


Figura 1. Localización del área de estudio.

La laguna de Chignahuapan tiene 50 km² de superficie; se extiende de Texcalyacac hasta Atenco, Edo. de México. Esta laguna era la más alta de las tres, que en escalones sucesivos descendían hacia el norte; las otras corresponden a las lagunas de Lerma y de Tarasquillo (Romero-Quiroz, 1987).

Climatología. La región de estudio se encuentra cercana a las estaciones climatológicas de Almoloya del Río y Atenco. La primera de ellas se localiza a los 19°10' lat. N y 99°28' long. O, y a una altitud de 2,600 m s.n.m. Tiene un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano Cb(w₂)(w)(i'). La temperatura media anual es de 12°C, fluctuando entre 8.4 y 14.4°C. La precipitación pluvial anual es de 879.3 mm.

La estación Atenco está localizada a los 19°11' lat. N y 99°31' long. O, a una altitud de 2,600 m s.n.m. Tiene un clima templado subhúmedo, Cb(w₀)(w)(i')g. La temperatura media anual es de 15.1°C, fluctuando entre 11.2 y 17.9°C. La precipitación pluvial anual es de 595.9 mm.

Vegetación. En el Estado de México, Martínez y Matuda (1979) realizaron de 1952 a 1957 exploraciones botánicas en todas las regiones del estado.

La vegetación natural en el sur, el sureste y el oeste de la CAL está restringida a formaciones montañosas, donde destacan por su fisonomía los bosques de *Pinus*, *Abies*, *Quercus* y *Pinus-Quercus*, y hacia la planicie lacustre se encuentran los pastizales y la vegetación acuática (Ramos-Ventura, 1999).

Bosque de *Quercus*.- Se han registrado encinares puros con un intervalo altitudinal de 2,400 a 2,600 m s.n.m., especialmente con *Quercus castanea* y *Q. laurina*, que se desarrollan en la parte norte de la cuenca. Al sur y suroeste en la región de Amoloya persisten manchones de encinares que colindan con bosques de *Pinus-Quercus*. Cerca de Texcalyacac existe una mancha de *Q. crassifolia* y *Q. laurina*. En las faldas del Nevado de Toluca los bosques de *Quercus* se encuentran debajo de la línea de los pinares.

Bosque de *Pinus-Quercus*.- Se localizan manchones muy reducidos en el norte y el sur de la cuenca que sugieren una transición.

Bosque de *Pinus*.- Los pinares se localizan al noreste, centro y suroeste de la cuenca. Los más representativos son los del volcán Nevado de Toluca, entre los 2,600 y 2,800 m s.n.m. Estas comunidades están formadas por *Pinus rudis*, mezclándose esporádicamente con especies de los géneros *Arbutus*, *Clethra* y *Quercus* (Ramos-Ventura, 1999). De los 2,800 a los 3,200 m s.n.m. se encuentran *Pinus pseudostrobus* y *P. ayacahuite*. De los 3,000 a 3,200 m s.n.m. predomina *Pinus montezumae*, que puede estar asociado a *P. pseudostrobus* (Sandoval-Basso, 1987). De los 3,500 a los 4,000 m s.n.m. dominan comunidades de *Pinus hartwegii*, que alcanzan el límite inferior de la vegetación alpina (Vela-Gálvez et al., 1976).

Bosque de *Abies*.- Se encuentra en las regiones montañosas del Nevado de Toluca; entre 3,000 y 3,500 m s.n.m. (Vela-Gálvez et al., 1976; Ramos-Ventura, 1999). En algunas zonas las masas puras están reducidas a manchones, principalmente en las laderas norte, oeste y sur.

Vegetación alpina.- Se localiza en el Nevado de Toluca y está formada por dos pisos altitudinales. El primero está presente en todas las vertientes con *Calamagrostis toluensis* entre 4,000 y hasta 4,300 m s.n.m.; el segundo está formado por asociaciones de líquenes y comprende de 4,400 hasta 4,500 m s.n.m. en las laderas norte y sur (Villalpando-Barriga, 1968; González-Trapaga, 1986; Almeida-Leñero, 1997).

Pastizales.- Se desarrollan desde los 2,250 hasta los 4,300 m s.n.m. Los pastizales naturales están constituidos por los géneros *Aristida*, *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Hilaria*, *Lycurus*, *Muhlenbergia*, *Setaria*, *Sporobolus* y *Stipa*. En zonas muy perturbadas se presentan pastizales secundarios o inducidos con *Agrostis*, *Bouteloua*, *Briza*, *Buchloe*, *Cynodon*, *Mulhenbergia* y *Stipa* (Ramos-Ventura, 1999).

Vegetación acuática.- Los trabajos más antiguos para la región son los de Herrera (1951), Rioja y Herrera (1951) y Ramírez-Cantú y Herrera (1954); en ellos se identifican las plantas que componen la vegetación acuática y subacuática, clasificándola en: acuática, litoral, pradera húmeda y ruderal; además, mencionan como componentes desde las algas hasta las fanerógamas, incluyendo especies cultivadas.

La vegetación acuática vascular de la CAL fue estudiada para los diversos cuerpos de agua por Ramos-Ventura (1999); con base en el reconocimiento de formas de vida, este autor registra un total de 90 especies distribuidas en 45 géneros y 31 familias. Las familias con mayor representación son: Cyperaceae, Lemnaceae, Juncaceae, Poaceae y Potamogetonaceae.

Las plantas que más se han cultivado en la planicie lacustre son: *Zea mays* L. (maíz), *Phaseolus vulgaris* L. (frijol) y *Vicia faba* L. (haba introducida); además, se siembran: *Lactuca sativa* L. (lechuga), *Daucus carota* L. (zanahoria), *Allium cepa* L. (cebolla), *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. (coliflor), *Beta vulgaris* var. *rapa* Dum. (betabel), *Solanum tuberosum* L. (papa), *Coriandrum sativum* L. (cilantro), *Medicago sativa* L. (alfalfa), *Cucurbita pepo* L. (calabaza), *Avena fatua* spp. *sativa* (L.) Tell (avena). Como hierbas favorecidas por el hombre están *Amaranthus hybridus* L., *Portulaca oleraceae* L. y *Brassica campestris* L. (Rodríguez-Jiménez, 1967).

Materiales y métodos

Trabajo de campo. Para hacer un reconocimiento de la zona se realizaron recorridos de campo durante noviembre y diciembre de 1993 y enero y abril de 1994. Se definió una línea con dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste de aproximadamente 10.5 km de longitud, a lo largo del cual se excavaron seis pozos, iniciando en el litoral norte y terminando en la parte central de la laguna de Chignahuapan

Cuadro 1. Localización geográfica de los pozos estudiados en la Laguna de Chignahuapan, Edo. de México.

Número de pozo y nombre	Latitud norte	Longitud oeste	Municipio	Localización	Distancia entre pozos (km)	Orientación
Chign. I. Tejocote	19°11'30"	99°31'35"	San Pedro Tlaltzapán	planicie lacustre		NS
Chign. II. Bañito	19°11'06"	99°31'40"	Santa Cruz Atizapán	planicie lacustre	0.75	NS
Chign. III. Tiradero	19°10'15"	99°31'45"	Santa Cruz Atizapán	orilla de laguna	3.7	NO-SE
Chign. IV. Santa Cruz	19°09'57"	99°31'30"	Santa Cruz Atizapán	dentro de laguna	1.4	NO-SE
Chign. VI. Cabeza de negro	19°09'08"	99°30'45"	Santa Cruz Atizapán	dentro de laguna	4.0	NO-SE
Chign. VII. Musaraña	19°08'36"	99°31'15"	Santa Cruz Atizapán	dentro de laguna	2.1	NE-SO

Para el análisis palinológico se tomaron muestras de suelos sobre las paredes de los seis pozos estratigráficos que presentan profundidades variables de 100 a 250 cm aproximadamente; desde los estratos más modernos, hasta encontrar la capa de piedra pómez, conocida como la Tripartita, depositada hace 11,600 años AP (Bloomfield y Valastro, 1977).

En todos los pozos se empezaron a tomar las muestras a partir de los 20 cm, considerando que estas áreas son actualmente zonas de cultivo, por lo que el suelo está removido. Las muestras se colectaron cada 5 cm, se numeraron por profundidad y fueron guardadas en recipientes de plástico estériles, enjuagados con agua destilada. Se organizaron siguiendo la numeración de la colección de palinología depositada en la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Preparación de las muestras. Para el procesamiento de las muestras se tomaron 20 g de sedimento; se agregó ácido clorhídrico al 10% por espacio de 12 a 18 horas para eliminar carbonatos y posteriormente la muestra fue lavada hasta obtener un pH neutro. Para eliminar los silicatos se agregó ácido fluorhídrico al 35% entre 12 y 72 horas. Una vez disueltos los silicatos, se decantó la solución y se agregó agua destilada varias veces hasta neutralizar la muestra. Se agregó KOH al 5% durante 40 min para eliminar ácidos húmicos. El material se lavó varias veces con agua destilada, se centrifugó a 1,500 RPM durante 3 min, se dejó decantar, enseguida se deshidrató dos veces con ácido acético glacial, siempre centrifugando a la misma velocidad y tiempo. Se acetolizaron las muestras con la técnica convencional de Erdtman (1960) y se elaboraron laminillas permanentes mediante el montaje del material en gelatina glicerizada con dimetilsulfóxido.

Identificación de los palinomorfos. Se analizaron 11 transectos en cada laminilla. En cada una de éstas se describieron e identificaron todos los palinomorfos mediante la comparación con la colección palinológica de referencia de la Facultad de Ciencias y con base en trabajos bibliográficos (Punt, 1976; Morbelli, 1977; Nilsson *et al.*, 1977; Bassett *et al.*, 1979; Clarke y Jones, 1980a, 1980b; Engel, 1980; Punt y Monna-Brands, 1980; Cronk y Clarke, 1981; Jones y Clarke, 1981; Punt y Reumer, 1981; Sánchez-Martínez, 1982; Tryon y Tryon, 1982; Ludlow-Wiechers *et al.*, 1983; Blackmore, 1984; Blackmore y Heath, 1984 a, b; Hooghiemstra, 1984; Punt, 1984; Van Benthem *et al.*, 1984; Christensen y Blackmore, 1988; Culhane y Blackmore, 1988; Furness, 1988; Punt y Langewis, 1988; Van Leeuwen *et al.*, 1988; Boss y Punt, 1991; Clarke *et al.*, 1991; Palacios-Chávez *et al.*, 1991; Stafford, 1991; Arreguín *et al.*, 1996; Palacios-Chávez *et al.*, 1996; Olvera, 1997; Arreguín *et al.*, 2001; Ludlow-Wiechers y Palacios-Chávez, 2001).

Para la clasificación de las algas se siguió el criterio de Van den Hoek *et al.* (1995); para Equisetopsida, Lycopodiopsida y Polypodiopsida se siguieron los criterios propuestos para la Flora Mesoamericana por Moran y Riba (1995) y para angiospermas se siguieron los criterios de Cronquist (1981) y Dahlgren *et al.* (1985), respectivamente.

Los palinomorfos fueron fotografiados con un microscopio Olympus CH2E con cámara automática, empleando película Plus X pan; el revelado se hizo con HC-110, y se imprimieron en papel Kodabromide F-3.

Fechamiento de las muestras. Las muestras para datación se tomaron de sedimentos provenientes de las paredes de los pozos, escogiéndose las capas donde se observaba mayor contenido de materia orgánica. Los sedimentos fueron

fechados en el Laboratorio de Prehistoria del INAH, determinándose la actividad de ^{14}C por medio de un espectrómetro de centelleo líquido, de donde se obtuvieron fechas en años radiocarbono. De esta manera se encontró que las muestras más antiguas estuvieron en el Pozo Chign. IV, con un fechamiento de $9,788 \pm 146$ años AP a la profundidad de 142.5-137.5 cm.

Descripciones palinológicas

CHRYSOPHYTA/HETEROKONTOPHYTA

CHRYSOPHYCEAE

- *Chrysophyceae* (Lámina I, figura 1)
Estatocistos de $17 \mu\text{m}$ de diámetro. Pared de $1 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación granulada de $2 \mu\text{m}$ de altura y $2 \mu\text{m}$ de base (Pozo VII, muestra 19).

EUGLENOPHYTA

EUGLENALES

- *Trachelomonas* sp. (Lámina I, figura 2)
Tecas de hemicelulosa. Abertura con cuello (Pozo VII, muestra 19).

CHLOROPHYTA

CHLOROPHYCEAE

CHLOROCOCCALES

- *Botryococcus* sp. (Lámina I, figuras 3 y 4)
Colonias de $25 \mu\text{m}$ de diámetro. Células ovoides con abundante gelatina, formando tetradas (Pozo VII, muestra 38; Pozo IV, muestra 19).
- *Coelastrum* 1 (Lámina I, figura 5)
Cenobios de células esféricas, $<10 \mu\text{m}$. La pared presenta proyecciones polares. Pared $<1 \mu\text{m}$; ornamentación psilada (Pozo VII, muestra 12).
- *Coelastrum* 2 (Lámina I, figura 6)
Cenobios de individuos de $15 \mu\text{m}$ de diámetro. El cenobio compuesto por 16 células, dispuestas en la periferia, con proyecciones de la pared que las unen entre sí. También presentan proyecciones polares (Pozo VII, muestra 27).
- *Oocystis* sp. (Lámina I, figura 7)
Colonias maternas de individuos de $10 \mu\text{m}$ de diámetro. Se observa una pared materna común a las células.

ZYGNEMATALES

- *Pediastrum* sp.
Colonias de 18 células centrales y 16 periféricas, de $105 \mu\text{m}$ de diámetro aproximadamente. Células isodiamétricas, de $20 \mu\text{m}$ de diámetro aproximadamente, las periféricas con proyecciones apiculadas (Pozo VII, muestra 36).

Nota: No existe registro fotográfico.

- *Spyrogira* sp. (Lámina I, figura 8)
Esporas, eje mayor de 85 a $90 \mu\text{m}$, eje menor de $42 \mu\text{m}$. Pared de $1.5 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación lisa (Pozo VII, muestra 17).

- *Chlorophyceae/Xantophyceae/Cyanophyceae* (*?*) (Lámina I, figura 9)
Colonias mucilaginosas, células dispersas sin orden. Vaina común con pigmento. Vaina individual en cada célula (Pozo II, muestra 4).

EQUISETOPSIDA

EQUISETACEAE

- *Equisetum* 1 (Lámina II, figura 10)
Esporas elípticas a triangulares, con el eje ecuatorial mayor de $50 \mu\text{m}$ y el eje ecuatorial menor de $42 \mu\text{m}$. Exina de 3 a $4 \mu\text{m}$ de grosor, sexina de $3 \mu\text{m}$ y nexina de $1 \mu\text{m}$ de espesor; ornamentación puntitegilada. Diporado, los poros en el polo proximal de $6 \mu\text{m}$ de diámetro con anillo de $3 \mu\text{m}$ de ancho (Pozo VI, muestra 46).
- *Equisetum* 2 (Lámina II, figura 11)
Esporas esferoidales, con los ejes de 50 a $55 \mu\text{m}$. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación levemente verrugada. No se observa abertura (Pozo VII, muestra 32).

LYCOPODIOPSIDA

SELAGINELLACEAE

- *Selaginella hoffmannii* Hieron. (Lámina II, figuras 12 y 13)
Microsporas triangulares circulares, eje ecuatorial de $20 \mu\text{m}$, eje polar $22 \mu\text{m}$, sin contar las espinas. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación equinada, espinas de 4 a $5 \mu\text{m}$ de altura y 2 a $3 \mu\text{m}$ de base, muy afiladas. Trilete (Pozo VII, muestra 19).
- *Selaginella rupincola* Underw. (Lámina II, figuras 14 y 15)
Microsporas triangulares lobadas, eje ecuatorial de $27 \mu\text{m}$ de diámetro. Exina de $1 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación rugulada. Trilete, rayos de la abertura casi tan larga como la cara proximal (Pozo VII, muestra 31).
- *Selaginella* sp. (Lámina II, figuras 16 y 17)
Microsporas triangulares circulares, eje ecuatorial de $57 \mu\text{m}$. Exina de 5 a $6 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación equinada, espinas de 4 a $5 \mu\text{m}$ de altura y 2 a $3 \mu\text{m}$ de base. Trilete con margo de $2 \mu\text{m}$ de grosor, un rayo de $25 \mu\text{m}$, los otros dos rayos de $15 \mu\text{m}$ de longitud (Pozo VII, muestra 24).

POLYPODIOPSIDA

CYATHEACEAE

- *Lophosoria quadripinnata* (J.F.Gmel) C.Ch. (Lámina II, figuras 18 y 19)
Esporas triangulares, el eje ecuatorial mayor de $65 \mu\text{m}$, el eje ecuatorial menor de $60 \mu\text{m}$. Exina de 4 a $7 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación con perforaciones de dos tamaños de 1 a $2 \mu\text{m}$ y de 7 a $9 \mu\text{m}$ de diámetro. Trilete, con los radios llegando al ecuador (Pozo VII, muestra 24).

DENNSTAEDTIACEAE

- *Dennstaedtia* sp. (Lámina II, figuras 20 y 21)
Esporas triangulares, eje ecuatorial de $40 \mu\text{m}$, eje polar de $25 \mu\text{m}$. Exina de 1 a $2 \mu\text{m}$ de grosor; ornamentación clavada y equinada. Clavas $2 \mu\text{m}$ de altura y $1 \mu\text{m}$ de base y equinas

de 1 a 2 μm de altura y 1 μm de base, muy afiladas. Trilete, rayos de la abertura llegando al ecuador (Pozo VI, muestra 46).

DRYOPTERIDACEAE

- *Ctenitis* sp. (Lámina III, figuras 22 y 23)
Esporas elípticas, el eje ecuatorial mayor de 44 μm , el eje ecuatorial menor de 34 μm . Exina de 2 a 3 μm de grosor; ornamentación equinada, espinas de 1 a 2.5 μm de altura. Monolete (Pozo VII, muestra 29).
- Dryopteridaceae 1 (Lámina III, figuras 24 y 25)
Esporas elípticas. Eje mayor de 110 a 120 μm , eje menor de 65 a 70 μm . Exina de 2 a 3 μm de grosor; ornamentación reticulada. Monolete (Pozo IV, muestra 23).
- Dryopteridaceae 2 (Lámina III, figuras 26 y 27)
Esporas elípticas, eje mayor de 45 μm , eje menor de 35 μm . Exina de 2 μm de grosor. Perisporio muy desarrollado, de aspecto ondulado a verrugado. Monolete (Pozo VII, muestra 30; pozo II, muestra 3).

PLAGIOGYRIACEAE

- *Plagiogyria semicordata* (C.Presl.) H.Christ (Lámina III, figuras 28 y 29)
Esporas triangulares, el eje ecuatorial mayor de 55 μm , eje ecuatorial menor de 45 μm . Exina de 2 μm de grosor; ornamentación con verrugas de 2 a 5 μm de diámetro y 2 a 3 μm de altura. Trilete, los rayos llegan al ecuador (Pozo VII, muestra 26).

POLYPODIACEAE

- *Campyloneurum angustifolium* (Sw.) Fée (Lámina IV, figuras 30 y 31)
Esporas elípticas, eje mayor de 85 μm , eje menor de 65 μm . Exina de 7 a 9 μm de grosor; ornamentación con verrugas de 5 a 8 μm de diámetro y 2 a 5 μm de altura. Monolete (Pozo VII, muestra 15).
- *Phlebodium araneosum* (M.Martens et Galeotti) Mickel et Beitel (Lámina IV, figura 32)
Esporas elípticas, eje mayor de 63 μm , eje menor de 50 μm . Exina de 6 μm de grosor, sexina de 5 μm y nexina menor de 1 μm de grosor; ornamentación con verrugas irregulares de 5 a 10 μm de diámetro y 3 a 5 μm de altura. Monolete (Pozo VII, muestra 31).
- *Polypodium* 1 (Lámina IV, figuras 33 y 34)
Esporas elípticas, eje mayor de 43 μm , eje menor de 28 μm . Exina de 2 a 3 μm de grosor; ornamentación con verrugas de tamaño variable de 1 a 3 μm de diámetro y 1 a 2 μm de altura. Monolete (Pozo IV, muestra 19).
- *Polypodium* 2 (Lámina IV, figura 35)
Esporas elípticas, el eje mayor y eje menor no se pudieron determinar porque estaba rota la espora. Exina de 4 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación levemente verrugada. Monolete (Pozo VII, muestra 32).
- *Polypodium* 3 (Lámina IV, figura 36)
Esporas elípticas, el eje ecuatorial mayor de 105 μm , el eje ecuatorial menor de 60 μm . Exina de 5 μm de grosor; ornamentación levemente fosulada. Monolete (Pozo VI, muestra 46).

PTERIDACEAE

- *Cheilanthes farinosa* (Forssk.) Kaulf. (Lámina V, figura 37)
Esporas esféricas, el eje ecuatorial de 40 μm . Exina de 4 μm de grosor. Perisporio muy desarrollado, de ornamentación rugulada-gemada. Trilete (Pozo VII, muestra 29).
- *Cheilanthes sinuata* (Lag. ex Sw.) Domin (Lámina V, figuras 38 y 39)
Esporas triangulares, en vista polar el eje ecuatorial de 56 μm . Exina de 3 a 4 μm de grosor; ornamentación microequinada, espinas de 2 μm de altura y 1 μm en la base. Trilete, con labio, de 10 μm de ancho en la parte central y angostándose en los extremos, hasta hacerse ampuliforme (Pozo II, muestra 3).

INDETERMINADAS

- Espora 1 (Lámina V, figura 40)
Espora elíptica, el eje ecuatorial mayor de 60 μm , el eje ecuatorial menor de 45 μm . Exina de 1 μm de grosor; ornamentación levemente areolada. No se observa abertura (Pozo VII, muestra 19).
- Espora monolete 1 (Lámina V, figura 41)
Espora elíptica, el eje ecuatorial mayor de 59 μm , el eje ecuatorial menor de 33 μm . Exina de 2.5 μm de grosor; ornamentación levemente areolada, con escasas granulaciones. Monolete, labio de 1 a 2 μm de grosor (Pozo VII, muestra 30).
- Espora monolete 2 (Lámina V, figuras 42 y 43)
Espora elíptica, el eje ecuatorial mayor de 32 μm , el eje ecuatorial menor de 20 μm . Exina de 1 μm de grosor; ornamentación verrugada. Monolete (Pozo II, muestra 8).
- Espora monolete 3 (Lámina V, figuras 44 y 45)
Espora elíptica, el eje ecuatorial mayor de 25 μm , el eje ecuatorial menor de 15 μm . Exina de 1.5 a 2 μm de grosor; ornamentación microrrugulada. Perisporio de 3 a 4 μm de espesor. Monolete (Pozo VI, muestra 46).
- Espora monolete 4 (Lámina V, figuras 46 y 47)
Espora elíptica, el eje ecuatorial mayor de 65 μm , el eje ecuatorial menor de 34 μm . Exina de 2 μm de grosor. Perisporio equinado, espinas romas. Monolete (Pozo II, muestra 3).
- Espora trilete 1 (Lámina VI, figuras 48 y 49)
Esporas triangulares de 15 μm de diámetro. Exina menor a 1 μm de grosor. Perisporio de 3 μm de espesor. Trilete, rayos de la abertura llegando al ecuador (Pozo VI, muestra 46).
- Espora trilete 2 (Lámina VI, figuras 50 y 51)
Esporas elípticas, eje ecuatorial mayor de 25 μm , eje ecuatorial menor de 20 μm . Exina de 2 μm de grosor; ornamentación levemente microreticulada. Trilete, uno de los radios de la abertura más largo que los otros dos (Pozo II, muestra 7).
- Espora trilete 3 (Lámina VI, figura 52)
Esporas triangulares, eje ecuatorial mayor de 60 μm , eje ecuatorial menor de 50 μm . Exina de 2 a 3 μm de grosor; ornamentación perforada. Perforaciones de 1 a 3 μm de

espesor. Trilete (Pozo VII, muestra 4).

Nota: probablemente se puede asignar a *Lycopodium*.

- Espora trilete 4 (Lámina VI, figura 53)
Esporas triangulares, el eje ecuatorial 45 a 55 μm . Exina de 2 μm de grosor; ornamentación microrreticulada. Trilete, con labio, de 1 μm de ancho, los rayos llegan al ecuador (Pozo VII, muestra 29).
- Nota: L. Quiroz (com. pers.) sugiere que es un grano de polen sincolpado; por otra parte, R. Villanueva (com. pers.) la considera como una probable Sapindaceae.
- Espora trilete 5 (Lámina VI, figura 54)
Esporas elípticas, el eje ecuatorial mayor de 75 μm , el eje ecuatorial menor de 60 μm . Exina de 2 μm de grosor; ornamentación levemente verrugada, verrugas de 2 a 5 μm en la base y 2 a 5 μm de altura. Trilete (Pozo VII, muestra 17).
- Espora trilete 6 (Lámina VI, figura 55)
Esporas triangulares, el eje ecuatorial mayor de 65 μm , el eje ecuatorial menor de 60 μm . Exina de 5 μm de grosor; ornamentación psilada. Trilete con labio de 2 μm de ancho, los radios llegan al ecuador (Pozo VII, muestra 30).

PINOPHYTA

ABIETACEAE

- *Abies* sp. (Lámina VII, figuras 56 y 57)
Granos de polen disacados, generalmente con una constricción entre el cuerpo y los sacos. El cuerpo del grano de 140 μm de largo y 100 μm de ancho. Los sacos aéreos de 80 x 110-110 μm . Exina en la zona dorsal del cuerpo 10 μm , en los extremos 5 μm ; ornamentación escrobiculada en el cuerpo, perreticulada en los sacos aéreos. Monosulcado (Pozo VII, muestra 25).

CUPRESSACEAE/TAXODIACEAE

- CuTaJu (Lámina VII, figura 58)
Granos de polen esféricos, de 27-45 x 22-37 μm de diámetro. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor. No se distingue estratificación de la exina; ornamentación psilada con pequeñas microverrugas aisladas. ¿Inaperturado o monoporado? (Pozo VII, muestra 26).

PINACEAE

- *Pinus* sp. (Lámina VII, figuras 59, 60 y 61)
Granos de polen disacados, generalmente con una constricción entre el cuerpo y los sacos. El cuerpo del grano de 61 μm de altura y 70 μm de longitud. Los sacos aéreos de 60 x 56 μm de diámetro. Exina en la zona dorsal del cuerpo de 3 μm de grosor; sexina de 2 μm y nexina de 1 μm de ancho; ornamentación escrobiculada en el cuerpo, perreticulada en los sacos aéreos. Monosulcado (Pozo VII, muestras 20 y 36).

MAGNOLIOPHYTA

LILIOPSIDA

ALISMATACEAE

- *Sagittaria* sp. (Lámina VIII, figuras 62 y 63)
Granos de polen esféricos, de 35 a 45 μm de diámetro.

Exina de 3 μm de grosor; ornamentación equinada, espinas de 1 a 1.5 μm de altura y 0.8 μm de ancho. No se observaron aberturas (Pozo VII, muestra 22).

BROMELIACEAE

- Bromeliaceae 1 (Lámina VIII, figuras 64 y 65)
Granos de polen elipsoides, 52-60 x 32-40 μm . Exina de 3 μm de grosor, sexina 2 μm , nexina 1 μm ; ornamentación perreticulada, columelas en el retículo, lúmenes de 1 a 3 μm y muros de 1 a 2 μm ; heterobrocado. Monosulcado (Pozo VI, muestra 46).
- Bromeliaceae 2 (Lámina VIII, figuras 66 y 67)
Granos de polen elipsoides, 75-80 x 32 μm . Exina de 3 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; ornamentación perreticulada, lúmenes de 1 a 3 μm de diámetro y muros de 1 μm de ancho, columelas libres en los lúmenes. Monosulcado (Pozo IV, muestra 17).

COMMELINACEAE

- Commelinaceae (Lámina X, figuras 80 y 81)
Granos de polen elípticos, de 35-42 x 25 μm . Exina de 3 a 4 μm de grosor, sexina de 2 a 3 μm y nexina de 1 μm ; intectada pilada, pilas de 2 μm de altura y 2 μm de ancho en la base. Monosulcado, abertura tan larga como el eje ecuatorial mayor (Pozo IV, muestras 20 y 22).

CYPERACEAE

- *Cyperus* 1 (Lámina IX, figuras 68, 69 y 70)
Granos de polen esféricos a piriformes, 30-40 x 30-40 μm . Exina de 1 a 2 μm de grosor; ornamentación puntitegilada a areolada. Periporado, poros mal definidos de ¿5 a 6 poros? Otras veces aberturas lagunares, en número de cuatro (Pozo IV, muestra 47; Pozo VI, muestra 42).

Nota: se observaron varios tipos morfológicos con variaciones en las aberturas, algunas poradas, otras lagunares, por lo que algunos son parecidos a *Carex*, otros a *Cyperus*, pero se prefirió agruparlos en el morfotipo de *Cyperus*, por ser el más semejante.

- *Cyperus* 2 (Lámina IX, figuras 71, 72, 73 y 74)
Granos de polen esféricos a cuadrangulares, 40-50 x 40-50 μm . Exina de 1 a 3 μm de grosor; ornamentación ligeramente verrugada a fuertemente verrugada, otras veces tectada puntitegilada. Monoporado, con tres lagunas muy difíciles de observar, a veces sólo se observan las cuatro lagunas sin poro (Pozo II, muestra 2; Pozo VII, muestra 19).

Nota: se observaron varios tipos morfológicos, algunas poradas, otras lagunares, algunos parecidos a *Eleocharis*, otros a *Cyperus*, pero se prefirió agruparlos en el morfotipo de *Cyperus* por ser el más semejante.

- *Schoenoplectus* 1 (Lámina IX, figuras 75 y 76)
Granos de polen esféricos a cuadrangulares, 60-70 x 40-50 μm . Exina de 1 a 2 μm de grosor; ornamentación ligeramente verrugada a fuertemente verrugada, algunas veces escrobiculada. Monoporado, con tres lagunas muy difíciles de observar, a veces sólo se observan las cuatro lagunas o más, sin poro. Otras veces se observa un poro mal definido (Pozo VII, muestras 19 y 21).

- *Schoenoplectus* 2 (Lámina X, figuras 77, 78 y 79)
Granos de polen piriformes, de 65-75 x 44-48 μm . Exina de 2 μm de grosor; ornamentación escrobiculada. Monoporado, con tres a cuatro lagunas, el poro con gemas de 1 μm de diámetro (Pozo VII, muestra 22; pozo II, muestra 2).

ERIOCAULACEAE

- *Eriocaulon* sp. (Lámina X, figuras 82 y 83)
Granos de polen, elípticos, de 25-35 x 22-27 μm . Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; tectada equinada, espinas triangulares, iguales o menores a 1 μm de altura y 1 μm de base. Abertura espiralada (Pozo VII, muestras 17 y 18).

JUNCACEAE

- aff. *Luzula* sp. (Lámina X, figura 84)
Granos de polen agrupados en tétradas tetrahédricas, de 50 x 40 μm de diámetro. Exina de 1 a 2 μm de grosor, no se diferencia sexina de la nexina; ornamentación puntitegilada. No se observan aberturas (Pozo VII, muestra 16).
- aff. Juncaceae 1 (Lámina X, figura 85)
Granos de polen agrupados en tétradas; no se diferencian claramente las monadas, tétradas esferoidales de 30-37 x 30-35 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina de igual espesor que la nexina; ornamentación puntitegilada. No se observan aberturas, con líneas de dehiscencia (Pozo VII, muestra 17).
- aff. Juncaceae 2 (Lámina X, figura 86)
Granos de polen agrupados en tétradas, no hay diferencia clara entre las monadas, tétradas elípticas a esferoidales de 50 x 48 μm de diámetro. Exina de 1.5 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación de psilada a ligeramente puntitegilada. No se observan aberturas, con líneas de dehiscencia (Pozo VI, muestra 24).

LILIACEAE

- Liliaceae 1 (Lámina XI, figura 87)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 40 a 45 μm , eje ecuatorial menor de 25 a 30 μm en vista polar. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2 μm , nexina de 1 μm ; ornamentación microrreticulada. Monosulcado (Pozo VII, muestra 27).
- Liliaceae 2 (Lámina XI, figuras 88 y 89)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 35 μm , eje ecuatorial menor de 26 μm en vista polar. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada verrugada. Monosulcado (Pozo VII, muestra 14).

POACEAE

- Poaceae 1 (Lámina XI, figura 90)
Granos de polen esferoidales, de 23 x 25-28 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada ligeramente areolada. Monoporado, poro de 2 μm de diámetro, con anillo de 2 μm de ancho (Pozo VI, muestra 46).
- Poaceae 2 (Lámina XI, figura 91)
Granos de polen esferoidales, de 30 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada ligeramente areolada. Monoporado, poro de 2 μm de

diámetro, con anillo de 2 a 5 μm de ancho (Pozo VII, muestra 18).

- Poaceae 3 (Lámina XI, figura 92)
Granos de polen esferoidales, de 40 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada ligeramente areolada. Monoporado, poro de 4 a 5 μm de diámetro, con anillo de 2 a 5 μm de ancho (Pozo VII, muestra 32).
- Poaceae 4 (Lámina XI, figura 93)
Granos de polen esferoidales, de 50 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada ligeramente areolada. Monoporado, poro de 4 μm de diámetro, con anillo de 3 a 4 μm de ancho (Pozo VII, muestra 18).
- Poaceae 5 (Lámina XI, figura 94)
Granos de polen esferoidales, de 60 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada ligeramente escabrada. Monoporado, poro de 4 a 5 μm de diámetro, con anillo de 4 a 6 μm de ancho (Pozo VII, muestra 17).
- Poaceae 6 (Lámina XI, figura 95)
Granos de polen esferoidales, de 80 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada psilada a ligeramente escabrada. Monoporado, poro de 5 a 6 μm de diámetro, con anillo de 3 a 6 μm de ancho (Pozo VII, muestra 17).
- *Zea mays* L. (Lámina XI, figuras 96 y 97)
Granos de polen esferoidales, de 100 x 90 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada ligeramente escabrada. Monoporado, poro muy difícil de observar (Pozo II, muestra 3).

PONTEDERACEAE

- *Heteranthera* 1 (Lámina XII, figura 98)
Granos de polen esféricos, eje ecuatorial mayor de 100 a 120 μm , eje ecuatorial menor de 50 a 72 μm en vista ecuatorial lateral. Exina de 5 a 6 μm de grosor, sexina de 4 a 5 μm y nexina de 1 a 2 μm de espesor; ornamentación intectada verrugada, verrugas de 3 a 10 μm de diámetro, de forma irregular. ¿Disulcado? (Pozo VII, muestra 18).
- *Heteranthera* 2 (Lámina XII, figura 99)
Granos de polen elípticos a elíptico cóncavo-convexos, eje ecuatorial mayor de 50 μm , eje ecuatorial menor de 32 μm en vista polar. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; fuertemente verrugada, verrugas de 1 a 3 μm de diámetro y 1 μm de altura. Disulcado (Pozo VI, muestra 38).
- *Heteranthera* 3 (Lámina XII, figura 100)
Granos de polen elípticos a elíptico cóncavo-convexos, eje ecuatorial mayor de 36 a 40 μm , eje ecuatorial menor de 24 μm en vista polar. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; levemente verrugada. Disulcado (Pozo IV, muestra 19).
- *Heteranthera* 4 (Lámina XII, figura 101)
Granos de polen elípticos a elíptico cóncavo-convexos. Eje

ecuatorial mayor de 24 μm , eje ecuatorial menor de 15 μm . Exina de 1 μm de grosor; clavada, clavadas de 1 μm de altura y 1 μm de base. Disulcado (Pozo VI, muestra 42).

POTAMOGETONACEAE

- *Potamogeton* sp. (Lámina XII, figuras 102 y 103)
Granos de polen, esféricos, 25-30 x 30 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; reticulada, muros menores a 1 μm , lúmenes mayores de 1 μm . Inaperturado (Pozo VII, muestra 26).

THYPHACEAE

- *Thypha* sp. (Lámina XII, figuras 104 y 105)
Granos de polen agrupados en tétradas tetrahédricas y ¿trigonales o cuadrangulares? Se encontraron mónadas de diferente tamaño, 25 x 25 μm y 50 x 55 μm de diámetro. Exina de 2 a 4 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; ornamentación reticulada, muros de 1 μm de ancho y lúmenes de 1 μm de diámetro. Monoporado, poro de 3 a 4 μm de diámetro (Pozo VII, muestras 23 y 32).

Nota: Se presentan dos especies de *Thypha* que se pueden diferenciar por al tamaño de las mónadas.

MAGNOLIOPSIDA

ACANTHACEAE

- Acanthaceae (Lámina XIII, figura 106)
Granos de polen subprolados, eje polar de 30 μm , eje ecuatorial de 25 μm en vista ecuatorial. P/E=1.2. Exina de 1 μm de grosor, no se distinguen sexina y nexina; tectada puntitegilada, superficialmente dividida en bandas separadas por una fisura de más o menos 1 μm . Tricolporado, con margo bandeado de 5 μm de ancho, psilado, llegando hasta los polos; membrana del colpo longitudinal lisa, la endoabertura cubierta por gránulos (Pozo VII, muestra 19).

AMARANTHACEAE

- *Althernantera* sp.
Granos de polen esferoidales, eje polar de 20 μm , eje ecuatorial de 22 μm en vista ecuatorial. P/E=0.9. Exina de 0.5 a 2 μm de grosor, no se distinguen sexina y nexina; tectada microequinada, lofado polihédrico, las bandas de 3 μm de ancho. Periporado, aproximadamente 8 a 12 poros, restringidos a las lagunas (Pozo IV, muestra 6).

Nota: no existe registro fotográfico.

APIACEAE

- *Berula erecta* (Lámina XIII, figuras 107 y 108)
Granos de polen prolados, eje polar de 28 μm , eje ecuatorial de 15 μm en vista ecuatorial. P/E=1.9. Exina de 3 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ligeramente microrreticulada a microestriada. Tricolporado, colpo longitudinal muy largo y angosto, con costa colpi. Endoabertura lalongada de 5 a 6 μm de largo y 2 μm de ancho (Pozo IV, muestra 17).
- *Hydrocotyle* sp. (Lámina XIII, figuras 109, 110 y 111)
Granos de polen prolados, eje polar de 23 μm , eje ecuatorial de 16 μm en vista ecuatorial. P/E=1.4. Exina de 3 μm de

grosor, sexina de 2.5 μm y nexina de 0.5 μm ; ornamentación microrreticulada. Tricolporado, endoabertura lalongada de 4 μm de longitud y 1.5 a 2 μm de ancho. Ectoabertura angosta (Pozo IV, muestra 20).

- Apiaceae 1 (Lámina XIII, figuras 112 y 113)
Granos de polen perprolados, eje polar de 30 μm , eje polar de 14 μm en vista ecuatorial. P/E=2.2. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; microrreticulada. Tricolporado, colpo longitudinal muy largo y ancho, con costa colpi. Endoabertura lalongada de 3 a 5 μm de ancho (Pozo IV, muestra 17).
- Apiaceae 2 (Lámina XIII, figuras 114 y 115)
Granos de polen perprolados, eje polar de 30 μm , eje ecuatorial de 14 μm en vista ecuatorial. P/E=2.2. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; tectada psilada. Tricolporado, colpo longitudinal muy largo y angosto, con costa colpi. Endoabertura de 3 a 5 μm de largo y 5 a 7 de ancho (Pozo IV, muestra 20).
- Apiaceae 3 (Lámina XIII, figura 116)
Granos de polen prolados a perprolados, eje polar de 30 a 40 μm , eje ecuatorial de 18-20 μm en vista ecuatorial; P/E=1.6 a 2.2. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; tectada psilada. Tricolporado, colpo longitudinal muy largo y angosto, sin costa colpi. Endoabertura apiculada, difícil de delimitar (Pozo VII, muestra 26).
- Apiaceae 4 (Lámina XIII, figuras 117 y 118)
Granos de polen prolados, eje polar de 72 μm , eje ecuatorial de 40 μm en vista ecuatorial; P/E=1.8. Exina de 2 μm de grosor, sexina de 1.5 μm y nexina de 0.5 μm de espesor; levemente microrreticulada. Tricolporado, colpo longitudinal muy largo y ancho, sin costa colpi. Endoabertura apiculada, de 3 a 7 μm de ancho (Pozo VII, muestra 32).
- Apiaceae 5 (Lámina XIII, figuras 119 y 120)
Granos de polen prolados, eje polar de 60 μm , eje ecuatorial de 32 μm en vista ecuatorial; P/E=1.9. Exina de 2 μm de grosor, sexina de 1.5 μm y nexina de 0.5 μm de espesor; levemente puntitegilada. Tricolporado, colpo longitudinal muy largo y angosto, con costa colpi (Pozo II, muestra 2).
- Apiaceae 6 (Lámina XIII, figuras 121 y 122)
Granos de polen prolados, eje polar de 50 μm , eje ecuatorial de 30 μm ; P/E=1.6. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación puntitegilada. Tricolporado, endoabertura de 15 μm de longitud, 5 μm de ancho en la parte media y 8 μm en los extremos. Endoabertura angosta, con costa colpi (Pozo IV, muestra 17).

ASTERACEAE

- *Ambrosia* sp. (Lámina XIV, figuras 123 y 124)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 24 μm , eje ecuatorial de 25 μm en vista ecuatorial. P/E=0.96. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2.5 μm y nexina de 0.5 μm de grosor; tectada microequinada. Tricolporado (Pozo II, muestra 6; pozo III, muestra 19).
- Lactuceae (Lámina XIV, figuras 125 y 126)
Granos de polen apolares, esferoidales de 25 a 30 μm de

diámetro. Exina de 6 µm de grosor, sexina de 5 µm y nexina de 2 a 3 µm de espesor, equinolofado, bandas de 4 a 5 µm de ancho, lagunas de 7 µm de diámetro; espinas de 1 a 1.5 µm de altura y 0.5 µm en la bases, largas y afiladas. Porado (Pozo II, muestra 5).

- Asteraceae 1 (Lámina XIV, figura 127)
Granos de polen suboblatos, eje polar de 20 a 25 µm, eje ecuatorial de 27 a 30 µm de diámetro; P/E=0.78. Exina de 4 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada equinada, espinas de 3 a 4 µm de altura y 3 µm en la base. Tricolporado (Pozo VII, muestra 18).
- Asteraceae 2 (Lámina XIV, figuras 128 y 129)
Granos de polen esferoidales, de 30 a 35 µm de diámetro en vista polar. Exina de 4 a 5 µm de grosor, sexina de 3 a 4 µm y nexina de 1 µm de grosor; tectada equinada, espinas de 2 µm de altura y 5 µm en la base. Tricolporado (Pozo VII, muestra 27).
- Asteraceae 3 (Lámina XIV, figuras 130 y 131)
Granos de polen esféricos, eje polar de 30 µm, eje ecuatorial de 30 µm en vista ecuatorial; P/E=1. Exina de 3 µm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada equinada, espinas de 6 µm de altura y 4 µm en la base, largas y afiladas. Tricolporado (Pozo VII, muestra 30).

Nota: Los granos de polen se parecen a los del género *Cosmos*.
aff. BATIDACEAE

- aff. *Batis maritima* L. (Lámina XIV, figuras 132 y 133)
Granos de polen prolados, eje polar de 27 a 30 µm, eje ecuatorial de 20 µm en vista ecuatorial; P/E=1.4 a 1.5. Exina de 1.5 µm de espesor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada. Tricolporado (Pozo VII, muestra 17).

BERBERIDACEAE

- *Berberis* sp. (Lámina XIV, figura 134)
Granos de polen apolares, de forma esferoidal a subesferoidal, de 37 x 44 µm de diámetro. Exina de 3 µm de grosor, no se distinguen la sexina y la nexina; tectada psilada. Colpado, el colpo espiralado; difícil de definir si son varios colpos unidos o uno solo (Pozo IV, muestra 22).

BETULACEAE

- *Alnus* 1 (Lámina XV, figura 135)
Granos de polen pentagonales, de 25 x 27 µm de diámetro en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada a levemente rugulada. Arcos presentes. Pentaporado (algunas veces cuatro poros), poro de 2 a 3 µm de diámetro, con anillo de 2 a 2.5 µm de ancho (Pozo V, muestra 46).
- *Alnus* 2 (Lámina XV, figura 136)
Granos de polen pentagonales, de 35 x 40 µm de diámetro en vista ecuatorial. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada a levemente rugulada. Arcos presentes. Pentaporado (algunas veces cuatro poros), poro de 2 a 3 µm de diámetro, con anillo de 2 a 2.5 µm de ancho (Pozo VII, muestra 17).
- *Alnus* 3 (Lámina XV, figura 137)
Granos de polen triangulares, de 30 x 33 µm de diámetro

en vista polar. Exina de 3 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada a levemente rugulada. Arcos presentes. Triporado, poro de 4 µm de diámetro, con anillo de 2 a 2.5 µm de ancho (Pozo VII, muestra 32).

BORAGINACEAE

- *Lithospermum* sp. (Lámina XV, figuras 138 y 139)
Granos de polen esferoidales, de 10 x 12 µm de diámetro en vista polar. Exina de 1 µm de espesor, sexina y nexina no se diferencian; tectada psilada. Tricolporado (Pozo VII, muestra 17).

BRASSICACEAE

- *Rorippa* sp. (Lámina XV, figuras 140, 141, 142, 143 y 144)
Granos de polen oblatos a suboblatos, eje polar de 20 a 25 µm, eje ecuatorial de 30 a 32 µm en vista ecuatorial; P/E=0.66 a 0.8. Vista polar circular, de 20 µm de diámetro. Exina de 2.5 a 4 µm de grosor, sexina de 2 a 3 µm y nexina de 0.5 a 1 µm de espesor; semitectada, reticulada, muros y lúmenes de 1 µm aproximadamente. Tricolporado (Pozo VII, muestras 26 y 30).

BURSERACEAE

- *Bursera* sp. (Lámina XV, figuras 145 y 146)
Granos de polen circulares, de 33 µm de diámetro en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación estriada reticulada. Triporado, poros aspidados, ápide de 2 a 4 µm de altura (Pozo VI, muestra 24).

CACTACEAE

- *Helicocereus* sp. (Lámina XVI, figuras 147, 148 y 149)
Granos de polen cuadrangulares, de 43 x 42 µm. Exina de 2 µm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación microequinada o puntitegilada. Pericolpado, probablemente ocho colpos arreglados geoméricamente (Pozo VII, muestra 19).

CARYOPHYLLACEAE

- *Arenaria* sp. (Lámina XVI, figura 150)
Granos de polen apolares, esferoidales, de 35 µm de diámetro. Exina de 3 µm de grosor, sexina más gruesa que nexina; microreticulada. Periporado, de cuatro a seis poros en vista superficial, aproximadamente 12 poros en total; poros de 4 a 5 µm de diámetro (Pozo VII, muestra 29).

CUCURBITACEAE

- *Cucurbita* 1 (Lámina XVI, figura 151)
Granos de polen, apolares, esferoidales, de 80 x 70-75 µm de diámetro. Exina de 2 µm de grosor, no se diferencian la sexina y la nexina; ¿intectada?, equinada, también equinulado; espinas de 5 a 7 µm de altura y 3 µm en la base, algunas ligeramente constreñidas en la base o insertas en el tectum. Terminaciones romas. No se observaron aberturas (Pozo II, muestra 4).
- *Cucurbita* 2 (Lámina XVI, figura 152)
Granos de polen apolares, esferoidales a triangulares, de 75 x 65 µm de diámetro. Exina de 2 a 3 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ¿intectada?, equinada, también equinulado; espinas de 2 a 3 µm de altura y 2 µm

de ancho, terminaciones romas; espinas caedizas. No se observaron aberturas (Pozo II, muestra 3).

CHENOPODIACEAE-AMARANTHACEAE

- *Cheno-Am 1* (Lámina XVI, figura 153)
Granos de polen apolares, esferoidales, de 25 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; puntitegilada. Periporado, 20 a 30 poros en vista superficial, en total 40 a 60 poros. Poros aproximadamente de 2 a 3 μm de diámetro (Pozo VII, muestra 30).
- *Cheno-Am 2* (Lámina XVI, figura 154)
Granos de polen apolares, esferoidales, de 40 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; puntitegilada. Periporado, 40 a 50 poros en vista superficial, en total 80 a 100 poros. Poros aproximadamente de 2 a 3 μm de diámetro (Pozo VII, muestra 32).

CONVOLVULACEAE

- *Convolvulaceae* (Lámina XVII, figuras 155 y 156)
Granos de polen esferoidales, de 50 a 54 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada, verrugada. Tricolpado o estefanocolpado. Colpos angostos, de 25 a 30 μm de longitud (Pozo VII, muestra 23).

FAGACEAE

- *Quercus* sp. (Lámina XVII, figuras 157, 158 y 159)
Granos de polen suboblados a esferoidales, eje polar de 27 a 36, eje ecuatorial de 37 a 40 μm en vista ecuatorial; P/E=0.72 a 0.9. Vista polar de 30-32 μm de diámetro, circular. Exina de 2 a 4 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada verrugada a fuertemente verrugada. Tricolpado o tricolporoidado (Pozo VII, muestra 17).

Nota: Probablemente se incluyan varias especies de *Quercus* que no fue posible separar.

HALORAGACEAE

- *Myriophyllum 1* (Lámina XVII, figuras 160, 161 y 162)
Granos de polen suboblados, eje polar de 27 a 30 μm , eje ecuatorial de 33 de 37 μm en vista ecuatorial; P/E=0.8. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada a ligeramente puntitegilada. Periporado, con número variable de poros de 4 a 7, no distribuidos regularmente sobre el ecuador, algunas veces, alguno de ellos ligeramente desplazado hacia los polos; poro de 2 a 5 μm de diámetro con anillo de 2 a 4 μm de ancho; poro aspidado, protudente de 4 a 5 μm de altura (Pozo VII, muestra 24).
- *Myriophyllum 2* (Lámina XVII, figura 163)
Granos de polen suboblados, eje polar de 40 μm , eje ecuatorial de 46 μm en vista ecuatorial; P/E=0.8. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada a ligeramente puntitegilada. Periporado, con número variable de poros de 4 a 7, no distribuidos regularmente sobre el ecuador, algunas veces, alguno de ellos ligeramente desplazado hacia los polos. Poro de 3 a 5 μm de diámetro con anillo de 3 a 4 μm de ancho. Poro aspidado, protudente de 4 a 5 m de altura (Pozo VII, muestra 16).

HAMAMELIDACEAE

- *Liquidambar* sp. (Lámina XVII, figura 164)
Granos de polen apolares, esferoidales, de 25-27 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada, puntitegilada. Periporado, de 5 a 6 poros en vista superficial, aproximadamente 10 a 12 poros en total; poros de 4 a 5 μm de diámetro; poros semicirculares, con fisuras y escabras (Pozo VII, muestra 27).

JUGLANDACEAE

- aff. *Carya* sp. (Lámina XVII, figuras 165 y 166)
Granos de polen subsopulares, suboblados a esferoidales, eje polar de 35 a 40 μm , eje ecuatorial de 35 a 47 μm de diámetro; P/E=0.8 a 1. Exina de 1 μm de grosor, no se distinguen la sexina y la exina; tectada, psilada a ligeramente escrobiculada. Triporado, poros de 3 a 4 μm de diámetro, desplazados hacia uno de los polos (Pozo IV, muestra 25).
- *Juglans* sp. (Lámina XVIII, figuras 167, 168 y 169)
Granos de polen apolares, de 40 a 45 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, nexina ligeramente más gruesa que la sexina; tectada ligeramente escrobiculada. Periporado, 10 poros en vista superficial, probablemente 20 en total, ligeramente aspidados; poros de 2 μm de diámetro, con anillo de 2 μm de ancho (Pozo VII, muestra 15).

LAMIACEAE

- *Lamiaceae* (Lámina XVIII, figuras 170 y 171)
Granos de polen lobados, de 17 μm de diámetro en vista polar. Exina de 1.5 μm de grosor, sexina de 1 μm y nexina de 0.5 μm de espesor; microrreticulada. Hexacolpado (Pozo IV, muestra 19).

LEGUMINOSAE

- *Cassia 1* (Lámina XVIII, figuras 172 y 173)
Granos de polen prolados, eje polar de 27 μm , eje ecuatorial de 20 μm en vista ecuatorial. P/E=1.35. Exina de 2 μm , sexina y nexina no se distinguen; tectada perforada. Tricolpado (Pozo IV, muestra 20).
- *Cassia 2* (Lámina XVIII, figuras 174 y 175)
Granos de polen prolados, eje polar de 45 μm , eje ecuatorial de 30 μm en vista ecuatorial; P/E=1.5. Exina de 2 μm , sexina más gruesa que nexina; microrreticulada. Tricolpado, con margo de 1 a 2 μm de ancho (Pozo IV, muestra 20).
- *Mimosa* sp. (Lámina XVIII, figura 176)
Poliadas de ocho granos de polen, unidas en dos pares de tetradas rotadas. Mónadas de 10 μm de longitud y 5 μm de ancho. Exina 1 μm de espesor, no se distinguen sexina y nexina; tectada, psilada. No se observan aberturas (Pozo IV, muestra 19).

LENTIBULARIACEAE

- aff. *Utricularia 1* (Lámina XVIII, figura 177)
Granos de polen prolados, eje polar de 29 μm , eje ecuatorial de 20 μm en vista ecuatorial; P/E=1.5. Exina 1 μm de espesor, no se distinguen sexina y nexina; ¿microgemada o puntitegilada? Heptacolpado (probablemente con una endoabertura incipiente) (Pozo II, muestra 2).

- *Utricularia* 2

Granos de polen prolados, eje polar de 50 µm, eje ecuatorial de 33 µm en vista ecuatorial; P/E=1.5. Exina 3.5 µm de espesor, sexina de 2.5 µm y nexina de 1 µm de espesor; microrreticulada. Colporado, 10 a 12 colpos en el ecuador. Endoabertura 5 µm de altura (Pozo IV, muestra 13).

Nota: no hay registro fotográfico.

LORANTHACEAE

- *Arceuthobium* sp. (Lámina XVIII, figuras 178 y 179)

Granos de polen circulares. Vista polar, el eje ecuatorial de 25 a 30 µm. Exina de 1 a 2 µm de grosor, sexina y nexina no se distinguen; tectada equinada, espinas de 5 µm de altura y 2 a 3 µm en la base, afiladas. Tricolpado, con pseudocolpos alternando con los colpos (Pozo VII, muestra 24).

MALPIGHIACEAE

- Malpighiaceae (Lámina XIX, figuras 180 y 181)

Granos de polen apolares, esféricos de 40 µm de diámetro. Exina de 2 a 3 µm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación escrobiculada. Pericolporado, colpos vestigiales, muy delgados, probablemente fusionándose entre sí; sólo se observa un poro en vista superficial de 4 µm de diámetro (Pozo VII, muestra 26).

MALVACEAE

- Malvaceae 1 (Lámina XIX, figuras 182, 183, 184 y 185)

Granos de polen subsferoidales a esféricos, eje polar de 42 a 50 µm, eje ecuatorial de 45 a 50 µm de diámetro en vista ecuatorial, sin contar las espinas; P/E=0.9 a 1. Exina de 4 a 5 µm, sexina de 3 a 4 µm y nexina de 1 µm de espesor; tectada equinada, puntitegilada. Espinas de 4 a 7 µm de altura y 5 a 8 µm de base, terminaciones de las espinas romas. Tricolpado (Pozo VII, muestras 16 y 26).

- Malvaceae 2 (Lámina XIX, figuras 186 y 187)

Granos de polen subprolados, eje polar de 41 µm, eje ecuatorial de 34 µm en vista ecuatorial. P/E=1.2. Exina de 2.5 µm de grosor, sexina de 2 µm y nexina de 0.5 µm de espesor, sin contar las espinas; tectada equinada, espinas de 3 a 5 µm de altura y 3 µm en la base. Tricolpado (Pozo IV, muestra 23).

MENYANTHACEAE

- *Nymphoides fallax* Ornduff (Lámina XIX, figura 188)

Granos de polen triangulares, de 40 a 47 µm de diámetro en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada microgemada. Parasincolpado (Pozo VII, muestra 26).

MYRICACEAE

- *Myrica* sp. (Lámina XIX, figura 189)

Granos de polen semiangulares, de 15 a 17 µm de diámetro en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación psilada. Triporado, poro de 3 µm de diámetro, ligeramente aspidado (Pozo VI, muestra 46).

NYMPHAEACEAE

- *Nuphar* sp. (Lámina XX, figuras 190 y 191)

Granos de polen elípticos, el eje ecuatorial mayor de 38 a 55 µm, el eje ecuatorial menor de 20 a 38 µm en vista

polar, sin contar las espinas. Exina de 3 µm de grosor, sexina de 2 µm, nexina de 1 µm de espesor; intectada equinada, espinas de 5 µm de altura, y 2 µm de base, algunas de terminaciones romas y otras afiladas. Espinas caedizas. Monosulcado, sulco tan largo como el eje ecuatorial mayor (Pozo VII, muestras 17 y 29).

- *Nymphaea ampla* (Salisb.) DC. (Lámina XX, figuras 192, 193 y 194)

Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 55 a 62 µm, eje ecuatorial menor de 27 a 54 µm en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada levemente fosulada a ligeramente verrugada. Zonisulcado. Algunas veces los granos de polen se rompen y se abren por la abertura quedando dos partes (Pozo VI, muestra 46; pozo VII, muestra 23).

- aff. *Nymphaea mexicana* Zucc. (Lámina XX, figura 195)

Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 50 a 55 µm, eje ecuatorial menor de 45 a 50 µm en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; intectada, gemada equinada, gemas de tamaño variable, espinas de 4 µm de altura y 1 µm en la base. Zonisulcado (Pozo II, muestra 5).

OLEACEAE

- *Fraxinus* sp. (Lámina XX, figuras 196 y 197)

Granos de polen esferoidales, de 25-27 x 25-30 µm en vista ecuatorial lateral. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; microrreticulada. Tetracolpado. Distancia entre los colpos de 15 a 17 µm (Pozo VII, muestra 23).

ONAGRACEAE

- *Ludwigia* sp. (Lámina XX, figura 198)

Tetradas tetrahédricas de 80 x 100 µm. Mónadas de 40 x 50 µm. Exina de 3 µm de ancho, sexina y nexina de igual espesor; tectada escabrosa. Triporado, poros aspidados, de 4 a 5 µm de altura y 10 µm de ancho (Pozo VI, muestra 24).

PLANTAGINACEAE

- *Plantago* sp. (Lámina XXI, figuras 199 y 200)

Granos de polen apolares, esferoidales, de 22 µm diámetro. Exina de 2 µm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada puntitegilada. Periporado, de seis a ocho poros, poros de 5 µm de diámetro (Pozo IV, muestra 17).

POLYGONACEAE

- *Polygonum* 1 (Lámina XXI, figuras 201 y 202)

Granos de polen apolares, esferoidales, de 30 a 35 µm de diámetro. Exina de 4 a 5 µm de grosor, sexina de 3 a 4 µm y nexina de 1 µm de espesor; semitectada, reticulada. Muros de 1 a 2 µm de ancho y lúmenes de 4 µm de diámetro. Periporado, no se pudieron observar todas las aberturas (Pozo VII, muestra 17).

- *Polygonum* 2 (Lámina XXI, figura 203)

Granos de polen apolares, esferoidales, de 55 a 60 µm de diámetro. Exina de 5 a 6 µm de grosor, sexina de 4 a 5 µm y nexina de 1 µm de espesor; semitectada, reticulada. Muros de 2 a 3 µm de ancho y lúmenes de 6 a 8 µm de diámetro.

- Periporado, aproximadamente ocho poros (Pozo VII, muestra 32).
- Polygonaceae (Lámina XXI, figura 204)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 45 μm , eje ecuatorial de 40 μm en vista ecuatorial; P/E=1.12. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; semitectada, perreticulada, lúmenes y muros de 1 μm de ancho. Tricolpado (Pozo IV, muestra 21).
- RANUNCULACEAE**
- *Ranunculus* sp. (Lámina XXI, figura 205)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 40 μm , eje ecuatorial de 35 μm en vista ecuatorial; P/E=1.14. Exina de 2 a 3 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada puntitegilada, equinada, espinas de 1 μm de altura y 1 μm en la base. Tricolpado (Pozo VII, muestra 14).
- RHAMNACEAE**
- *Rhamnus* sp. (Lámina XXI, figuras 206 y 207)
Granos de polen triangulares. En vista polar de 25 μm de diámetro. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor, no se distinguen la sexina de la nexina; tectada psilada. Tricolpado. Distancia entre los colpos de 3 μm (Pozo VII, muestra 18).
- ROSACEAE**
- *Prunus* sp. (Lámina XXI, figuras 208 y 209)
Granos de polen prolados, eje polar de 42 μm , eje ecuatorial de 30 μm en vista ecuatorial; P/E=1.4. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación microrreticulada. Tricolporoidado (Pozo VII, muestra 17).
 - Rosaceae (Lámina XXII, figura 210)
Granos de polen subprolados, eje polar de 60 μm , en vista polar 48 μm en vista ecuatorial; P/E=1.2. Exina de 5 μm , sexina de 2 μm y nexina de 3 μm de espesor; tectada puntitegilada. Tricolpado (Pozo VII, muestra 23).
- RUBIACEAE**
- aff. *Asemnantha* sp. (Lámina XXII, figuras 211 y 212)
Granos de polen semitriangulares, de 30 μm de diámetro en vista polar. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada escabrada, nexina fosulada. Tricolporado, colpo longitudinal con margo de 8 μm de ancho en el ecuador y de 4 a 5 μm en los polos. Los margos se unen dando un aspecto sincolpado. Distancia entre los colpos 7 μm (Pozo VII, muestra 19).
 - Rubiaceae 1 (Lámina XXII, figuras 213 y 214)
Granos de polen semicirculares, de 30 a 40 μm en vista polar lateral. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2 μm y nexina de 1 μm de espesor; microrreticulada. Triporado, poros de 7 a 9 μm de diámetro, con anillo de 5 μm de ancho, ligeramente aspidado (Pozo VII, muestra 27).
 - Rubiaceae 2 (Lámina XXII, figuras 215 y 216)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 32 μm , eje ecuatorial de 35 μm en vista ecuatorial; P/E=0.9. Exina de 1.5 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; microrreticulada, simplibaculada. Tetracolpado, colpos angostos y cortos, de 6 a 7 μm de largo (Pozo VII, muestra 27).
 - Rubiaceae 3 (Lámina XXII, figura 217)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 33 μm , eje ecuatorial de 36 μm en vista ecuatorial; P/E=0.9. Exina de 1.5 a 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación psilada. Pentacolpado, colpos largos con membranas, margo poco evidente de 1 a 2 μm de grosor, exina en la zona de la abertura de 3 μm de grosor. Distancia entre los colpos de 20 μm (Pozo VII, muestra 31).
 - Rubiaceae 4 (Lámina XXII, figuras 218 y 219)
Granos de polen suboblados, eje polar de 42 μm , eje ecuatorial de 48 μm en vista ecuatorial; P/E=0.8. Exina de 3 a 4 μm de grosor, sexina del mismo espesor que la nexina; ornamentación reticulada, lúmenes y muros de 1 μm de ancho. Hexacolpado, colpos angostos y cortos de 6 a 7 μm de largo (Pozo VII, muestra 23).
- SALICACEAE**
- *Populus* 1 (Lámina XXIII, figura 220)
Granos de polen apolares, esferoidales, de 65 x 55 μm de diámetro. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor; intectada escabrosa. Inaperturado (Pozo VII, muestra 32).
 - *Populus* 2
Granos de polen apolares, esferoidales, de 55 x 40 μm de diámetro. Exina de 1 a 1.5 μm de grosor; intectada escabrosa. Inaperturado (Pozo VI, muestra 46).
- Nota: no existe registro fotográfico.
- *Populus* 3 (Lámina XXIII, figura 221)
Granos de polen apolares, esferoidales, de 48 μm de diámetro. Exina de 2 μm , sexina más gruesa que la nexina; intectada escabrosa. Inaperturado (Pozo IV, muestra 22).
 - *Salix* 1 (Lámina XXIII, figura 222)
Granos de polen suprolatos, eje polar de 20 μm , eje ecuatorial de 17 μm en vista ecuatorial; P/E=1.18. En vista polar de 22 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; semitectada, perreticulada, lúmenes de 1 a 2 μm de diámetro, muros menores a 1 μm . Tricolporado. Distancia entre los colpos 7 μm (Pozo VII, muestra 26).
 - *Salix* 2 (Lámina XXIII, figura 223)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 20 μm , eje ecuatorial de 22 μm en vista ecuatorial; P/E=0.9. En vista polar de 22 μm de diámetro. Exina de 3 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; semitectada, perreticulada, lúmenes de 1 a 2 μm de diámetro, muros menores a 1 μm . Tricolporado (Pozo IV, muestra 17).
 - *Salix* 3 (Lámina XXIII, figura 224)
Granos de polen prolados, eje polar de 35 μm , eje ecuatorial de 25 μm en vista ecuatorial; P/E=1.4. Exina de 1.5 μm , sexina más gruesa que nexina; semitectada, simplibaculada, heterobrocada, lúmenes de 1 a 4 μm de diámetro, muros menores a 1 μm . Tricolpado (Pozo VII, muestra 24).
 - *Salix* 4 (Lámina XXIII, figura 225)
Granos de polen prolados, eje polar de 38 μm , eje ecuatorial de 25 μm en vista ecuatorial; P/E=1.5. Exina de 2.5 μm , sexina de 2 μm y nexina de 0.5 μm de espesor; semitectada,

simplibaculada, heterobrocada, lúmenes y muros de 1 µm de ancho. Tricolpado (Pozo II, muestra 2).

SCROPHULARIACEAE

- aff. Scrophulariaceae 1 (Lámina XXIII, figura 226)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 46 µm, eje ecuatorial de 40 µm en vista ecuatorial; P/E=1.15. Exina de 1.5 a 2 µm de grosor, sexina más gruesa que nexina; tectada psilada a levemente puntitegilada. Tricolpado ¿oroidado? (Pozo VII, muestra 32).
- aff. Scrophulariaceae 2 (Lámina XXIII, figura 227)
Granos de polen esferoidales, de 35 µm en vista polar. Exina de 1.5 a 2 µm de grosor, sexina de igual grosor que la nexina; tectada, levemente escabrada. Tricolpado. Distancia entre colpos 5 µm (Pozo VII, muestra 30).

SOLANACEAE

- *Datura* sp. (Lámina XXIII, figuras 228)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 30 µm, eje ecuatorial de 32 µm en vista ecuatorial; P/E=0.9. Exina de 3 µm de grosor, sexina de 2 µm y nexina de 1 µm de espesor; tectada microestriada. Estrías ligeramente puntibaculadas. Estrías menores de 1 µm de ancho, liras menores de 1 µm de ancho. Tricolporado, endoabertura de 4 a 5 µm de largo y 3 a 4 µm de altura (Pozo VII, muestra 17).
- *Solanum* sp. (Lámina XXIV, figura 229)
Granos de polen esféricos a esferoidales, eje polar de 32 a 35 µm, eje ecuatorial de 32 µm en vista ecuatorial; P/E=1 a 1.12. Exina de 3 µm de grosor, sexina de 2 µm y nexina de 1 µm de espesor; tectada psilada. Tricolporado, endoabertura 8 µm de largo y 4 a 5 µm de altura (Pozo IV, muestra 19).
- Solanaceae 1 (Lámina XXIV, figura 230)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 27 µm, eje ecuatorial de 25 µm en vista ecuatorial; P/E=1.08. Exina de 3 µm de grosor, sexina de 2 µm y nexina de 1 µm de espesor; tectada puntitegilada a microrreticulada. Tricolporado, endoabertura alargada de 10 µm de largo y 5 µm de ancho (Pozo IV, muestra 20).
- Solanaceae 2 (Lámina XXIV, figura 231)
Granos de polen esféricos, eje polar de 40 µm, eje ecuatorial de 40 µm en vista ecuatorial; P/E=1. Exina de 2 µm de grosor, sexina de igual espesor que la nexina; tectada puntitegilada. Tricolporado (Pozo VII, muestra 17).

TILIACEAE

- *Heliocarpus* sp. (Lámina XXIV, figuras 232 y 233)
Granos de polen prolados, eje polar de 45 µm, eje ecuatorial de 25 µm en vista ecuatorial; P/E=1.8. Exina de 2 µm de grosor, sexina más gruesa que nexina; tectada suprarreticulada, lúmenes de 1 a 3 µm y muros de 1 µm; simplibaculada, columelas presentes en los lúmenes. Tricolporado. En la zona cercana a las aberturas la ornamentación es microrreticulada (Pozo II, muestra 2).
- Tiliaceae 1 (Lámina XXIV, figura 234)
Granos de polen prolados, eje polar de 52 µm, eje ecuatorial

de 32 µm en vista ecuatorial; P/E=1.6. Exina de 3 µm de grosor, sexina de 2 µm y nexina de 1 µm; microrreticulada. Tricolporado, endoabertura de 10 a 15 µm de largo y 1 a 2 µm de ancho (Pozo IV, muestra 18).

ULMACEAE

- aff. *Celtis* sp. (Lámina XXIV, figura 235)
Granos de polen circulares, de 25 µm de diámetro en vista polar. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación psilada. Triporado, poro de 3 µm de diámetro, con anillo de 2 µm de ancho (Pozo VI, muestra 46).

URTICACEAE

- *Urtica* sp. (Lámina XXIV, figuras 236 y 237)
Granos de polen isopolares, esferoidales, de 20 µm de diámetro. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada puntitegilada. Triporado, poros de 3 a 5 µm de diámetro (Pozo VII, muestra 14).

VALERIANACEAE

- *Valeriana* sp. (Lámina XXIV, figuras 238 y 239)
Granos de polen prolados, eje polar de 58 µm, el eje ecuatorial de 40 µm, en vista ecuatorial; P/E=1.45. Exina de 5 µm de grosor, sexina de 4 µm y nexina de 1 µm de espesor; tectada equinada, espinas de 1 µm de altura y 1 µm en la base. Tricolpado (Pozo IV, muestra 16).

VERBENACEAE

- *Lantana* sp. (Lámina XXIV, figuras 240, 241 y 242)
Granos de polen prolados, eje polar de 47 µm, eje ecuatorial de 35 µm en vista ecuatorial; P/E=1.3. Exina de 2 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada psilada. Tricolporado, colpo longitudinal, delgado, mal definido. Ectoabertura de 12 µm de largo y 7 µm de altura en los extremos y 5 µm de altura en la parte central (Pozo IV, muestra 17).
- *Lippia* sp. (Lámina XXIV, figura 243)
Granos de polen esferoidales, de 25 µm de diámetro en vista ecuatorial lateral. Exina de 1 µm de grosor; ornamentación escrobiculada. Tricolporado (Pozo VII, muestra 14).

INDETERMINADAS

- Inaperturado 1 (Lámina XXV, figura 244)
Granos de polen apolares, de 45 µm de diámetro. Exina de 3 µm, sexina de 2 µm y nexina de 1 µm de espesor; ornamentación equinada verrugada, espinas largas de punta roma, de 1 a 2 µm de altura. Inaperturado (Pozo VII, muestra 30).
- Inaperturado 2 (Lámina XXV, figura 245)
Granos de polen apolares, elípticos a semicirculares, de 50 x 40 µm de diámetro. Exina de 3 a 4 µm, sexina más gruesa que la nexina; ornamentación escabrada. Inaperturado (Pozo VII, muestra 3).
- Monosulcado 1 (Lámina XXV, figura 246)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 62 µm, eje ecuatorial menor de 40 µm en vista polar. Exina de 2 a 3 µm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada escabrada. Monosulcado, sulco amplio, tan largo como el eje ecuatorial mayor (Pozo VII, muestra 32).

- Monosulcado 2 (Lámina XXV, figura 247)
Granos de polen esferoidales, eje ecuatorial mayor de 40 μm , eje ecuatorial menor de 40 μm en vista polar. Exina de 1 μm de grosor, sexina y nexina no se diferencian; tectada escabrada. Monosulcado, sulco angosto (Pozo VII, muestra 17).
 - Monosulcado 3 (Lámina XXV, figura 248)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 51 μm , eje ecuatorial menor de 40 μm en vista polar. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2 μm y nexina de 1 μm de espesor; tectada con verrugas de 5 μm de diámetro. Monosulcado, sulco de 30 a 35 μm de largo (Pozo VII, muestra 19).
- Nota: R. Villanueva (com. pers.) sugiere que se trata de una Bromeliaceae.
- Monosulcado 4 (Lámina XXV, figuras 249 y 250)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 45 μm , eje ecuatorial menor de 25 μm en vista polar. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación con verrugas menores de 1 μm de altura y en la base. Monosulcado, sulco muy amplio, tan largo como el eje ecuatorial mayor (Pozo VII, muestra 24).
 - Monosulcado 5 (Lámina XXV, figura 251)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 45 μm , eje ecuatorial menor de 25 μm en vista polar. Exina de 1 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; ornamentación intactada gemada, gemas de 1 μm de grosor. Monosulcado, sulco tan largo como el eje ecuatorial mayor (Pozo IV, muestra 14).
 - Monosulcado 6 (Lámina XXV, figura 252)
Granos de polen elípticos, eje ecuatorial mayor de 34 μm , eje ecuatorial menor de 25 μm en vista polar. Exina de 1 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación verrugada-gemada, verrugas y gemas menores de 1 μm de grosor. Monosulcado (Pozo IV, muestra 19).
 - Monosulcado 7 (Lámina XXVI, figura 253)
Granos de polen esféricos, de 32 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación verrugada-gemada, verrugas y gemas menores de 1 μm de grosor. Monosulcado (Pozo IV, muestra 19).
 - Monosulcado 8 (Lámina XXVI, figura 254)
Granos de polen prolados, eje ecuatorial mayor de 86 μm , eje ecuatorial menor de 40 μm en vista polar. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2 μm y nexina de 1 μm de espesor; tectada puntitegilada a ligeramente estriada en la zona de la abertura. Monosulcado, sulco largo (Pozo IV, muestra 22).
 - Tricolpado 1 (Lámina XXVI, figura 255)
Granos de polen prolados, eje polar de 34 μm , eje ecuatorial de 25 μm en vista ecuatorial. P/E=1.4. Exina de 2.5 μm , sexina de 2 μm y nexina de 0.5 μm de espesor; intactada clavada, clavadas de 1.5 μm de ancho a 0.5 μm de base. Tricolpado, membrana del colpo lisa (Pozo VI, muestra 46).

Nota: R. Villanueva (com. pers.) sugiere que se trata de una Rubiaceae.

- Tricolpado 2 (Lámina XXVI, figura 256)
Granos de polen subprolados, eje polar de 26 μm , eje ecuatorial de 21 μm en vista ecuatorial. P/E=1.2. Exina de 2 μm , sexina más gruesa que nexina; microrreticulada, simplibaculada. Tricolpado (Pozo IV, muestra 20).
 - Tricolpado 3 (Lámina XXVI, figura 257)
Granos de polen prolados, eje polar de 38 μm , en vista polar 28 μm en vista ecuatorial; P/E=1.4. Exina de 2 μm , sexina más gruesa que nexina; semitectada, muros y lúmenes de 1 μm de diámetro. Tricolpado (Pozo VI, muestra 46).
 - Tricolpado 4 (Lámina XXVI, figura 258)
Granos de polen subprolados, eje polar de 47 μm , eje ecuatorial de 37 μm en vista ecuatorial; P/E=1.2. Exina de 6 μm de grosor, sexina de 5 μm y nexina de 1 μm de espesor; semitectada, simplibaculada, heterobrocada, lúmenes y muros de 1 μm de ancho. Tricolpado (Pozo IV, muestra 22).
 - Tricolpado 5 (Lámina XXVI, figura 259)
Granos de polen esféricos, eje polar de 38 μm , eje ecuatorial de 38 μm en vista ecuatorial; P/E=1. Exina de 2 a 3 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; semitectada, lúmenes y muros de 1 μm de ancho. Tricolpado (Pozo VII, muestra 24).
 - Tricolpado 6 (Lámina XXVI, figura 260)
Granos de polen prolados, eje polar de 42 μm , el eje ecuatorial de 31 μm en vista ecuatorial; P/E=1.4. Exina de 1.5 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; semitectada, lúmenes de 2 μm aproximadamente con una verruga dentro del lumen, muros menores de 1 μm de ancho. Tricolpado (Pozo VII, muestra 24).
 - Tricolpado 7 (Lámina XXVI, figura 261)
Granos de polen esféricos, de 37 μm de diámetro en vista polar lateral. Exina de 1 μm de grosor, sexina más gruesa que nexina; intactada escabrada. Tricolpado. Distancia entre los colpos de 8 a 10 μm (Pozo IV, muestra 24).
 - Tricolpado 8 (Lámina XXVII, figura 262)
Granos de polen circulares, de 30 a 36 μm diámetro en vista polar. Exina de 3 a 4 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; tectada equinada, espinas <1 μm . Tricolpado (Pozo VII, muestra 32).
 - Tricolpado 9 (Lámina XXVII, figura 263)
Granos de polen circulares. En vista polar de 45 μm diámetro. Exina de 1.5 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; microrreticulada. Tricolpado, distancia entre los colpos 10 μm (Pozo VII, muestra 26).
- Nota: R. Villanueva (com. pers.) sugiere que se trata de una Leguminosae.
- Tetracolpado (Lámina XXVII, figuras 264 y 265)
Granos de polen circulares, de 50 μm diámetro en vista polar. Exina de 2 μm de grosor, sexina de igual grosor que la nexina; microrreticulada. Tetracolpado, distancia entre los colpos 13 μm (Pozo VII, muestra 24).

- Tricolpado/tricolporoidado (Lámina XXVII, figuras 266 y 267)
Granos de polen subprolados, eje polar de 22 μm , eje ecuatorial de 20 μm en vista ecuatorial; P/E=1.1. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina del mismo espesor; tectada con verrugas de 1 μm de altura y 1 μm de ancho. Tricolpado o tricolporoidado (Pozo VII, muestra 38).
 - Tricolporado 1 (Lámina XXVII, figuras 268 y 269)
Granos de polen esféricos a esferoidales, eje polar de 18 a 20 μm , eje ecuatorial de 18 μm en vista ecuatorial; P/E=1. a 1.1. Exina de 2 μm , sexina del mismo grosor que la nexina; tectada psilada. Tricolporado, endoabertura de 8 μm de largo y 1.5 a 2 μm de ancho, afilada en los extremos. Ectoabertura de 8 μm de longitud, con los extremos afilados (Pozo IV, muestra 20).
 - Tricolporado 2 (Lámina XXVII, figuras 270, 271 y 272)
Granos de polen prolados, eje polar de 18 a 24 μm , eje ecuatorial de 12 a 15 μm en vista ecuatorial; P/E=1.5 a 1.6. Exina de 2.5 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; tectada perforada. Tricolporado, endoabertura de 4 a 5 μm de longitud y 1 μm de ancho. Ectoabertura tan larga como el eje polar (Pozo IV, muestra 19).
 - Tricolporado 3 (Lámina XXVII, figuras 273 y 274)
Granos de polen subprolados, eje polar de 26 μm , eje ecuatorial de 22 μm en vista ecuatorial; P/E=1.18. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2 μm y nexina de 1 μm ; tectada puntitegilada. Tricolporado, endoabertura de 7 μm de longitud y 3 a 4 μm de ancho. Ectoabertura angosta (Pozo IV, muestra 22).
- Nota: R. Villanueva (com. pers.) sugiere que se trata de una Apiaceae.
- Tricolporado 4 (Lámina XXVIII, figuras 275, 276 y 277)
Granos de polen subprolados, eje polar de 25 μm , eje ecuatorial de 20 μm en vista ecuatorial; P/E=1.25. Exina de 2 μm de grosor, sexina de 1.5 μm y nexina de 0.5 μm ; ornamentación foveolada, falso patrón reticulado. Tricolporado, endoabertura circular, de 3 a 4 μm de longitud y 2 a 3 μm de ancho. Ectoabertura angosta (Pozo IV, muestra 19).
 - Tricolporado 5 (Lámina XXVIII, figuras 278 y 279)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 32 μm , eje ecuatorial de 34 μm en vista ecuatorial; P/E=0.9. Exina de 3 μm de grosor, sexina de 2.5 μm y nexina de 0.5 μm ; ornamentación puntitegilada. Tricolporado, endoabertura circular, de 8 μm de diámetro. Ectoabertura angosta (Pozo IV, muestra 18).
 - Pentacolporado (Lámina XXVIII, figuras 280, 281 y 282)
Granos de polen de forma irregular, con prolongaciones apiculadas, eje de 23 a 25 μm de diámetro. Exina de 2 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina; ornamentación microrreticulada. Pentacolporado, las aberturas dispuestas irregularmente, tres en un eje y dos en el eje opuesto (Pozo IV, muestra 17).

Nota: El polen está muy deformado.

- Pentaporado (Lámina XXVIII, figura 283)
Granos de polen oblados, eje polar de 26 μm , eje ecuatorial de 35 μm en vista ecuatorial; P/E=0.74. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación psilada. Pentaporado, poro de 2 a 4 μm de diámetro, con anillo de 2 a 3 μm de ancho (Pozo IV, muestra 23).
- Tetraporado/pentaporado (Lámina XXVIII, figura 284 y 285)
Granos de polen esferoidales, eje polar de 30 μm , eje ecuatorial de 30 μm en vista ecuatorial; P/E=1. Exina de 2 μm de grosor, sexina y nexina de igual espesor; ornamentación psilada. Tetraporado o pentaporado, poro de 2 a 4 μm de diámetro, con anillo de 2 μm de ancho (Pozo IV, muestra 23).
- Tétrada (Lámina XXVIII, figuras 286 y 287)
Tétradas cuadrangulares, de 34 x 20 μm . Monadas elípticas. Exina de 2 μm de grosor, no se distinguen la sexina y la nexina; ornamentación escrobiculada. Probablemente monosulcado (Pozo II, muestra 8).

Discusión

En los sedimentos de la laguna de Chignahuapan se identificaron 96 palinomorfos presentes en los últimos 10,000 años AP. Éstos indican la presencia de bosques templados, como los de *Abies*, *Pinus*, *Quercus*, y de bosques húmedos. Los componentes de los bosques húmedos fueron *Alnus*, *Carya*, *Fraxinus*, *Celtis*, *CuTaJu*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Myrica*, *Populus*, *Prunus*, *Rosaceae*, *Salix* y *Heliocarpus*.

En la orilla de la laguna se desarrollaron pastizales conformados por Asteraceae (incluye Lactuceae y *Ambrosia*, entre otras compuestas), varias especies de Poaceae y Amarantaceae/Chenopodiaceae.

Siguiendo el criterio de Bonilla-Barbosa y Novelo-Retana (1995) y Ramos-Ventura (1999), la vegetación acuática estuvo representada por los elementos locales. Entre éstos destacan los de la pradera inundable con *Arenaria* y Malvaceae; las subacuáticas se encuentran representadas por Ranunculaceae, *Polygonum*, *Eriocaulon*, *Luzula* y varias especies de *Cyperus* y Juncaceae; mientras que las acuáticas estrictas están representadas por *Berula*, *Hydrocotyle*, *Ludwigia*, *Datura*, *Sagittaria*, *Potamogeton*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Utricularia*, *Nymphoides*, *Nuphar* y varias especies de *Nymphaea*, *Schoenoplectus* y *Heteranthera*.

Otras plantas presentes son *Equisetum* y *Selaginella*; entre las algas se encontraron *Pediastrum* y varias Chlorococcales, incluyendo *Botryococcus*.

Se encontraron diferentes tipos de polen de *Heteranthera*, *Schoenoplectus*, *Populus*, *Salix* y *Quercus* que no pudieron ser relacionadas con especies actuales. Por último, cabe agregar que se encontraron granos de polen de *Bursera*, *Heliocereus* y *Asemnantha*, cuya presencia no es posible explicar. Entre las especies cultivadas aparecen Cucurbitaceae y *Zea mays*.

Los bosques que circundaban la laguna ofrecían material para leña, instrumentos, construcción de casas, etc., así como árboles frutales, entre los que se pueden mencionar a *Prunus*, *Juglans* y *Carya*. El bosque de *Quercus* probablemente fue explotado para carbón hace aproximadamente 3,000 años AP, ya que disminuye gradualmente, a la vez que aumentan las malezas y las arvenses. Las plantas acuáticas han sido utilizadas tradicionalmente como comestibles, medicinales y elaboración de artesanías (Novelo-Retana y Gallegos, 1988; Ramos-Ventura y Novelo-Retana, 1993; Bonilla-Barbosa y Novelo-Retana, 1995). Para la cuenca Alta del Río Lerma fueron identificadas con usos potenciales a *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Luzula*, Juncaceae, *Typha*, *Berula*, *Datura*, *Sagittaria* y varias Asteraceae.

Agradecimientos

Deseamos agradecer al Dr. Rodolfo Palacios-Chávez†, la M. en C. María de la Luz Arreguín, la M. en C. Leonor Quiroz, el Dr. Rogel Villanueva y el Dr. Gerald Islebe, por su ayuda en la identificación de ciertos grupos de palinomorfos. Al Dr. Eberto Novelo la identificación de los grupos de algas. A los Srs. Jorge y Lourdes Olivera en la realización del trabajo fotográfico. A la Biól. Verónica Aguilar su apoyo técnico. Este trabajo se realizó con apoyo del CONACYT, Proyecto 13377-H.

Literatura citada

- Almeida-Leñero L. 1997. Vegetación, fitogeografía y paleoecología del zacatonal alpino y bosques montanos de la región central de México. Tesis Doctoral, Universidad de Amsterdam, Amsterdam, 255 pp.
- Arreguín M.L., Fernández R., Palacios-Chávez R. y Quiroz D.L. 1996. Morfología de las esporas de pteridófitas isospóreas del estado de Querétaro, México. *Polibotánica* 2:10-60.
- Arreguín M.L., Palacios-Chávez R. y Quiroz D.L. 2001. Morfología de las esporas del género *Selaginella* en el estado de Querétaro, México y distribución de megasporangios y microesporangios en los estróbilos. *Revista da Universidade de Guarulhos* 9:84-128.
- Bassett Y.J., Crompton C.W. y Parmelee J.A. 1979. *An Atlas of Airborne Pollen Grains and Common Fungus Spores of Canada*. Research Branch. Canada Department of Agriculture. Monograph No. 18. Ottawa, Canadá.
- Blackmore S. 1984. Compositae-Lactuceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora IV*, pp. 45-85, Elsevier, Amsterdam.
- Blackmore S. y Heath G.L.A. 1984a. Berberidaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora IV*, pp. 7-21, Elsevier, Amsterdam.
- Blackmore S. y Heath G.L.A. 1984b. Menyanthaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora IV*, pp. 121-132, Elsevier, Amsterdam.
- Bloomfield K. 1975. A late-Quaternary monogenetic volcano field in Central Mexico. *Geological Rundschau* 64:476-497.
- Bloomfield K. y Valastro S. 1977. Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca volcano, Central Mexico. *Overseas Geology and Mineral Resources* 46:1-15.
- Bonilla-Barbosa J. y Novelo-Retana A. 1995. *Manual de Identificación de Plantas Acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala*. Cuadernos del Instituto de Biología No. 26, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Boss J.A.A. y Punt W. 1991. Juglandaceae. En: Punt W. y Blackmore S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora VI*, pp. 79-95, Elsevier, Amsterdam.
- Bradbury J. 1970. Diatoms from the Pleistocene sediments of Lake Texcoco, Mexico. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique* 12:151-168.
- Bradbury J. 1971. Paleolimnology of Lake Texcoco, Mexico. *Limnology/Oceanography* 16:180-200.
- Bradbury J. 1986. Paleolimnología del lago de Chalco, México. El medio ambiente litoral. En: Lorenzo J.L. y Mirambell L. Eds. *Tlapacoya: 35,000 Años de Historia del Lago de Chalco*, pp. 167-172, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- Christensen P.B. y Blackmore S. 1988. Tiliaceae. En: Punt W. Blackmore S. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora V*, pp. 33-43, Elsevier, Amsterdam.
- Clarke G.C.S. y Jones M.R. 1980a. Plantaginaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora II*, pp. 29-154, Elsevier, Amsterdam.
- Clarke G.C.S. y Jones M.R. 1980b. Valerianaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora II*, pp. 155-198, Elsevier, Amsterdam.
- Clarke G.C.S., Punt W. y Hoen P.P. 1991. Ranunculaceae. En: Punt W. y Blackmore S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora VI*, pp. 117-271, Elsevier, Amsterdam.
- Cronk Q.C.B. y Clarke G.C.S. 1981. Convolvulaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora III*, pp. 117-135, Elsevier, Amsterdam.
- Cronquist A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, Nueva York.
- Culhane K.J. y Blackmore S. 1988. Malvaceae. En: Punt W., Blackmore S. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora V*, pp. 45-74, Elsevier, Amsterdam.
- Curtis J., Hodell D. y Brenner M. 1996. Climate variability on the Yucatan Peninsula (Mexico) during the past 3500 years, and implications for Maya cultural evolution. *Quaternary Research* 46:37-47.
- Dahlgren R.M., Clifford H.T. y Yeo P.F. 1985. *The families of the Monocotyledons, Structure, Evolution and Taxonomy*. Springer-Verlag, Berlín.
- Engel M.S. 1980. Haloragaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. *The Northwest European Pollen Flora II*, pp. 209-260, Elsevier, Amsterdam.
- Erdtman G. 1960. The acetolysis method: A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54:561-564.
- Flores-Díaz A. 1986. Fluctuaciones del lago de Chalco, desde hace 35 mil años al presente. En: Lorenzo J.L. y Mirambell L. Eds. *Tlapacoya: 35,000 Años de Historia del Lago de Chalco*, pp. 109-156, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- Furness C.A. 1988. Eriocaulaceae. En: Punt W., Blackmore S. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora V*, pp. 27-32, Elsevier, Amsterdam.

- García-Quintana J. y López-Austin A. 1989. *Historia General de las Cosas de la Nueva España. Fray Bernardino de Sahagún*. Tomos I y II. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes de México, D.F.
- Goman M. y Byrne R. 1998. A 5000-year record of agriculture and tropical forest clearance in the Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *The Holocene* 8:83-89.
- González-Quintero L. 1981. Análisis polínico en la porción austral de la Cuenca de México. II. Tlaltenco. *Cuicuilco* 2:12-15.
- González-Quintero L. 1986. Análisis polínicos de los sedimentos. En: Lorenzo J.L. y Mirambell L. Eds. *Tlapacoya: 35,000 Años de Historia del Lago de Chalco*, pp. 157-166, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- González-Quintero L. y Fuentes-Mata M. 1980. El Holoceno de la porción central de la cuenca del Valle de México. En: Sánchez F. Coord. *Memorias III Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología*. SEP/INAH., México. 86:113-132.
- González-Trapaga M.A. 1986. Descripción y aspectos fitogeográficos de la vegetación alpina del Nevado de Toluca, Edo. de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 63 pp.
- Heine K. 1973. Variaciones más importantes del clima en los últimos 40,000 años en México. *Comunicaciones* 7:551-558.
- Herrera T. 1951. Algunos datos ecológicos sobre la vegetación de Lerma. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 13:1-3.
- Hodell D., Curtis J. y Brenner M. 1995. Possible role of climate in the collapse of classic Maya civilization. *Nature* 375:391-394.
- Hooghiemstra H. 1984. Vegetational and climatic history of the high plain of Bogota, Colombia: A continuous record of the last 3.5 million years. *Dissertationes Botanicae* 79:1-368.
- Islebe G.A., Hooghiemstra H., Brenner M., Curtis J.H. y Hodell D.A. 1996. A Holocene vegetation history from lowland Guatemala (Lake Peten-Itza). *The Holocene* 6:265-271.
- Jones M.R. y Clarke G.C.S. 1981. Nymphaeaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora III*, pp. 57-67, Elsevier, Amsterdam.
- Lozano-García S. y Ortega-Guerrero B. 1994. Palynological and magnetic susceptibility records at Lake Chalco, Central Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109:177-191.
- Lozano-García S., Ortega-Guerrero B., Caballero M. y Urrutia J. 1993. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of Chalco Lake, Central Mexico. *Quaternary Research* 40:332-342.
- Ludlow-Wiechers B., Alvarado J.L. y Aliphath M. 1983. Polen de *Zea* (maíz y teosinte); perspectivas para conocer su origen. *Biótica* 8:235-258.
- Ludlow-Wiechers B. y Ayala-Nieto M. 1992. Polen de plantas utilizadas en Mesoamérica. En: Darwin S.P. y Welden. A.L. Eds. *Biogeography of Mesoamerica*, pp. 155-172, Tulane University, Nueva Orleans.
- Ludlow-Wiechers B. y Palacios-Chávez R. 2001. Palinología de los géneros encontrados en los sedimentos del lago de Chalco, Centro de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 47:(en prensa).
- Macías J.L., García A., Arce J.L., Siebe C., Espíndola J.M., Komorowski J.C. y Scott K. 1997. Late Pleistocene-Holocene cataclysmic eruptions at Nevado de Toluca and Jocotitlán Volcanoes, Central Mexico. I.A.V.C.E.I. Plenary Assembly, Puerto Vallarta, Jalisco, México. Excursion No. 14. Field Guide, México, D.F.
- Martínez M. y Matuda E. 1979. *Flora del Estado de México*. Edición facsimilar de los fascículos publicados en los años 1953 a 1972. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. Tomos I, II y III. Toluca, Edo. de Méx.
- Metcalfe S., Street-Perrott F.A., Perrott R.A. y Harkness D.D. 1991. Palaeolimnology of the Upper Lerma Basin, Central Mexico: a record of climatic change and anthropogenic disturbance since 11,600 yr BP. *Journal of Palaeolimnology* 5:197-218.
- Mirambell L. 1985. Restos culturales en horizontes pleistocénicos. En: Lorenzo J.L. y Mirambell L. Eds. *Tlapacoya: 35,000 Años de Historia del Lago de Chalco*, pp. 207-217, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- Moran R.C. y Riba R. 1995. Psilotaceae a Salviniaceae. En: Davidse G., Sousa M. y Knapp S. Eds. *Flora Mesoamericana*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden, The Natural History Museum (London), México, D.F.
- Morbelli M. 1977. Esporas de las especies argentinas de *Selaginella* (Selaginellaceae-Pteridophyta). *Revista de la Universidad de La Plata* 3:121-150.
- Newton A. y Metcalfe S. 1999. Tephrochronology of the Toluca Basin, Central Mexico. *Quaternary Science Reviews* 18:1039-1059.
- Nilsson S., Pragłowski J. y Nilsson L. 1977. *Atlas of Arboreal Pollen Grains and Spores in Northern Europe*. Natur och Kultur, Estocolmo.
- Novelo-Retana A. y Gallegos M.M. 1988. Estudio de la flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. *Biótica* 13:121-139.
- Ohngemach D. y Straka H. 1978. La historia de la vegetación en la región Puebla-Tlaxcala durante el Cuaternario tardío. *Comunicaciones* 15:189-196.
- Olvera M. 1997. *Menyanthaceae, Nymphaeaceae, Pontederiaceae y Typhaceae* En: Ludlow-Wiechers B. y Hooghiemstra H. Eds. *Flora Palinológica de Guerrero*, No. 5, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio Hugo De Vries, Universidad de Amsterdam, México, D.F.
- Palacios-Chávez R., Ludlow-Wiechers B. y Villanueva R. 1991. *Flora Palinológica de la Reserva de la Biosfera en Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal.
- Palacios-Chávez R., Arreguín-Sánchez M.L. y Quiroz-García D.L. 1996. Morfología de los granos de polen de las familias Acanthaceae, Vitaceae y Violaceae del Valle de México. *Acta Botanica Mexicana* 34:1-24.
- Punt W. 1976. Sparganiaceae y Typhaceae. En: Punt W. Ed. *The Northwest European Pollen Flora I*, pp. 75-88, Elsevier, Amsterdam.
- Punt W. 1984. Umbelliferae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora IV*, pp. 155-363, Elsevier, Amsterdam.
- Punt W. y Monna-Brands M. 1980. Solanaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora II*, pp. 1-30, Elsevier, Amsterdam.
- Punt W. y Reumer J.W. 1981. Alismataceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora III*, pp. 27-44, Elsevier, Amsterdam.
- Punt W. y Langewis E.A. 1988. Verbenaceae. En: Punt W., Blackmore S. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora V*, pp. 75-79, Elsevier, Amsterdam.

- Ramírez-Cantú D. y Herrera T. 1954. Contribución al conocimiento de la vegetación de Lerma y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología, México* 25:65-95.
- Ramos-Ventura L.J. 1999. Estudio de la flora y la vegetación acuáticas vasculares de la cuenca alta del Río Lerma, en el Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 151 pp.
- Ramos-Ventura L.J. y Novelo-Retana A. 1993. Vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana* 25:61-79.
- Rioja E. y Herrera S.T. 1951. Ensayo ecológico sobre el limnobia de Lerma y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología, México* 22:565-591.
- Rodríguez-Jiménez C. 1967. Estudio ecológico de las malas hierbas del Valle de Toluca, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 85 pp.
- Romero-Quiroz R. 1987. *Santiago Tlanguistenco*. Gobierno del Estado de México. Toluca, Edo. de Méx.
- Sánchez-Martínez F. 1982. *Morfología Polínica de Algunas Malváceas Mexicanas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- Sandoval-Basso A.J. 1987. Actualización y análisis cartográfico sobre usos del suelo y vegetación del Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 107 pp.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1983. *Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- Stafford P.J. 1991. Selaginellaceae. En: Punt W. y Blackmore S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora VI*, pp. 1-22, Elsevier, Amsterdam.
- Straka H. y Ohngemach O. 1989. Late Quaternary vegetation history of the Mexican highland. *Plant Systematics and Evolution* 162:115-132.
- Sugiura Y., Flores A., Ludlow-Wiechers B., Valadez F., Gold M. y Maillol J.M. 1994. El agua, la tierra, el bosque y el hombre en el Alto Lerma: un estudio multidisciplinario. *Arqueología* 11-12:29-45.
- Sugiura Y. y McClung de Tapia E. 1988. Algunas consideraciones sobre el uso prehispánico de recursos vegetales en la cuenca del Alto Lerma. *Anales de Antropología* 25:111-125.
- Tryon R.M. y Tryon A.F. 1982. *Ferns and Allied Plants, with Special Reference to Tropical America*. Springer Verlag, Nueva York.
- Van Benthem F., Clarke G.C.S. y Punt W. 1984. Fagaceae. En: Punt W. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora IV*, pp. 87-110, Elsevier, Amsterdam.
- Van den Hoek C., Mann D.G. y Jahns H.W. 1995. *Algae. An introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Van der Hammen T. 1995. Global change, biodiversity, and conservation of neotropical montane forests. En: Churchill S.T., Balslev H., Forero E. y Luteyn J.L. Eds. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*, pp. 603-607, The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Van Leeuwen P., Punt W. y Hoen P.P. 1988. Polygonaceae. En: Punt W., Blackmore S. y Clarke G.C.S. Eds. *The Northwest European Pollen Flora V*, pp. 81-151, Elsevier, Amsterdam.
- Vela-Gálvez L., Boyás-Delgado J., Hernández-Reyna A., Mancera-Orozco A. y Rodríguez-Ángeles A. 1976. El Nevado de Toluca. *Ciencia Forestal* 1:53-61.
- Villalpando-Barriga O.K. 1968. Algunos aspectos ecológicos del Volcán Nevado de Toluca. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 36 pp.
- Watts W.A. y Bradbury J.P. 1982. Paleocological studies at lake Patzcuaro on the West Central Mexican plateau and at Chalco in the basin of Mexico. *Quaternary Research* 17:56-70.
- Xelhuantzi-López S. 1989. *Estudios Polínicos sobre el Clima del Cuaternario en México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F.
- Xelhuantzi-López S. 1994. Determinación palinológica del paleoambiente Holocénico en la parte norte del Estado de Michoacán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54:251-265.
- Xelhuantzi-López S. 1995. Palynologie et paléoenvironnement du bassin de Zacapu, Michoacán. Mexique, depuis 8,000 ans. *Geofísica Internacional* 34:239-248.

Fecha de recepción: 8 de octubre de 2002

Versión corregida: 14 de abril de 2003

Aceptado: 15 de abril de 2003

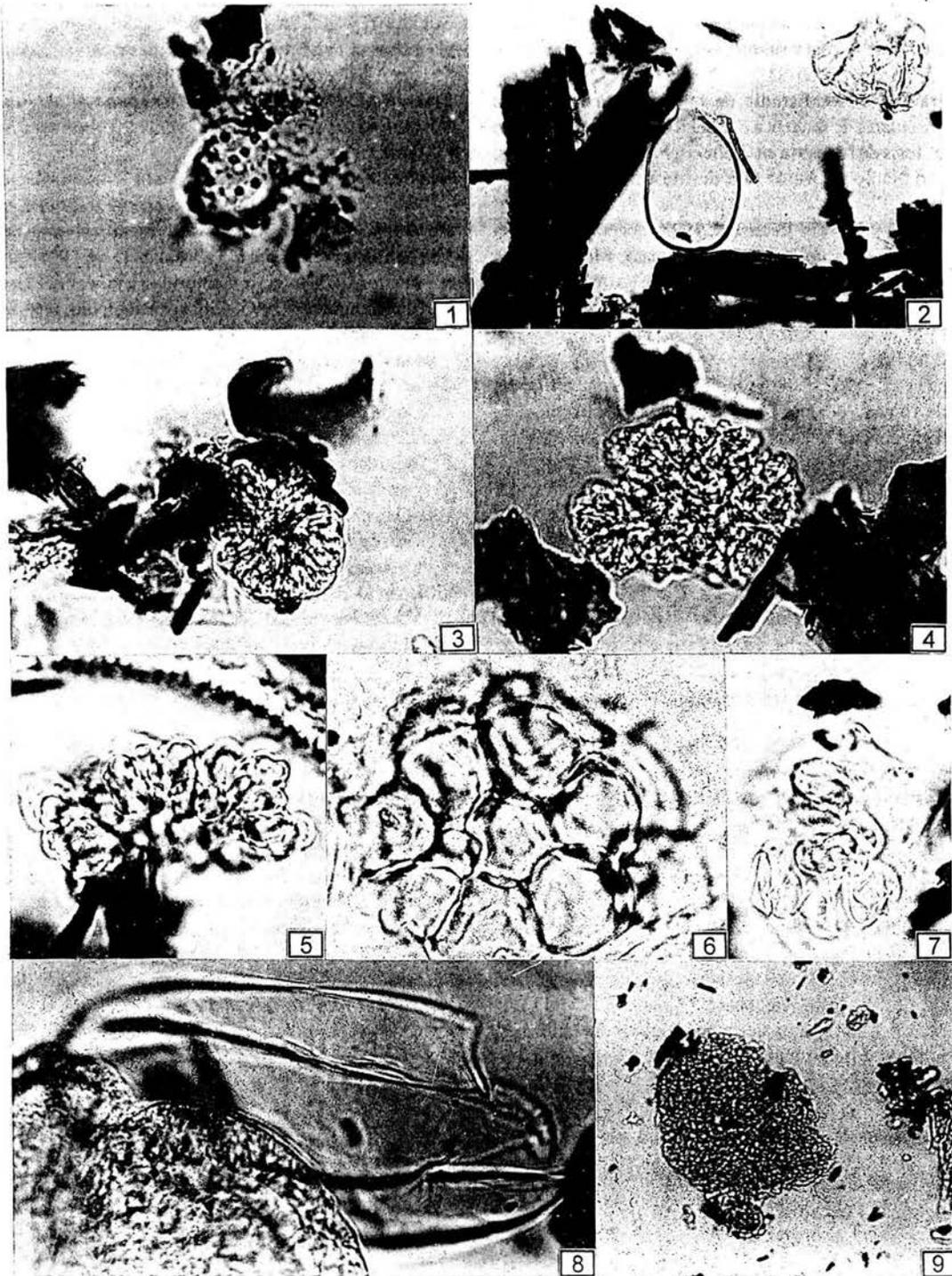


Lámina I. CHRYSOPHYTA/HETEROKONTOPHYTA. CHRYSOPHYCEAE. Figura 1: Chrysophyceae (VII, 19) (escala 1:1000). EUGLENOPHYTA. EUGLENALES. Figura 2: *Trachelomonas* (VII, 19) (escala 1:1000). CHLOROPHYTA. CHLOROCOCCALES. Figuras 3 y 4: *Botryococcus* sp. (VII, 38; IV, 19) (escala 1:1000). Figura 5: *Coelastrum* 1 (VII, 12) (escala 1:1000). Figura 6: *Coelastrum* 2 (VII, 27) (escala 1:1000). Figura 7: *Oocystis* sp. (escala 1:1000). Figura 8: *Spyrogira* sp. (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 9: Chlorophyceae/ Xantophyceae/Cyanophyceae (II, 4) (escala 1:1000).

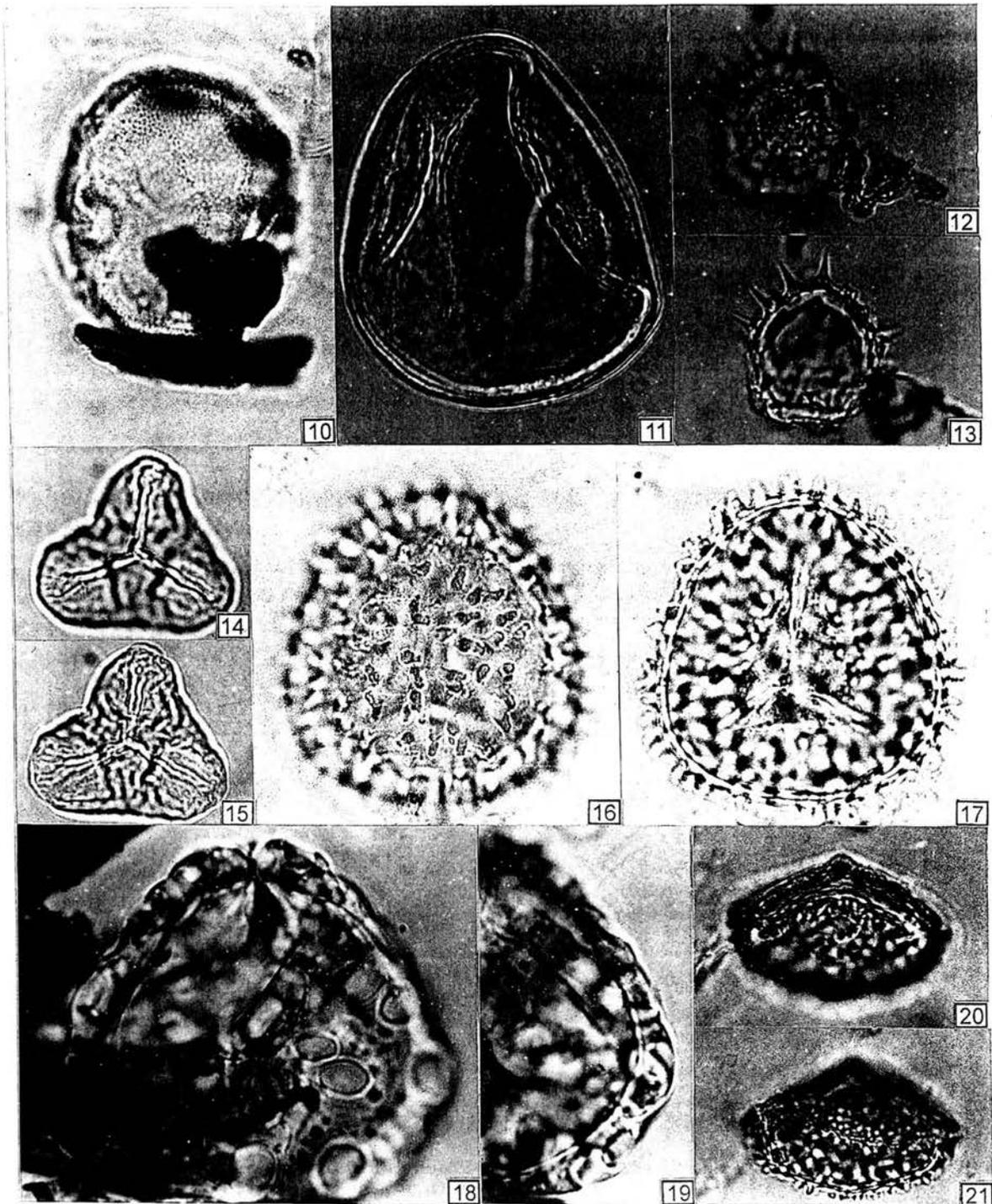


Lámina II. EUISETOPSIDA. EUISETACEAE. Figura 10: *Equisetum* 1 (VI, 46) (escala 1:1000). Figura 11: *Equisetum* 2 (VII, 32) (escala 1:1000). LYCOPODIOPSIDA. SELAGINELLACEAE. Figuras 12 y 13: *Selaginella hoffmannii* (VII, 19) (escala 1:1000). Figuras 14 y 15: *Selaginella rupincola* (VII, 31) (escala 1:1000). Figuras 16 y 17: *Selaginella* sp. (VII, 24) (escala 1:1000). POLYPODIOPSIDA. CYATHEACEAE. Figuras 18 y 19: *Lophosoria quadripinnata* (VII, 24) (escala 1:1000). DENNSTAEDTIACEAE. Figuras 20 y 21: *Dennstaedtia* sp. (VI, 46) (escala 1:1000).

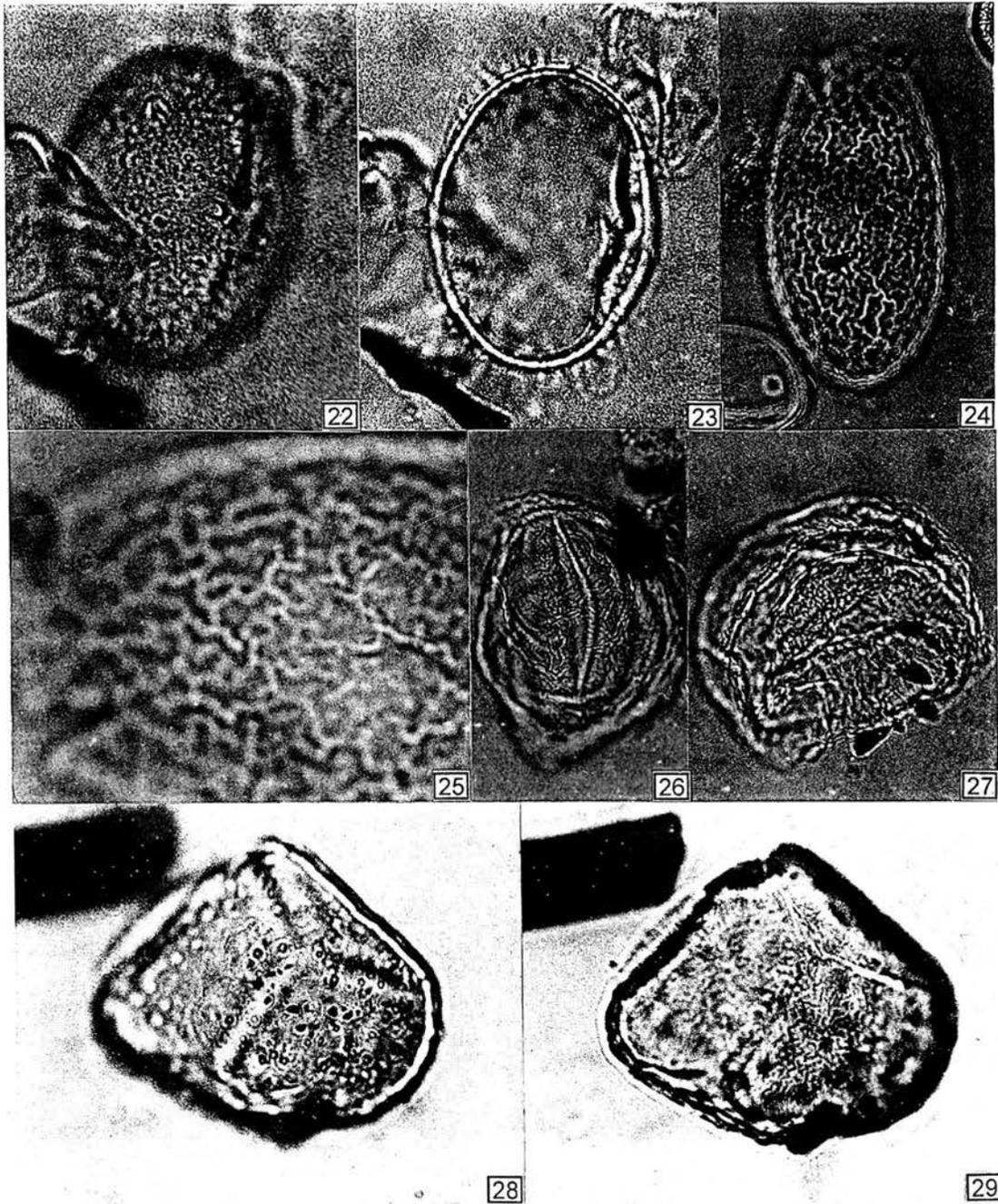


Lámina III. DRYOPTERIDACEAE. Figuras 22 y 23: *Ctenitis* sp. (VII, 29) (escala 1:1000). Figuras 24 y 25: Dryopteridaceae 1 (IV, 23) (24, escala 1:500; 25 escala 1:1000). Figuras 26 y 27: Dryopteridaceae 2 (VII, 30; II, 3) (escala 1:1000). PLAGIOGYRIACEAE. Figuras 28 y 29: *Plagiogyria semicordata* (VII, 26) (escala 1:1000).

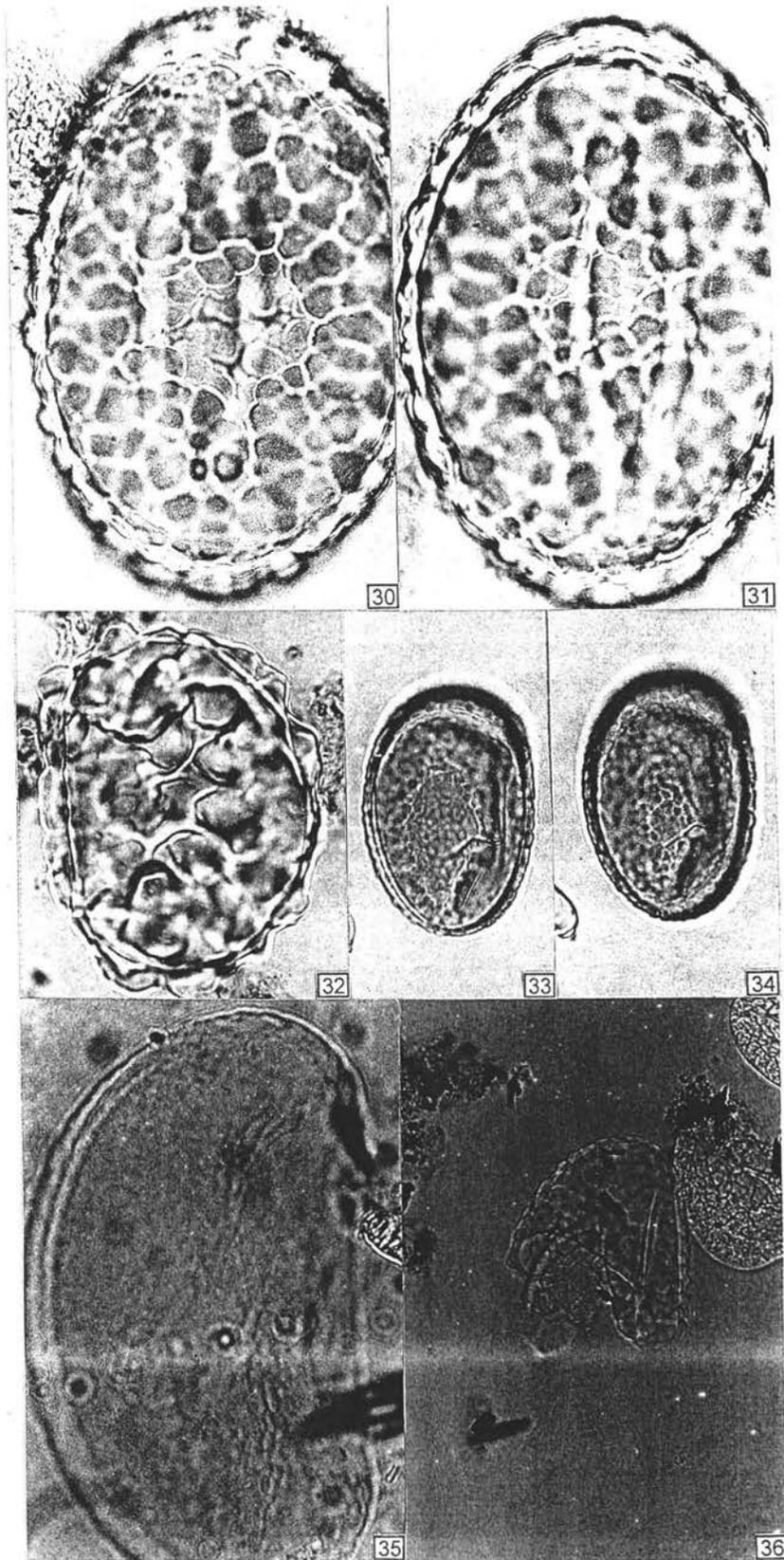


Lámina IV. POLYODIACEAE. Figuras 30 y 31: *Campylonerum angustifolium* (VII, 15) (escala 1:1000). Figura 32: *Phlebodium araneosum* (VII, 31) (escala 1:1000). Figuras 33 y 34: *Polypodium* 1 (IV, 19) (escala 1:1000). Figura 35: *Polypodium* 2 (VII, 32). Figura 36: *Polypodium* 3 (VI, 46) (escala 1:400).

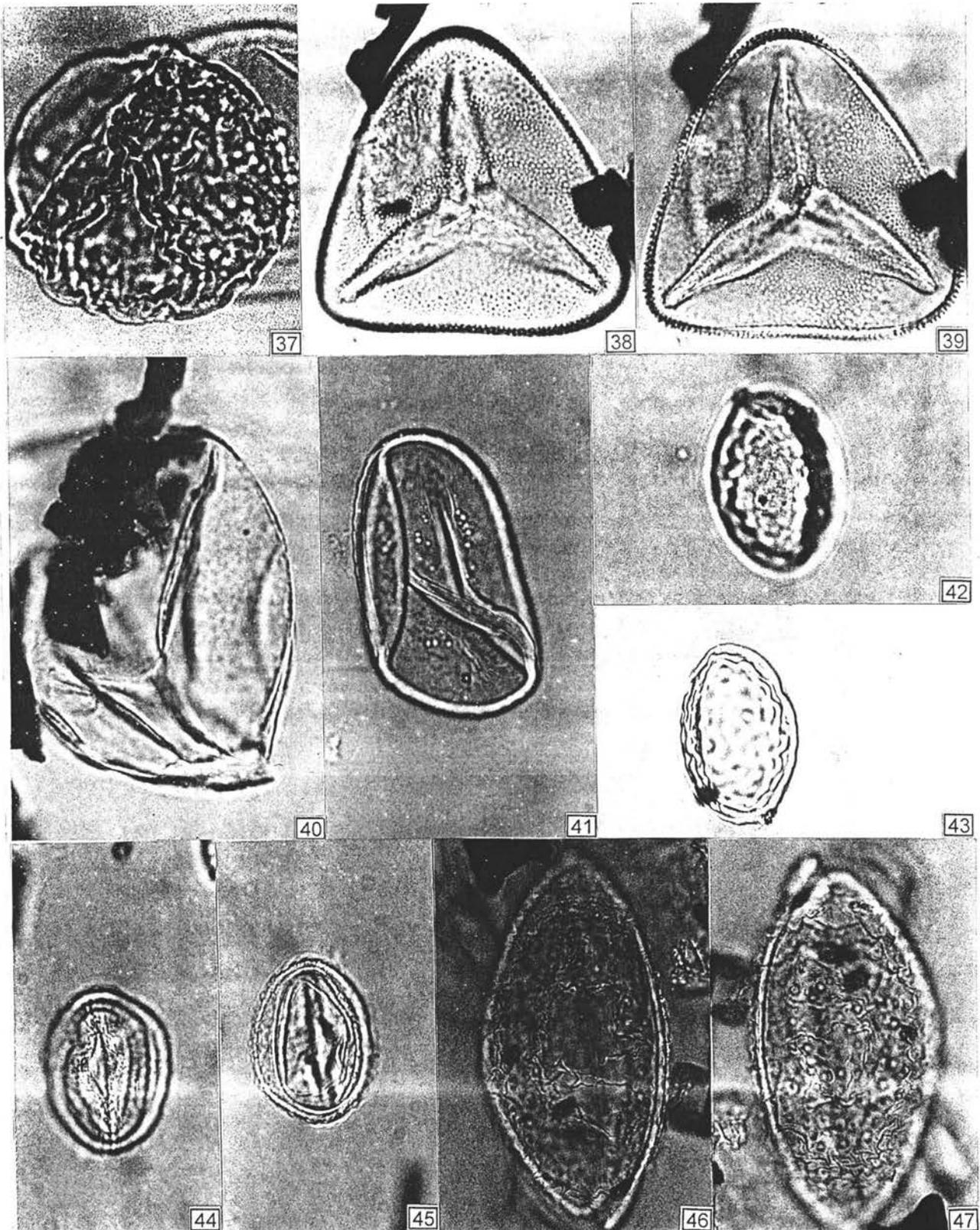


Lámina V. PTERIDACEAE. Figura 37: *Cheilanthes farinosa* (VII, 29) (escala 1:1000). Figuras 38 y 39: *Cheilanthes sinuata* (II, 3) (escala 1:1000). INDETERMINADAS. Figura 40: Espora 1 (VII, 19) (escala 1:1000). Figura 41: Espora monolete 1 (VII, 30) (escala 1:9000). Figuras 42 y 43: Espora monolete 2 (II, 8) (escala 1:1000). Figuras 44 y 45: Espora monolete 3 (VI, 46) (escala 1:1000). Figuras 46 y 47: Espora monolete 4 (II, 3) (escala 1:1000).

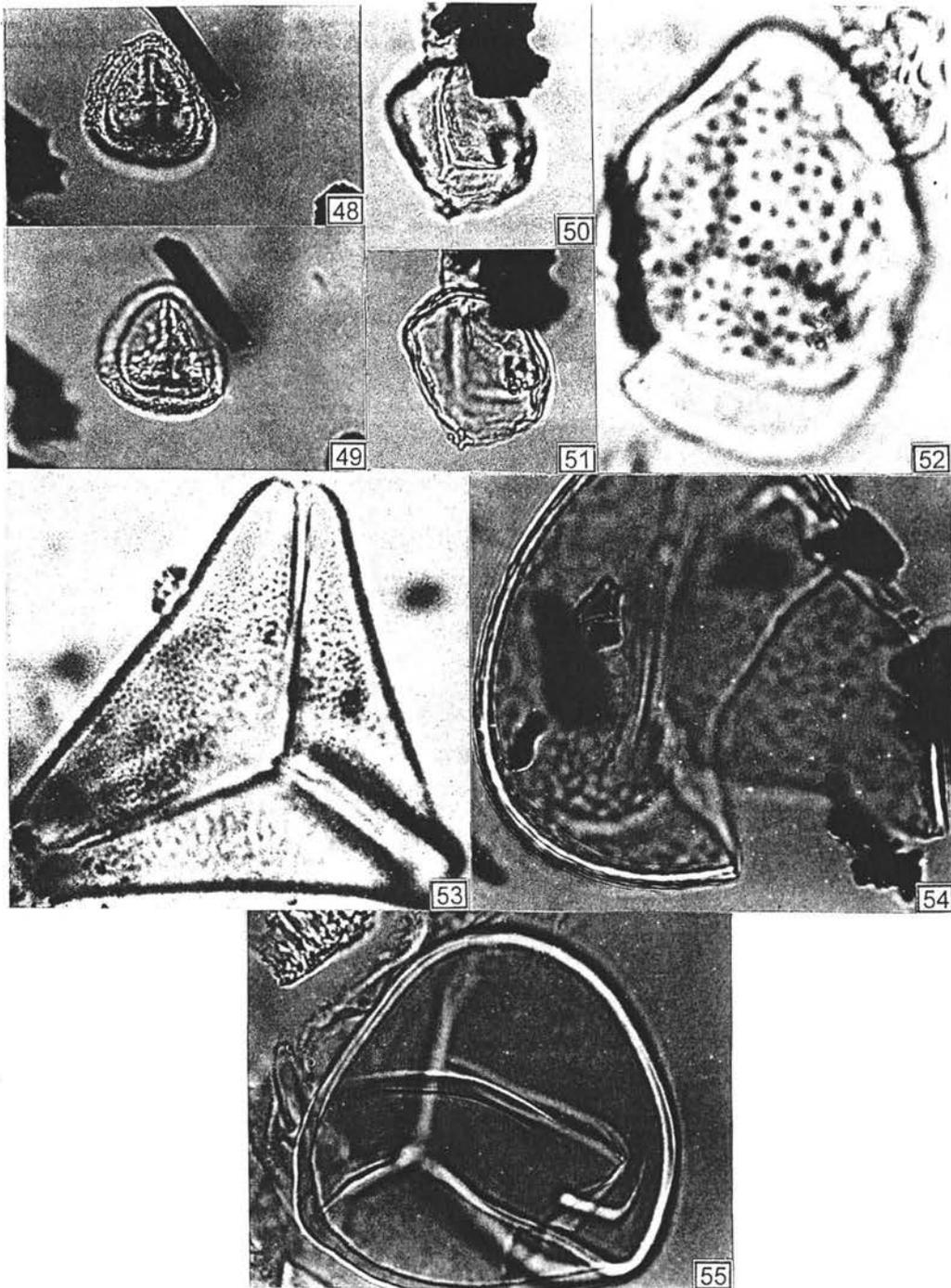


Lámina VI. Figuras 48 y 49: Espora trilete 1 (VI, 46) (escala 1:1000). Figuras 50 y 51: Espora trilete 2 (II, 7) (escala 1:1000). Figura 52: Espora trilete 3 (VII, 4) (escala 1:1000). Figura 53: Espora trilete 4 (probablemente Sapindaceae) (VII, 29) (escala 1:1000). Figura 54: Espora trilete 5 (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 55: Espora trilete 6 (VII, 30) (escala 1:800).

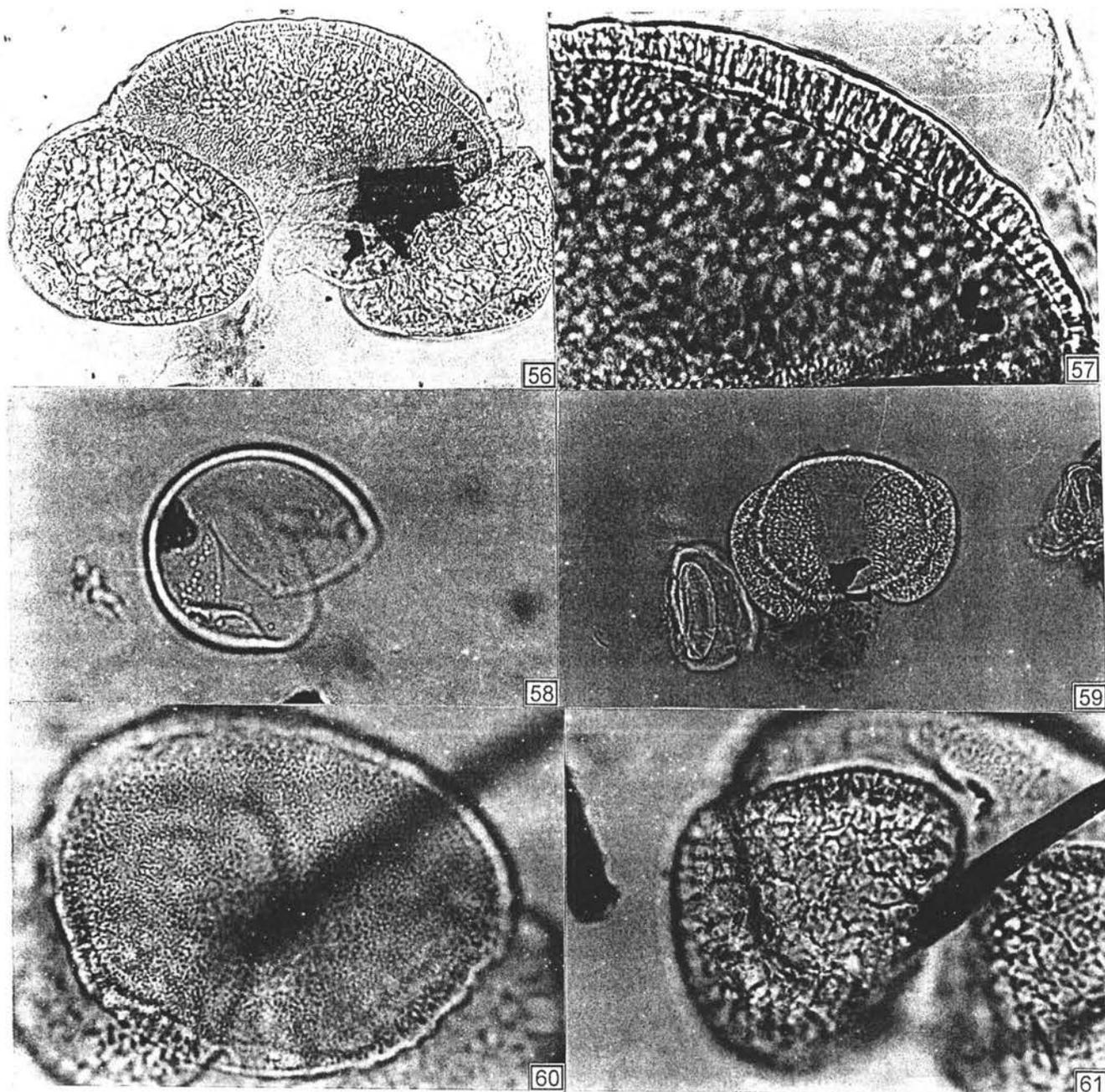


Lámina VII. PINOPHYTA. ABIETACEAE. Figuras 56 y 57: *Abies* sp. (VII, 25) (56, escala 1:450; 57, escala 1:1000). CUPRESSACEAE/TAXODIACEAE. Figura 58: *CuTaJu*. (VII, 26) (escala 1:1000). PINACEAE. Figuras 59, 60 y 61: *Pinus* sp. (VII, 20 y 36) (59, escala 1:500; 60, escala 1:1000; 61, escala 1:900).

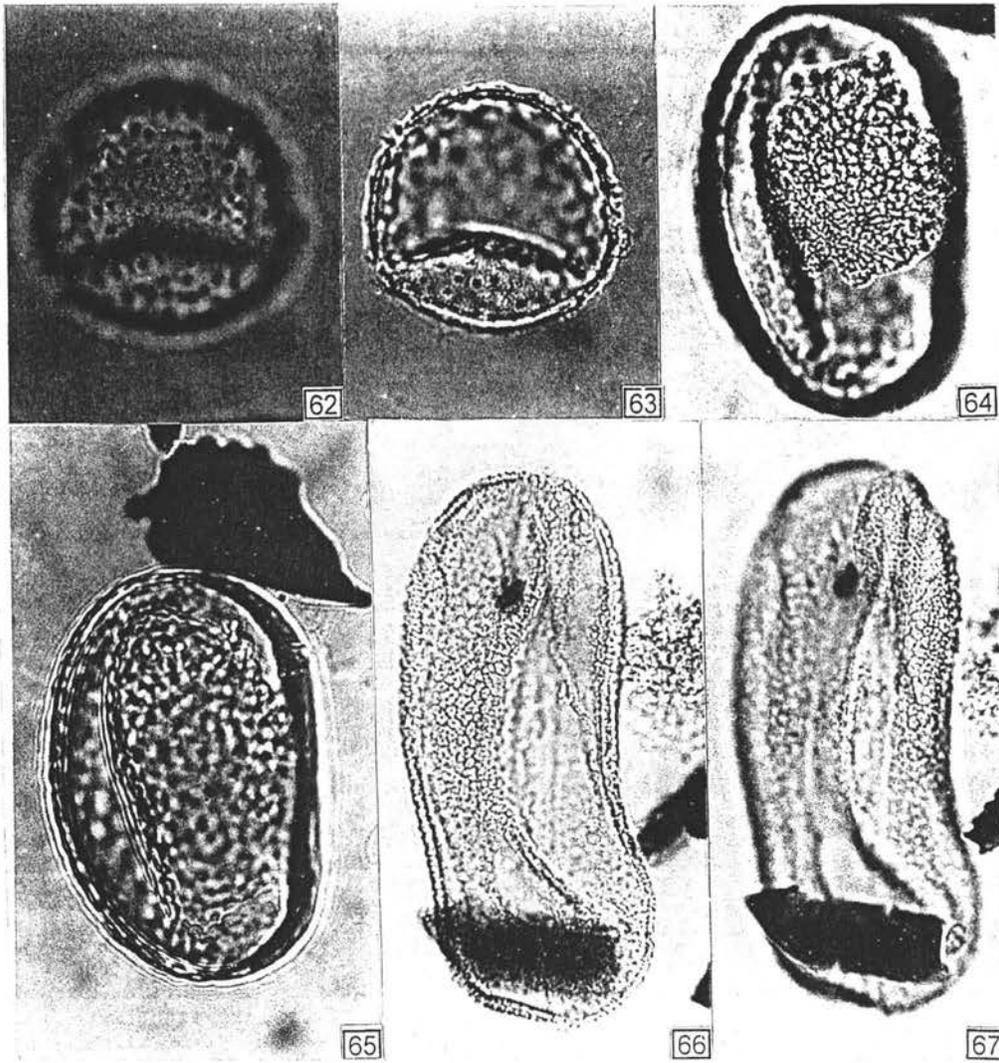


Lámina VIII. MAGNOLIOPHYTA. LILIOPSIDA. ALISMATACEAE. Figuras 62 y 63: *Sagittaria* sp. (VII, 22) (escala 1:1000). BROMELIACEAE. Figuras 64 y 65: Bromeliaceae 1 (VI, 46) (escala 1:1000). Figuras 66 y 67: Bromeliaceae 2 (IV, 17) (escala 1:1000).

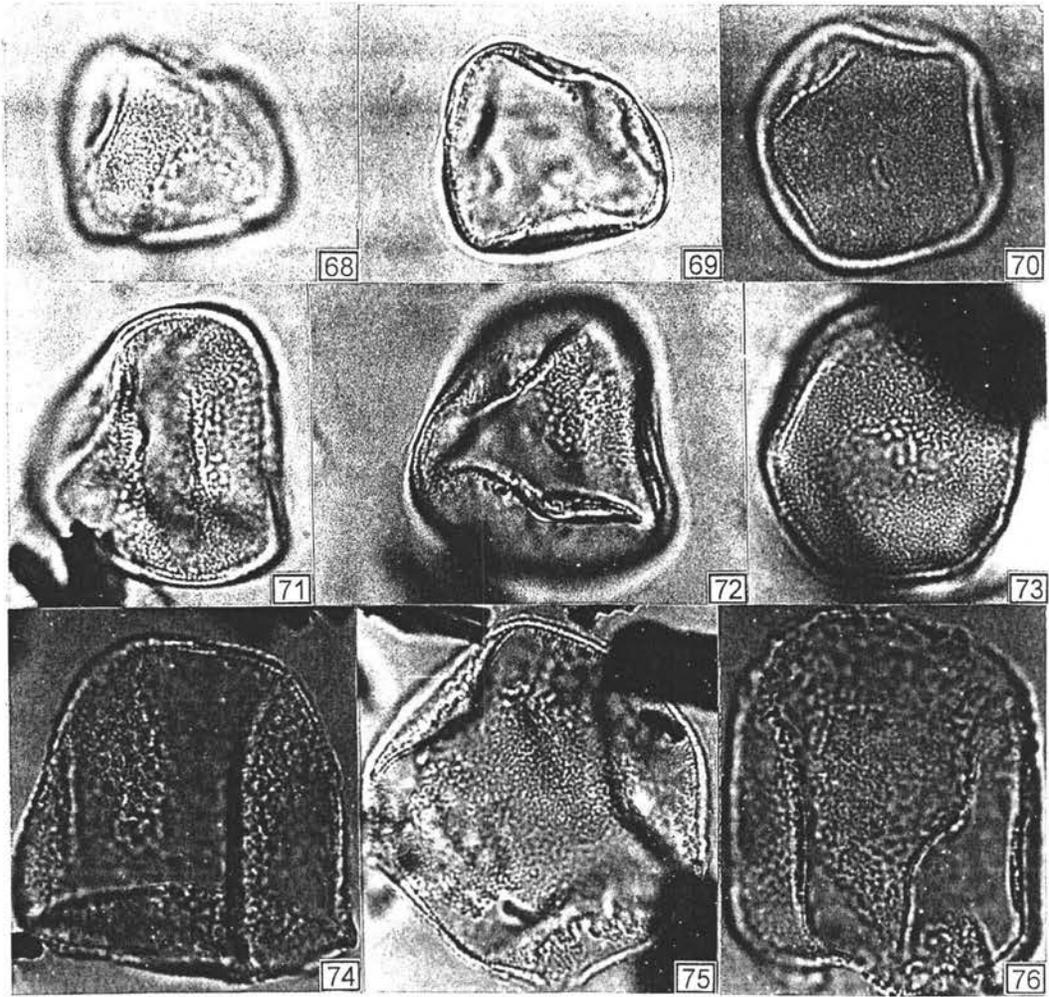


Lámina IX. CYPERACEAE. Figuras 68, 69 y 70: *Cyperus* 1 (IV, 47; VI, 42) (escala 1:900). Figuras 71, 72, 73 y 74: *Cyperus* 2 (II, 2; VII, 19) (escala 1:900). Figuras 75 y 76: *Schoenoplectus* 1 (VII, 19 y 21) (escala 1:900).

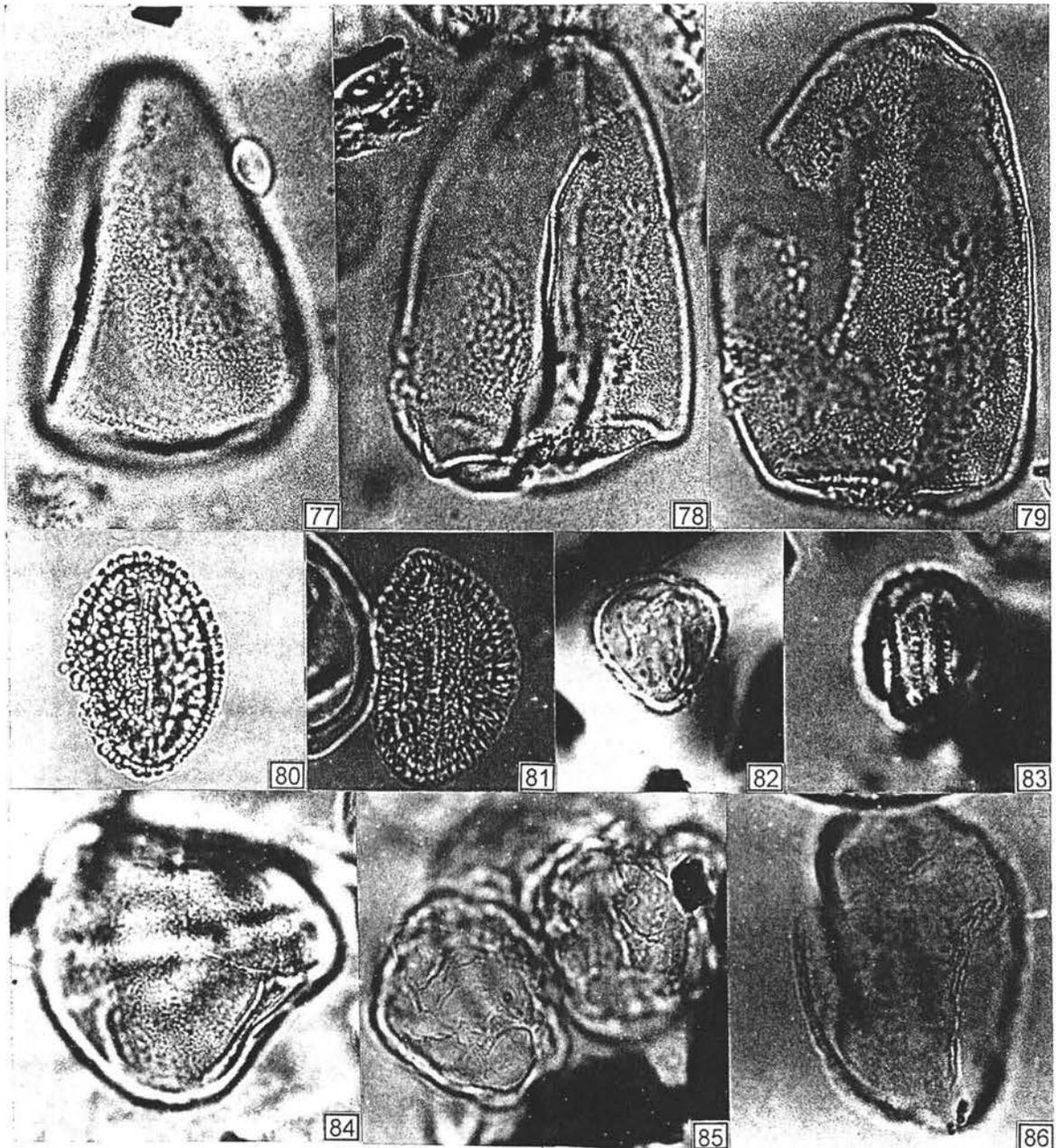


Lámina X. Figuras 77, 78 y 79: *Schoenoplectus* 2 (VII, 22; II, 2) (escala 1:900). COMMELINACEAE. Figuras 80 y 81: Commelinaceae (IV, 20 y 22) (escala 1:1000). ERIOCAULACEAE. Figuras 82 y 83: *Eriocaulon* sp. (VII, 17 y 18) (escala 1:1000). JUNCACEAE. Figura 84: aff. *Luzula* sp. (VII, 16) (escala 1:1000). Figura 85: aff. Juncaceae 1 (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 86: aff. Juncaceae 2 (VI, 24) (escala 1:1000).

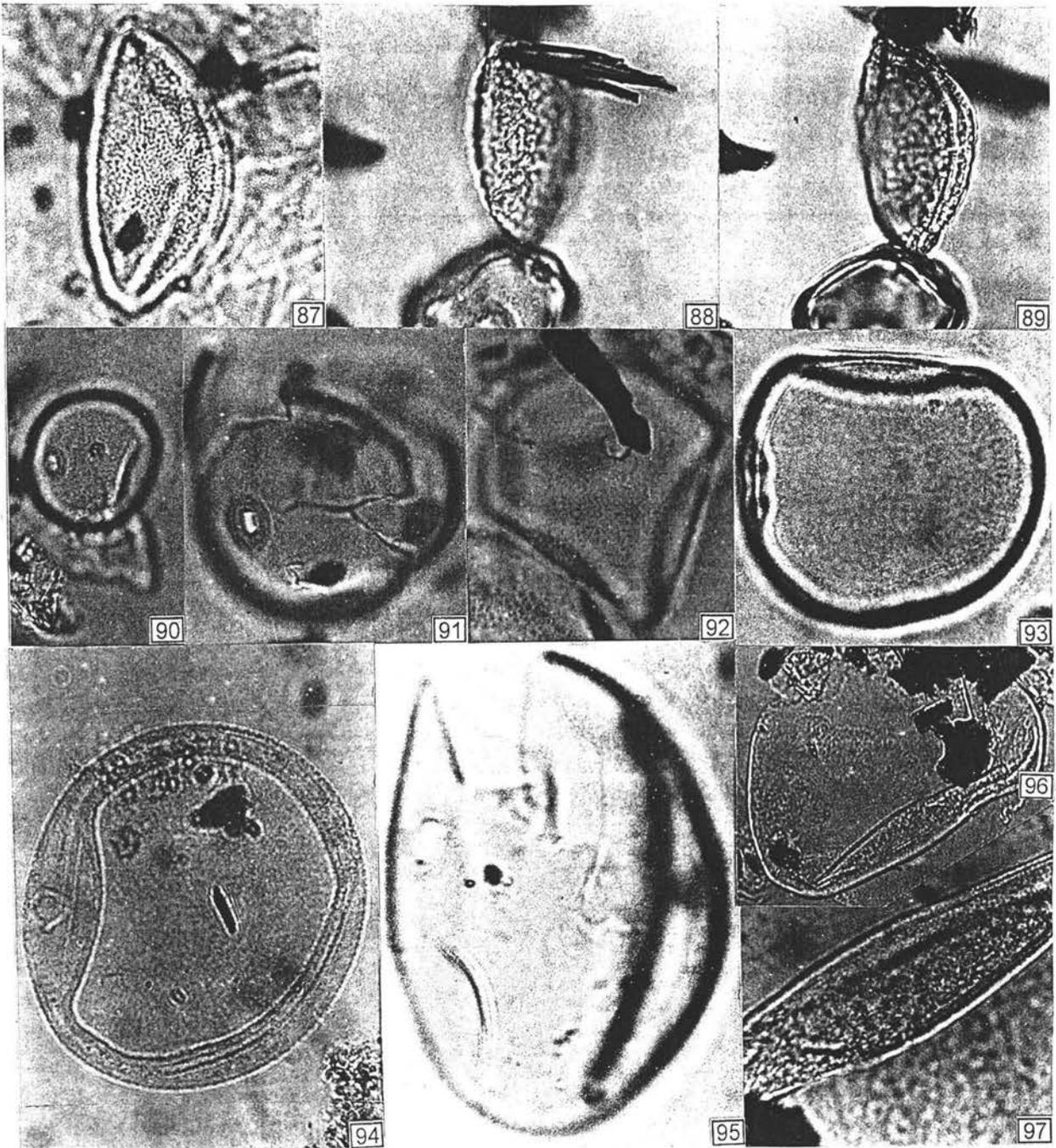


Lámina XI. LILIACEAE. Figura 87: Liliaceae 1 (VII, 27) (escala 1:1000). Figuras 88 y 89: Liliaceae 2 (VII, 14) (escala 1:1000). **POACEAE.** Figura 90: Poaceae 1 (VI, 46) (escala 1:1000). Figura 91: Poaceae 2 (VII, 18) (escala 1:1000). Figura 92: Poaceae 3 (VII, 32) (escala 1:1000). Figura 93: Poaceae 4 (VII, 18) (escala 1:900). Figura 94: Poaceae 5 (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 95: Poaceae 6 (VII, 7) (escala 1:1000). Figuras 96 y 97: *Zea mays* (II, 3) (96, escala 1:500; 97, escala 1:1000).

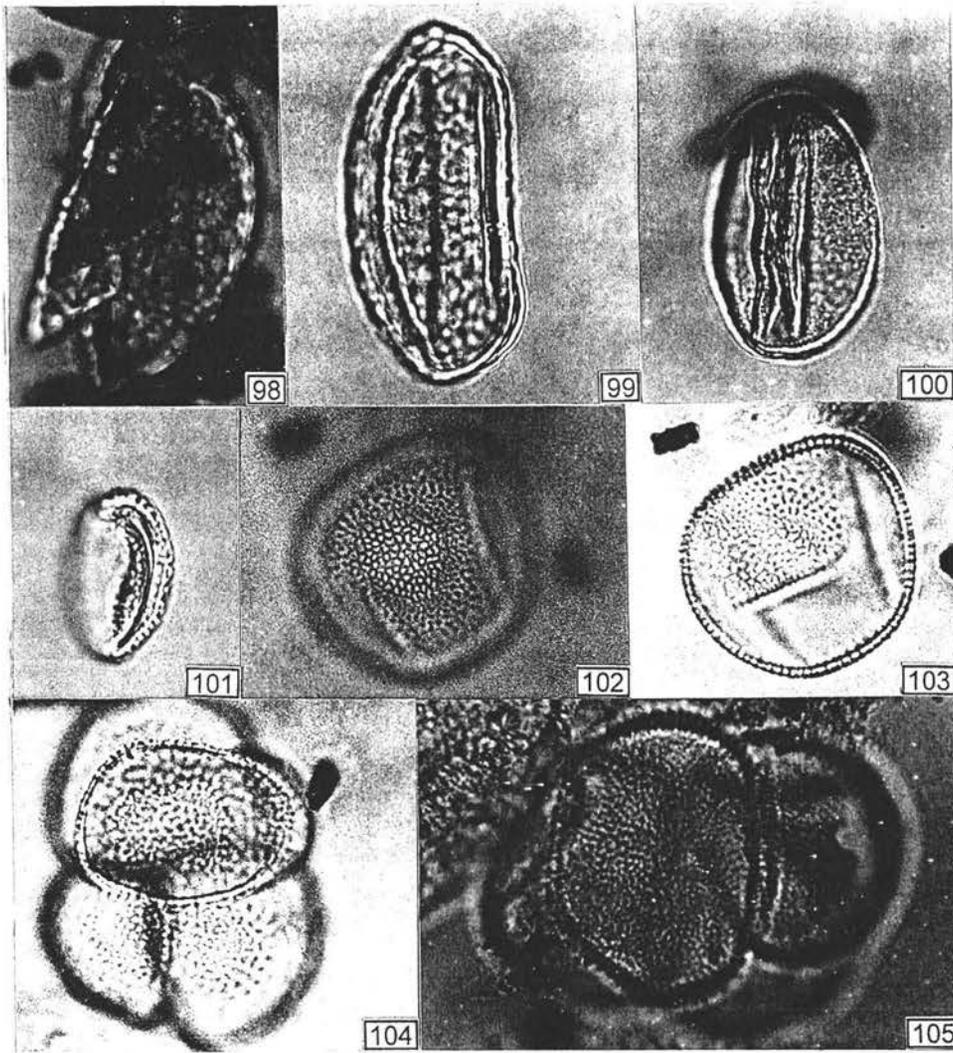


Lámina XII. PONTEDERIACEAE. Figura 98: *Heteranthera* 1 (VII, 18) (escala 1:450). Figura 99: *Heteranthera* 2 (VI, 38) (escala 1:900). Figura 100: *Heteranthera* 3 (IV, 19) (escala 1:1000). Figura 101: *Heteranthera* 4 (VI, 42) (escala 1:1000). POTAMOGETONACEAE. Figuras 102 y 103: *Potamogeton* sp. (VII, 26) (escala 1:1000). THYPHACEAE. Figuras 104 y 105: *Thypha* sp. (VII, 23 y 32) (104, escala 1:1000; 105, escala 1:700).

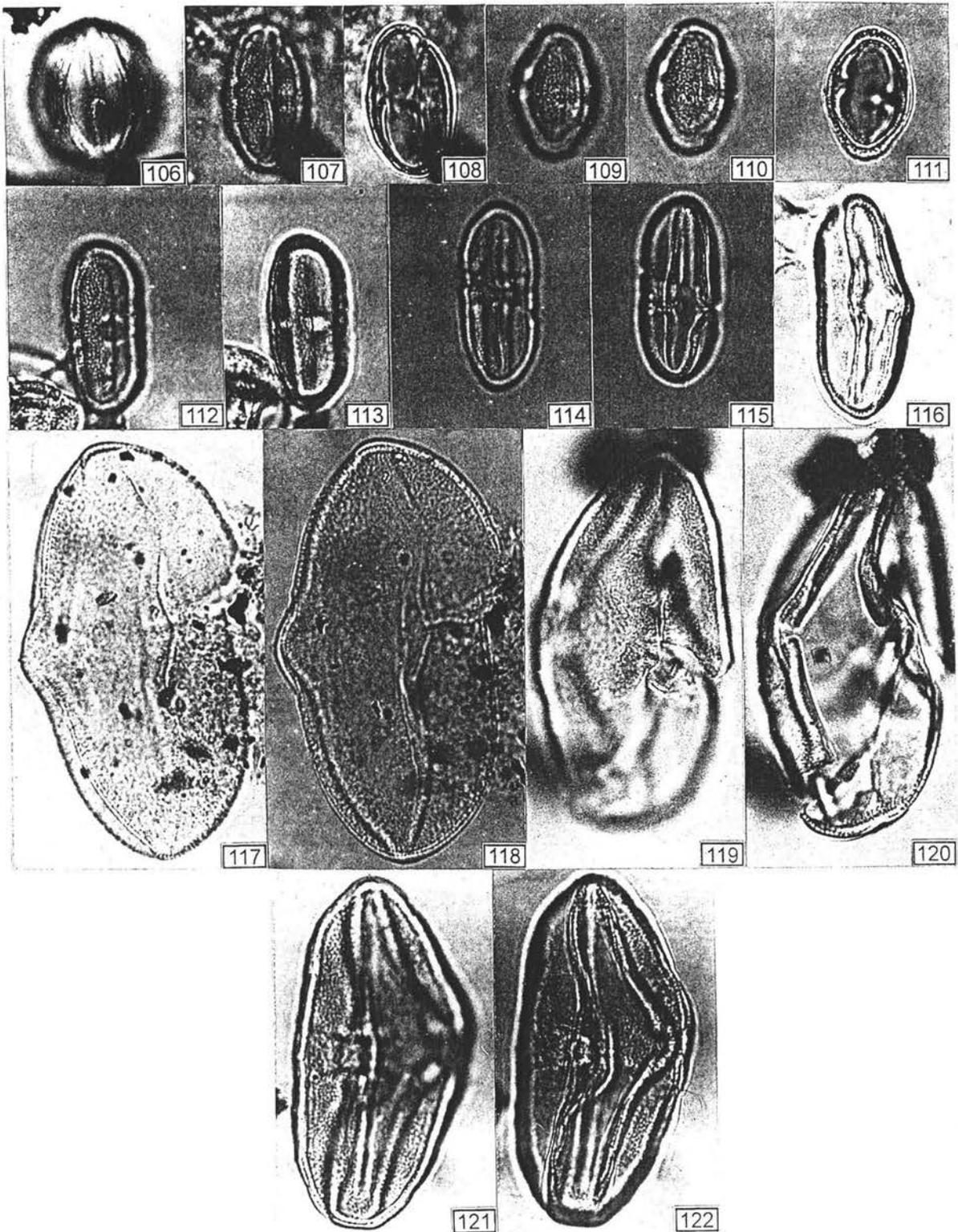


Lámina XIII. MAGNOLIOPSIDA. ACANTHACEAE. Figura 106: Acanthaceae (VII, 19) (escala 1:700). APIACEAE. Figuras 107 y 108: *Berula erecta* (IV, 17) (107, escala 1:1000; 108, escala 1:750). Figuras 109, 110 y 111: *Hydrocotyle* sp. (IV, 20) (escala 1:1000). Figuras 112 y 113: Apiaceae 1 (IV, 17) (escala 1:1000). Figuras 114 y 115: Apiaceae 2 (IV, 20). Figura 116: Apiaceae 3 (VII, 26) (escala 1:1000). Figuras 117 y 118: Apiaceae 4 (VII, 32) (escala 1:1000). Figuras 119 y 120: Apiaceae 5 (II, 2) (escala 1:1000). Figuras 121 y 122: Apiaceae 6 (IV, 17) (escala 1:1200).

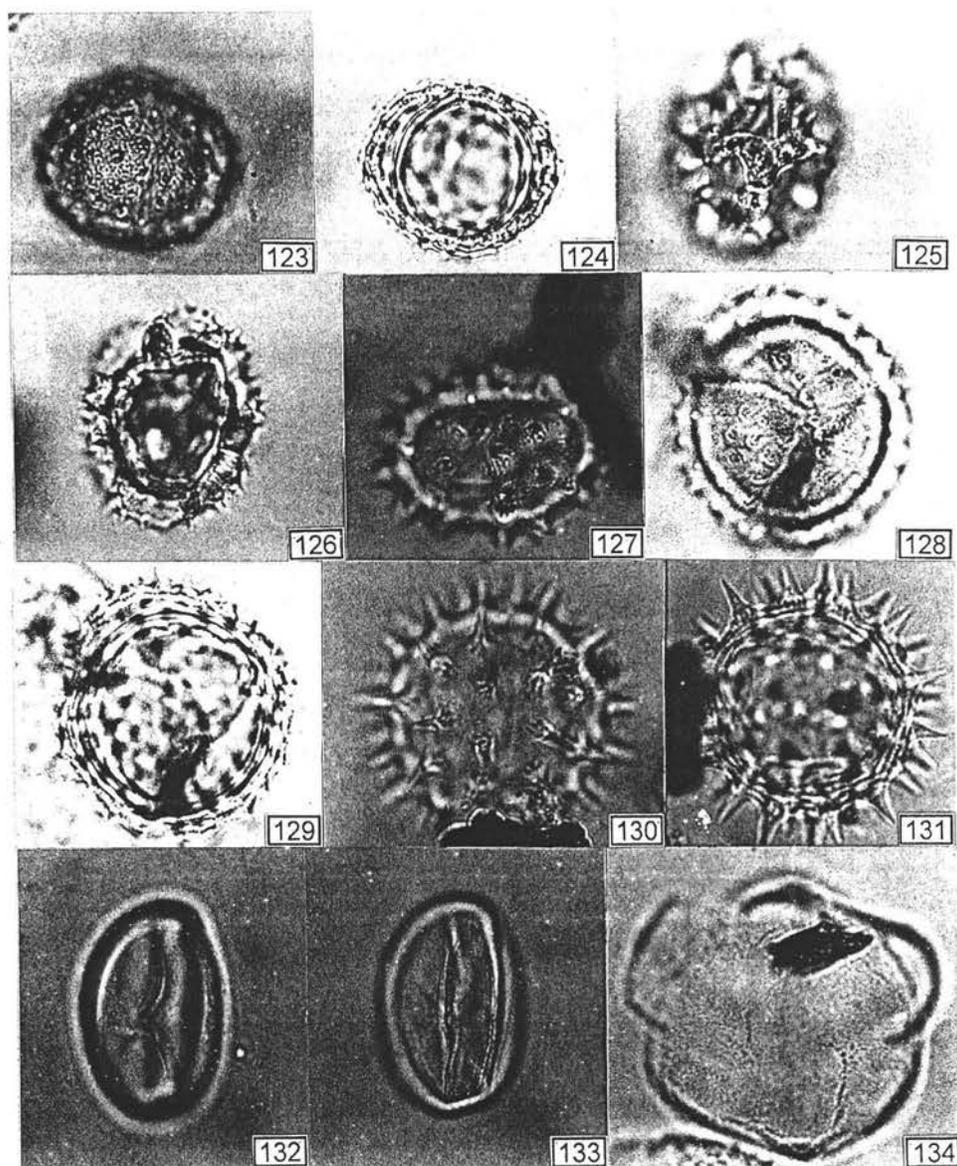


Lámina XIV. ASTERACEAE. Figuras 123 y 124: *Ambrosia* sp. (II, 6; III, 19) (escala 1:1000). Figuras 125 y 126: Lactuceae (II, 5) (escala 1:1000). Figura 127: Asteraceae 1 (VII, 18) (escala 1:1000). Figuras 128 y 129: Asteraceae 2 (VII, 27) (escala 1:1000). Figuras 130 y 131: Asteraceae 3 (VII, 30) (escala 1:1000). aff. **BATIDACEAE.** Figuras 132 y 133: aff. *Batis maritima* (VII, 17) (escala 1:1000). **BERBERIDACEAE.** Figura 134: *Berberis* sp. (IV, 22).

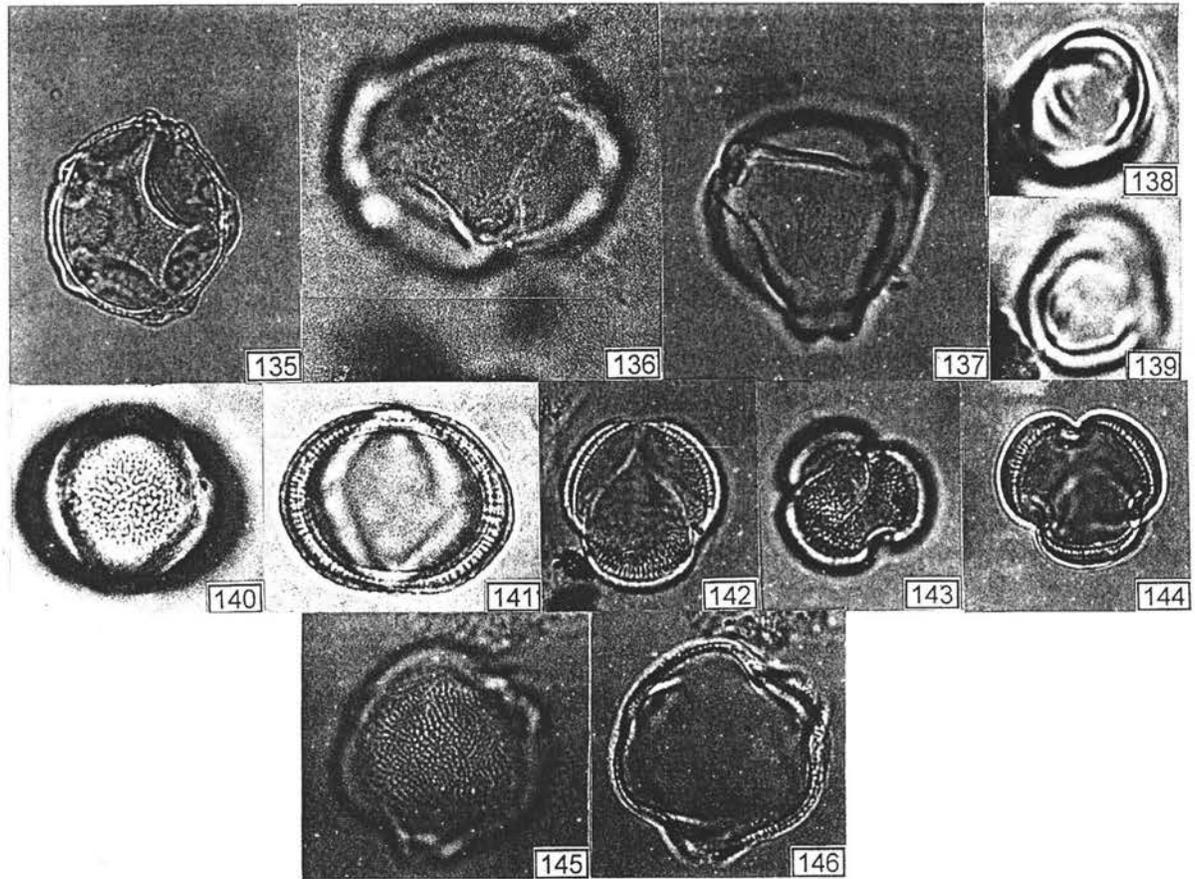


Lámina XV. BETULACEAE. Figura 135: *Alnus* 1 (V, 46) (escala 1:1000). Figura 136: *Alnus* 2 (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 137: *Alnus* 3 (VII, 32) (escala 1:1000). **BORAGINACEAE.** Figuras 138 y 139: *Lithospermum* sp. (VII, 17) (escala 1:1000). **BRASSICACEAE.** Figuras 140, 141, 142, 143 y 144: *Rorippa* sp. (VII, 26 y 30) (escala 1:1000). **BURSERACEAE.** Figuras 145 y 146: *Bursera* sp. (VI, 24) (escala 1:1000).

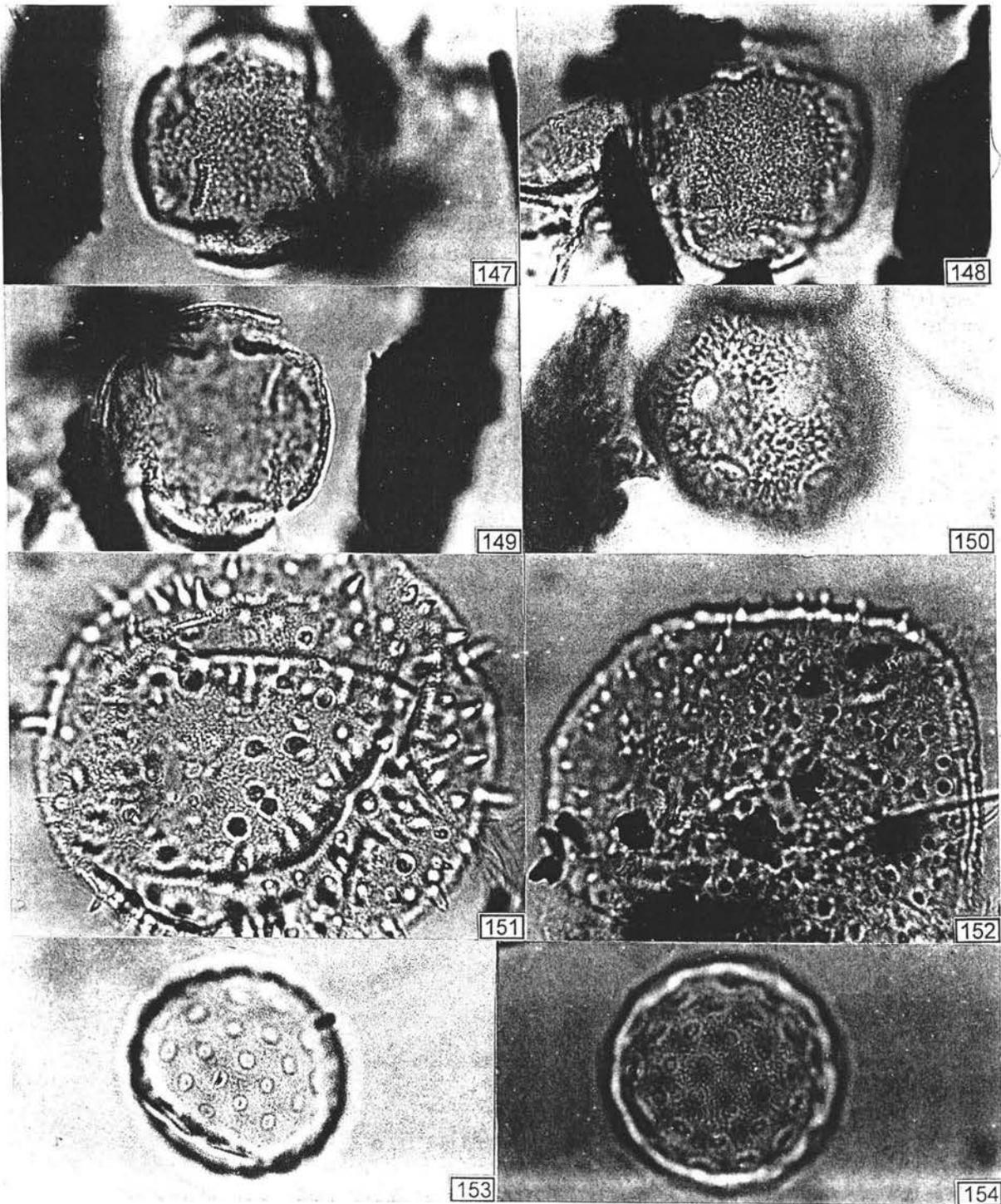


Lámina XVI. CACTACEAE. Figuras 147, 148 y 149: *Heliocereus* sp. (VII, 19) (escala 1:1000). CARYOPHYLLACEAE. Figura 150: *Arenaria* sp. (VII, 29) (escala 1:1000). CUCURBITACEAE. Figura 151: *Cucurbita* 1 (II, 4) (escala 1:1000). Figura 152: *Cucurbita* 2 (II, 3) (escala 1:1000). CHENOPODIACEAE-AMARANTHACEAE. Figura 153: Cheno-Am 1 (VII, 30) (escala 1:1200). Figura 154: Cheno-Am 2 (VII, 32) (escala 1:1000).

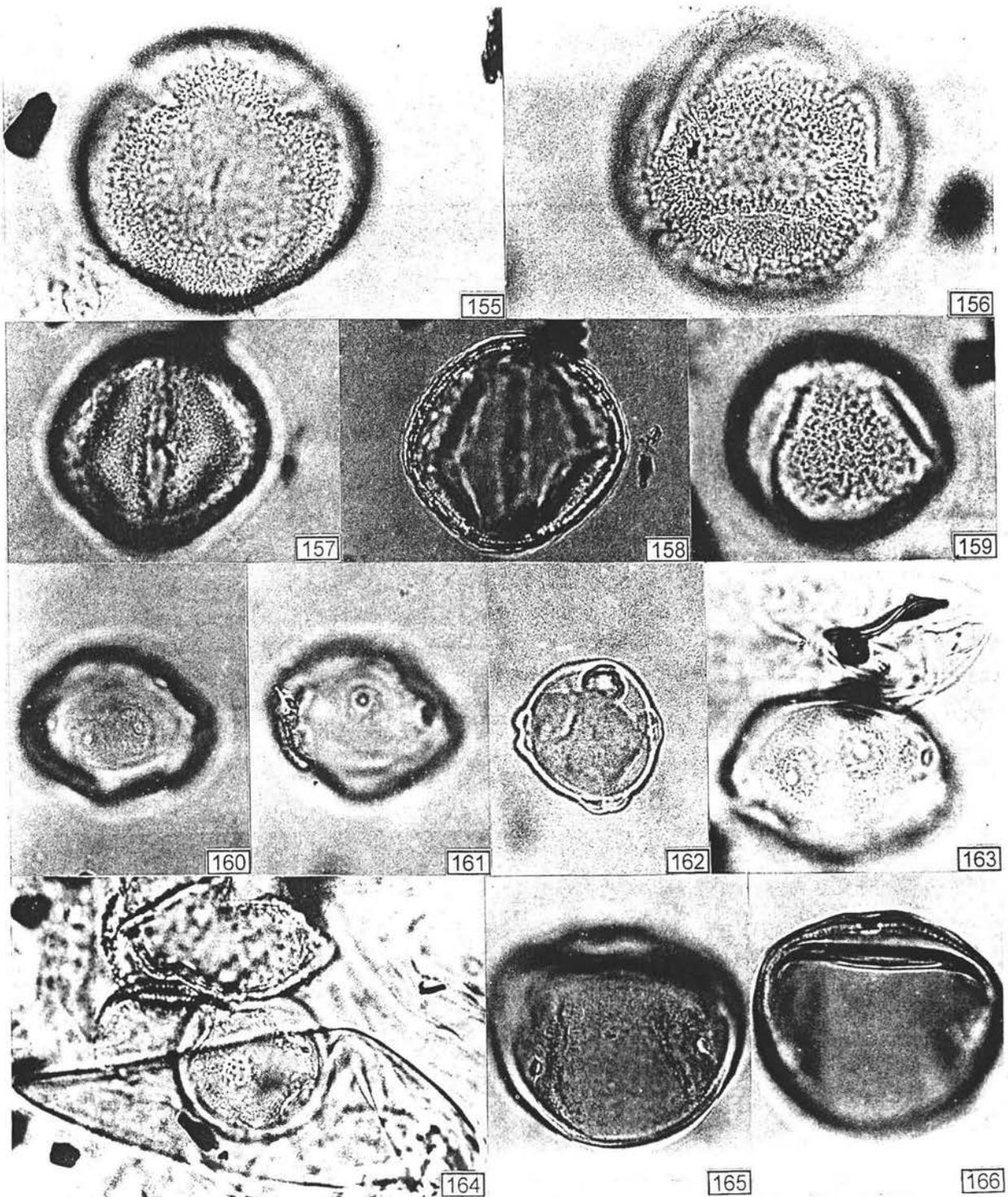


Lámina XVII. CONVULVULACEAE. Figuras 155 y 156: Convolvulaceae (VII, 23) (escala 1:9000). FAGACEAE. Figuras 157, 158 y 159: *Quercus* sp. (VII, 17) (escala 1:1000). HALORAGACEAE. Figuras 160, 161 y 162: *Myriophyllum* 1 (VII, 24) (escala 1:1000). Figura 163: *Myriophyllum* 2 (VII, 16) (escala 1:1000). HAMAMELIDACEAE. Figura 164: *Liquidambar* sp. (VII, 27) (escala 1:1000). JUGLANDACEAE. Figuras 165 y 166: aff. *Carya* sp. (IV, 25) (escala 1:1000).

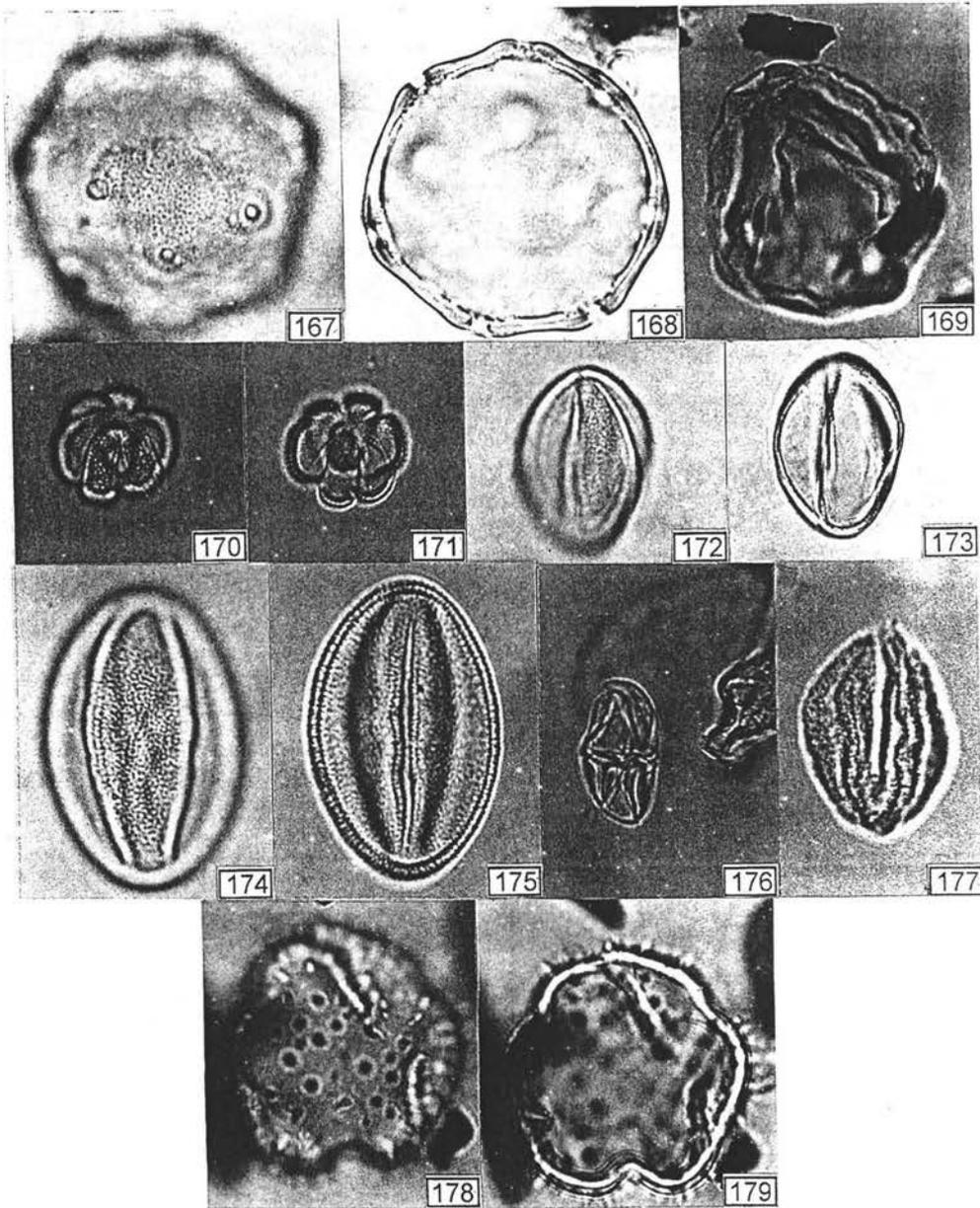


Lámina XVIII. Figuras 167, 168 y 169: *Juglans* sp. (VII, 15) (escala 1:1000). LAMIACEAE. Figuras 170 y 171: Lamiaceae (IV,19) (escala 1:1000). LEGUMINOSAE. Figuras 172 y 173: *Cassia* 1 (IV, 20) (escala 1:1000). Figuras 174 y 175: *Cassia* 2 (IV, 20) (escala 1:900). Figura 176: *Mimosa* sp. (IV, 19) (escala 1:1000). LENTIBULARIACEAE. Figura 177: aff. *Utricularia* 1 (II, 2) (escala 1:1000). LORANTHACEAE. Figuras 178 y 179: *Arceuthobium* sp. (VII, 24) (escala 1:1000).

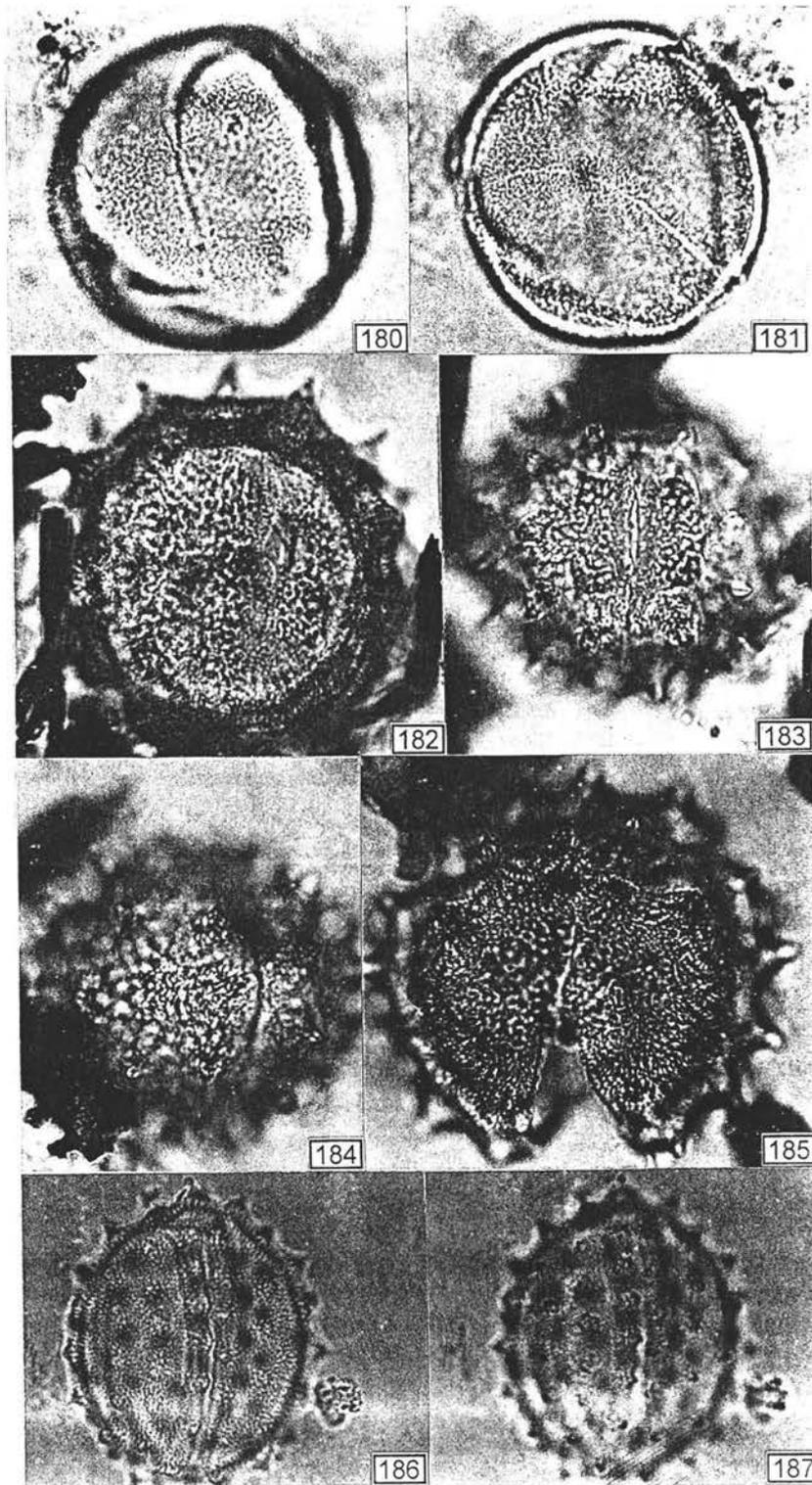


Lámina XIX. MALPIGHIACEAE. Figuras 180 y 181: Malpighiaceae (VII, 26) (escala 1:1000). MALVACEAE. Figura 182, 183, 184 y 185: Malvaceae 1 (VII, 16 y 26) (escala 1:1000). Figuras 186 y 187: Malvaceae 2 (IV, 23) (escala 1:1000). MENYANTHACEAE. Figura 188: *Nymphoides fallax* (VII, 26) (escala 1:1000). MYRICACEAE. Figura 189: *Myrica* sp. (VI, 46) (escala 1:1000).

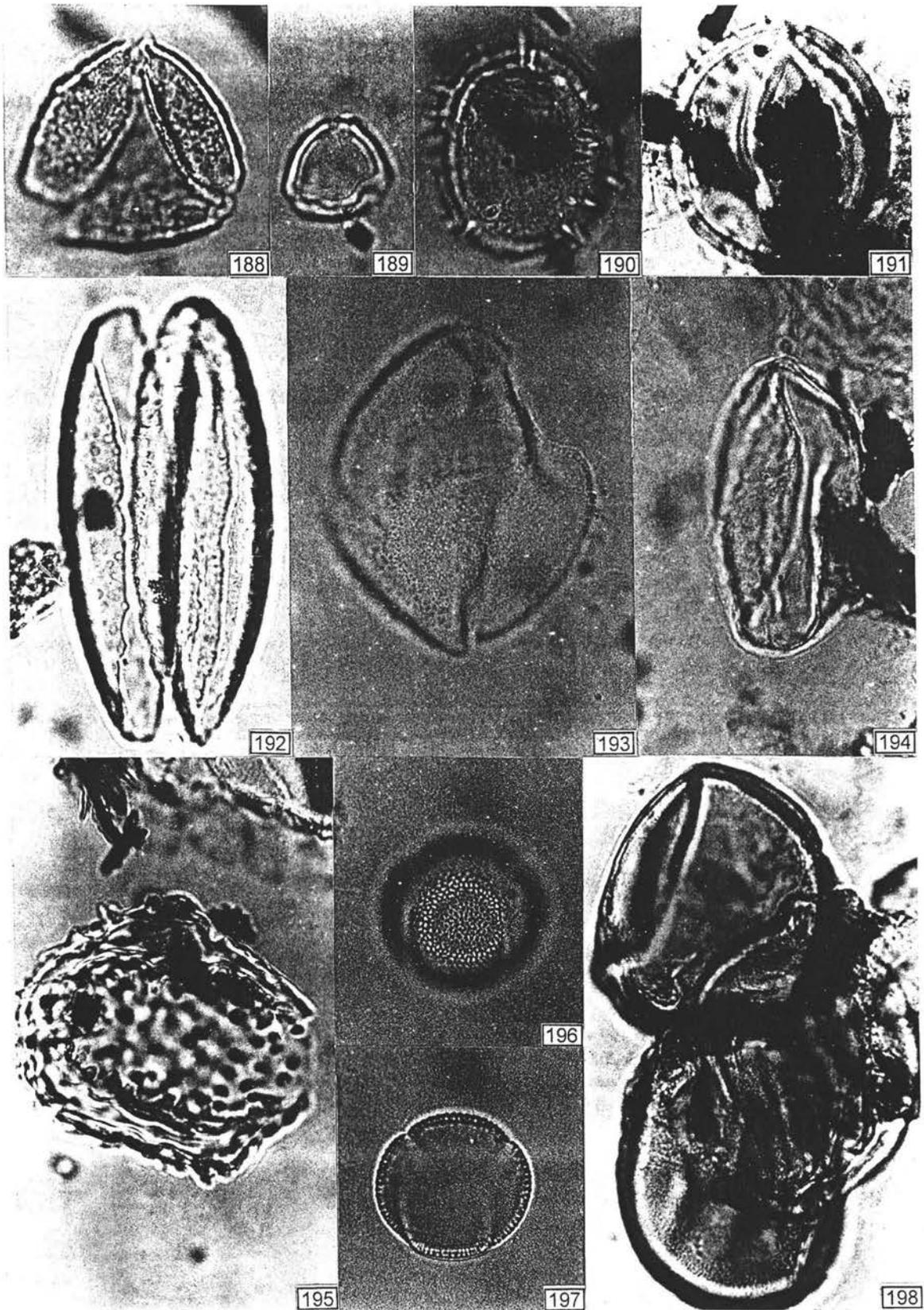


Lámina XX. NYMPHACEAE. Figuras 190 y 191: *Nuphar* sp. (VII, 17 y 29) (escala 1:1000). Figuras 192, 193 y 194: *Nymphaea ampla* (VI, 46; VII, 23) (192, escala 1:1200; 193, 194, escala 1:1000). Figura 195: aff. *Nymphaea mexicana* (II, 5) (escala 1:1000). OLEACEAE. Figuras 196 y 197: *Fraxinus* sp. (VII, 23) (escala 1:1000). ONAGRACEAE. Figura 198: *Ludwigia* sp. (VI, 24) (escala 1:1000).

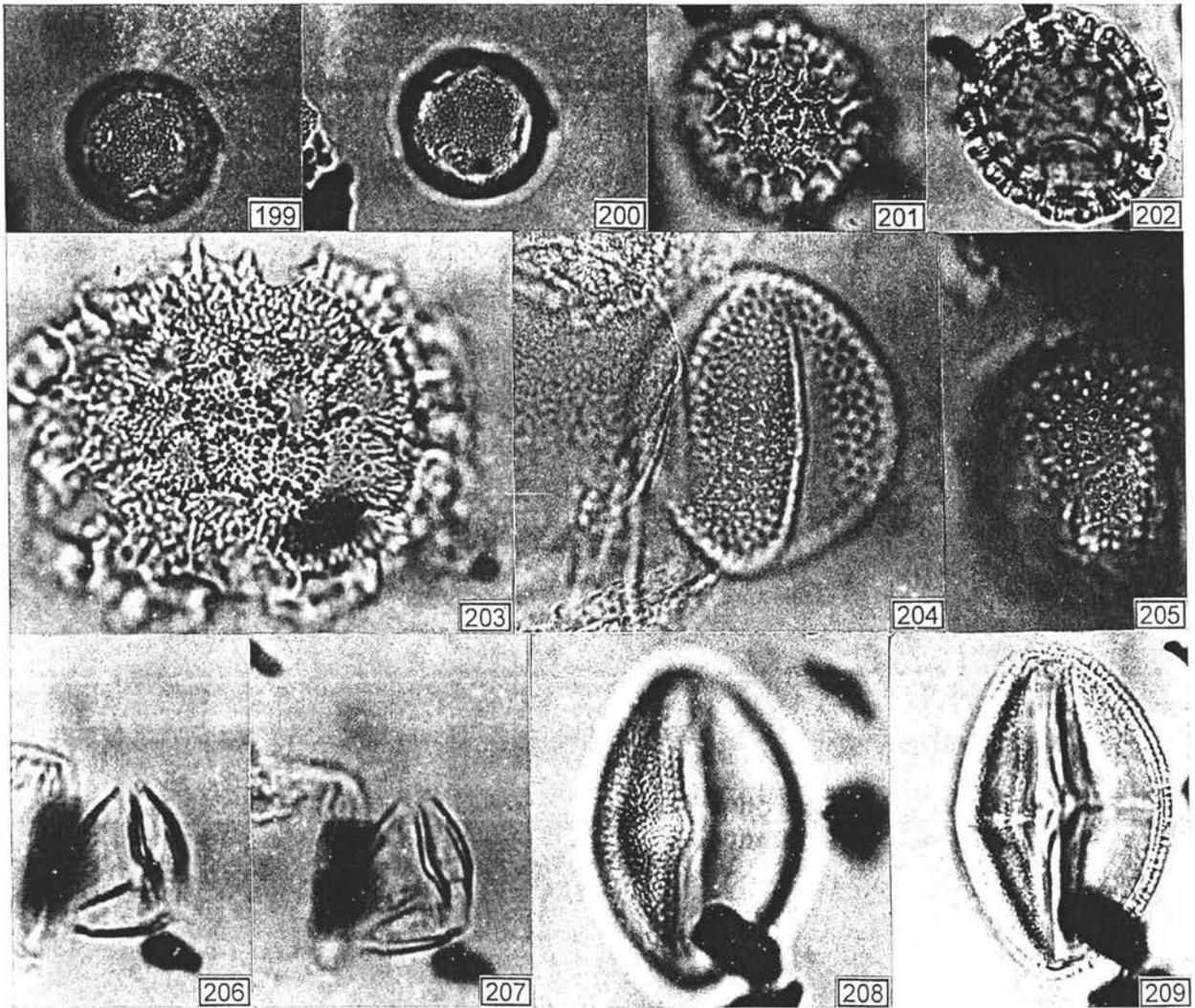


Lámina XXI. PLANTAGINACEAE. Figuras 199 y 200: *Plantago* sp. (IV, 17) (escala 1:1000). POLYGONACEAE. Figuras 201 y 202: *Polygonum* 1 (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 203: *Polygonum* 2 (VII, 32) (escala 1:1000). Figura 204: Polygonaceae (IV, 21) (escala 1:1000). RANUNCULACEAE. Figura 205: *Ranunculus* sp. (VII, 14) (escala 1:1000). RHAMNACEAE. Figuras 206 y 207: *Rhamnus* sp. (VII, 18) (escala 1:800). ROSACEAE. Figuras 208 y 209: *Prunus* sp. (VII, 17) (escala 1:1000).

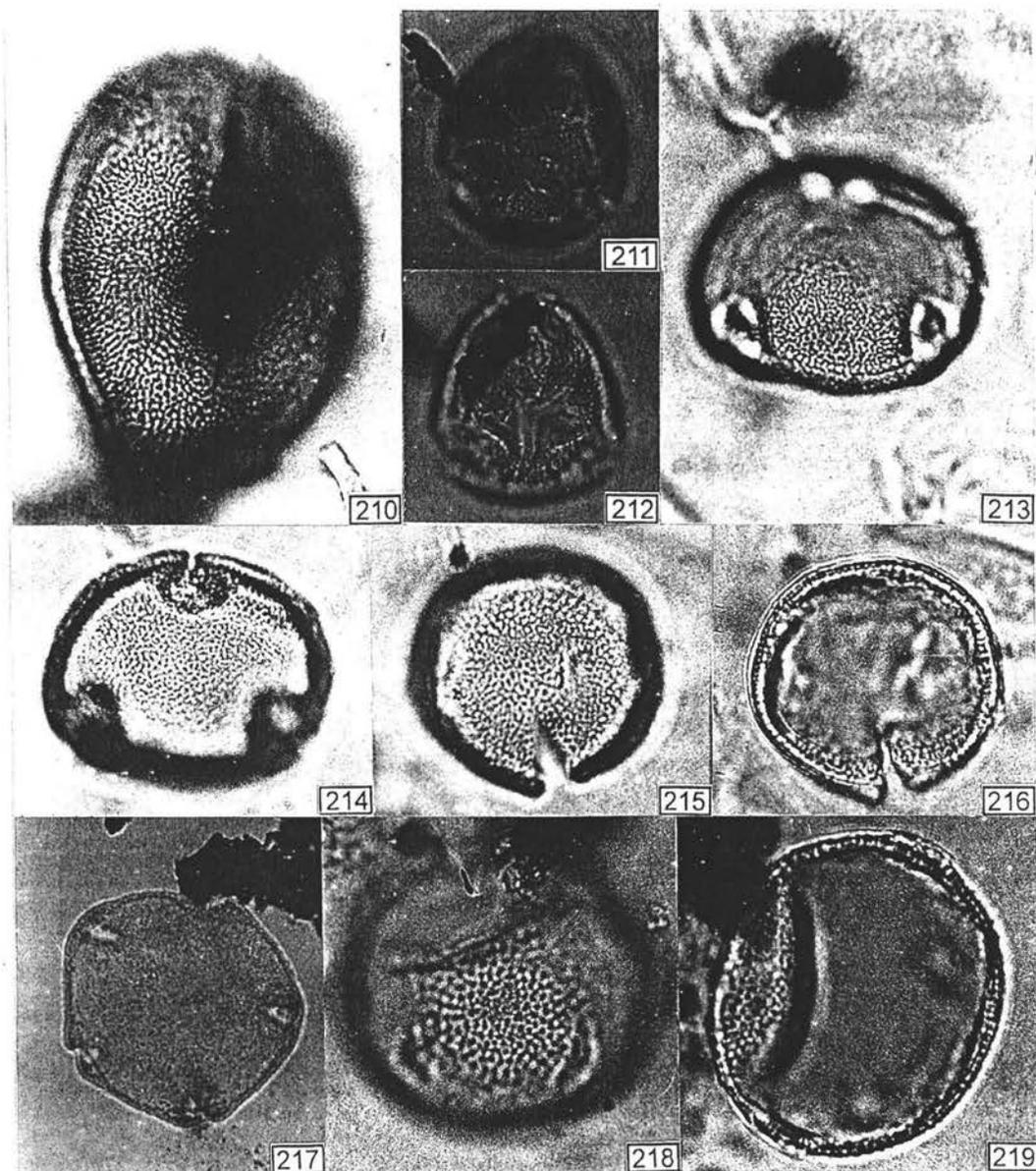


Lámina XXII. Figura 210: Rosaceae (VII, 23) (escala 1:1000). RUBIACEAE. Figuras 211 y 212: aff. *Asemnantha* sp. (VII, 19) (escala 1:1000). Figuras 213 y 214: Rubiaceae 1 (VII, 27) (escala 1:1000). Figuras 215 y 216: Rubiaceae 2 (VII, 27) (escala 1:1000). Figura 217: Rubiaceae 3 (VII, 31) (escala 1:1000). Figuras 218 y 219: Rubiaceae 4 (VII, 23) (escala 1:1000).

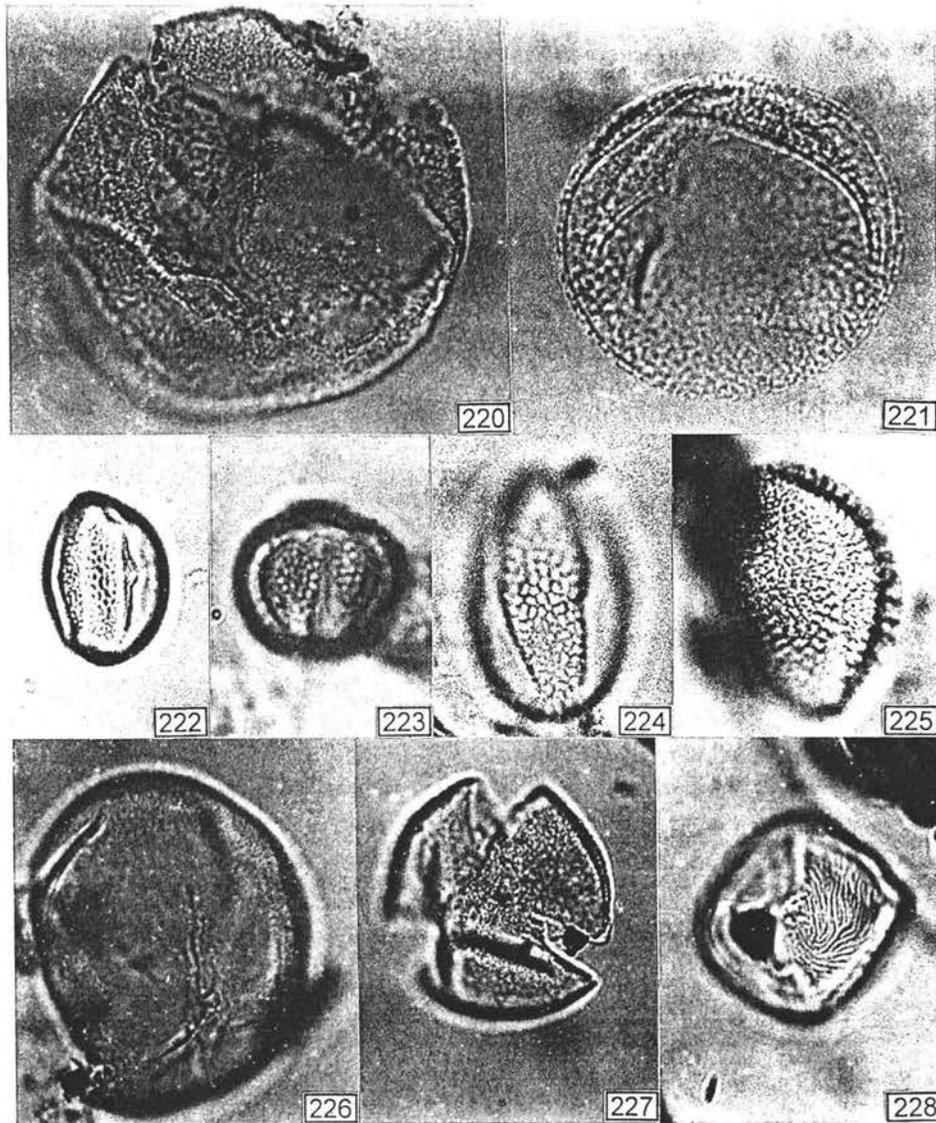


Lámina XXIII. SALICACEAE. Figura 220: *Populus* 1 (VII, 32) (escala 1:1000). Figura 221: *Populus* 3 (IV, 22) (escala 1:800). Figura 222: *Salix* 1 (VII, 26) (escala 1:1000). Figura 223: *Salix* 2 (IV, 17) (escala 1:1000). Figura 224: *Salix* 3 (VII, 24) (escala 1:1000). Figura 225: *Salix* 4 (II, 2) (escala 1:1000). SCROPHULARIACEAE. Figura 226: aff. Scrophulariaceae 1 (VII, 32) (escala 1:1000). Figura 227: aff. Scrophulariaceae 2 (VII, 30) (escala 1:1000). SOLANACEAE. Figuras 228: *Datura* sp. (VII, 17) (escala 1:1000).

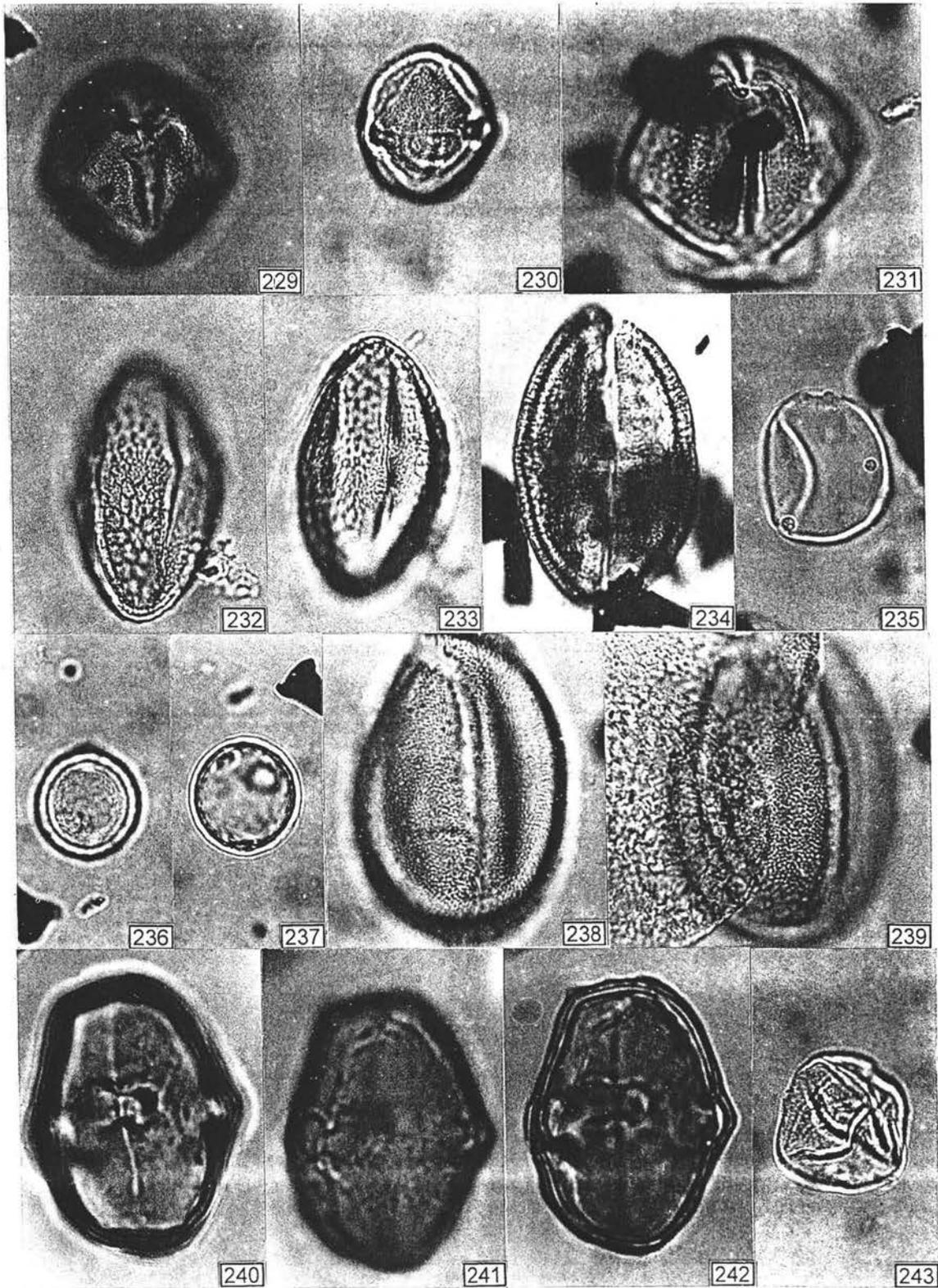


Lámina XXIV. Figura 229: *Solanum* sp. (IV, 19) (escala 1:1000). Figura 230: Solanaceae 1 (IV, 20) (escala 1:1000). Figura 231: Solanaceae 2 (VII, 17) (escala 1:1000). TILIACEAE. Figuras 232 y 233: *Heliocarpus* sp. (II, 2) (escala 1:800). Figura 234: Tiliaceae 1 (IV, 18) (escala 1:900). ULMACEAE. Figura 235: aff. *Celtis* (VI, 46) (escala 1:1000). URTICACEAE. Figuras 236 y 237: *Urtica* sp. (VII, 14) (escala 1:900). VALERIANACEAE. Figuras 238 y 239: *Valeriana* sp. (IV, 16) (escala 1:700). VERBENACEAE. Figuras 240, 241 y 242: *Lantana* sp. (IV, 17) (escala 1:1000). Figura 243: *Lippia* sp. (VII, 14) (escala 1:800).

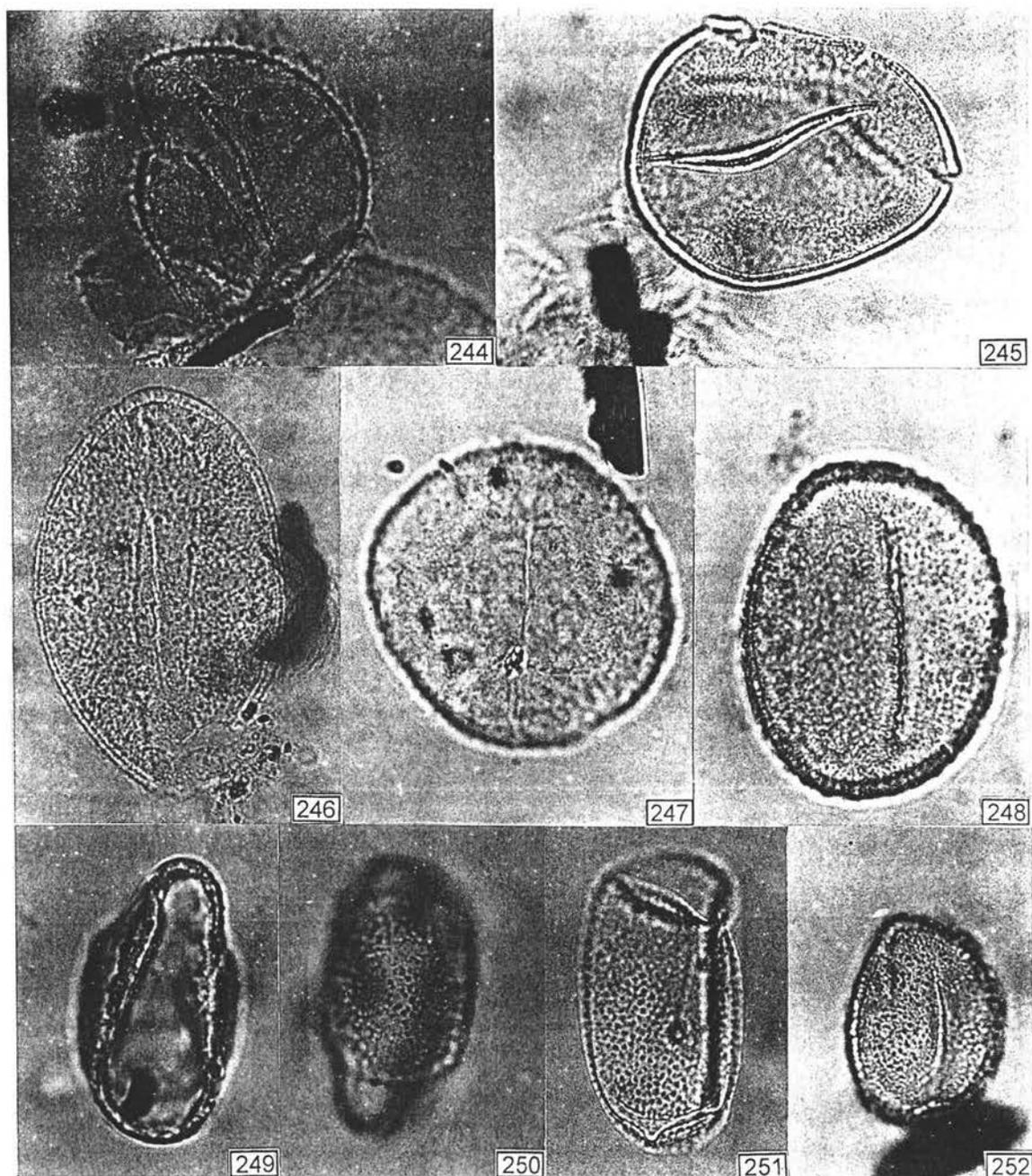


Lámina XXV. INDETERMINADAS. Figura 244: Inaperturado 1 (VII, 30) (escala 1:1000). Figura 245: Inaperturado 2 (VII, 3). Figura 246: Monosulcado 1 (VII, 32) (escala 1:1000). Figura 247: Monosulcado 2 (VII, 17) (escala 1:1000). Figura 248: Monosulcado 3 (probablemente Bromeliaceae), (VII, 19) (escala 1:1000). Figuras 249 y 250: Monosulcado 4 (VII, 24) (escala 1:1000). Figura 251: Monosulcado 5 (IV, 14) (escala 1:1000). Figura 252: Monosulcado 6 (IV, 19) (escala 1:1000).

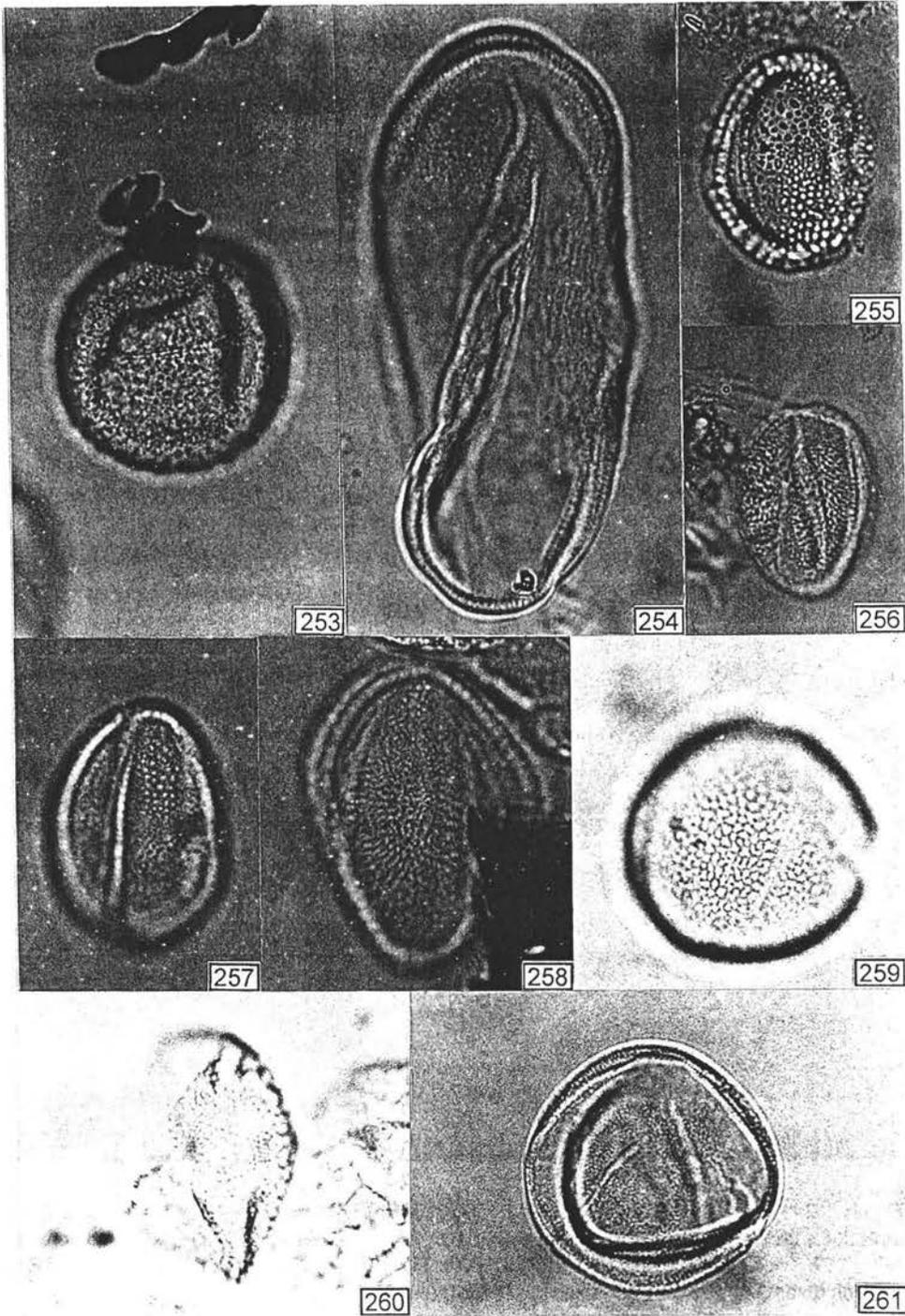


Lámina XXVI. Figura 253: Monosulcado 7 (IV, 19) (escala 1:1000). Figura 254: Monosulcado 8 (IV, 22) (escala 1:900). Figura 255: Tricolpado 1 (probablemente Rubiaceae) (VI, 46) (escala 1:1000). Figura 256: Tricolpado 2 (IV, 20) (escala 1:1000). Figura 257: Tricolpado 3 (VI, 46) (escala 1:1000). Figura 258: Tricolpado 4 (IV, 22) (escala 1:1000). Figura 259: Tricolpado 5 (VII, 24) (escala 1:900). Figura 260: Tricolpado 6 (VII, 24) (escala 1:800). Figura 261: Tricolpado 7 (IV, 24) (escala 1:1000).

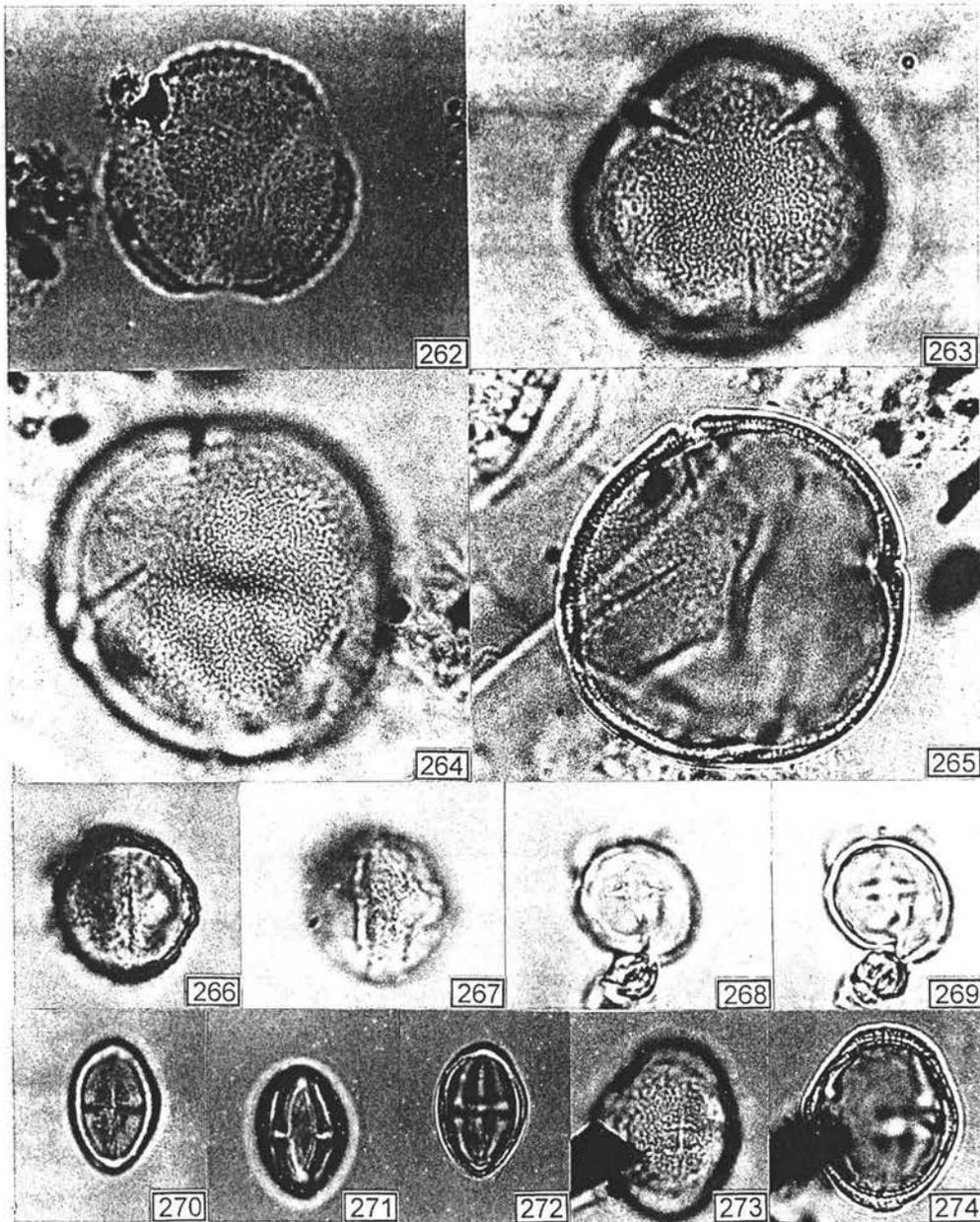


Lámina XXVII. Figura 262: Tricolpado 8 (VII, 32) (escala 1:1000). Figura 263: Tricolpado 9 (probablemente Leguminosae) (VII, 26) (escala 1:900). Figuras 264 y 265: Tetracolpado (VII, 24) (escala 1:1000). Figuras 266 y 267: Tricolpado/tricolporoidado (VII, 38) (escala 1:1000). Figuras 268 y 269: Tricolporado 1 (IV, 20) (escala 1:1000). Figuras 270, 271 y 272: Tricolporado 2 (IV, 19) (escala 1:1000). Figuras 273 y 274: Tricolporado 3 (probablemente Apiaceae) (IV, 22) (escala 1:1000).

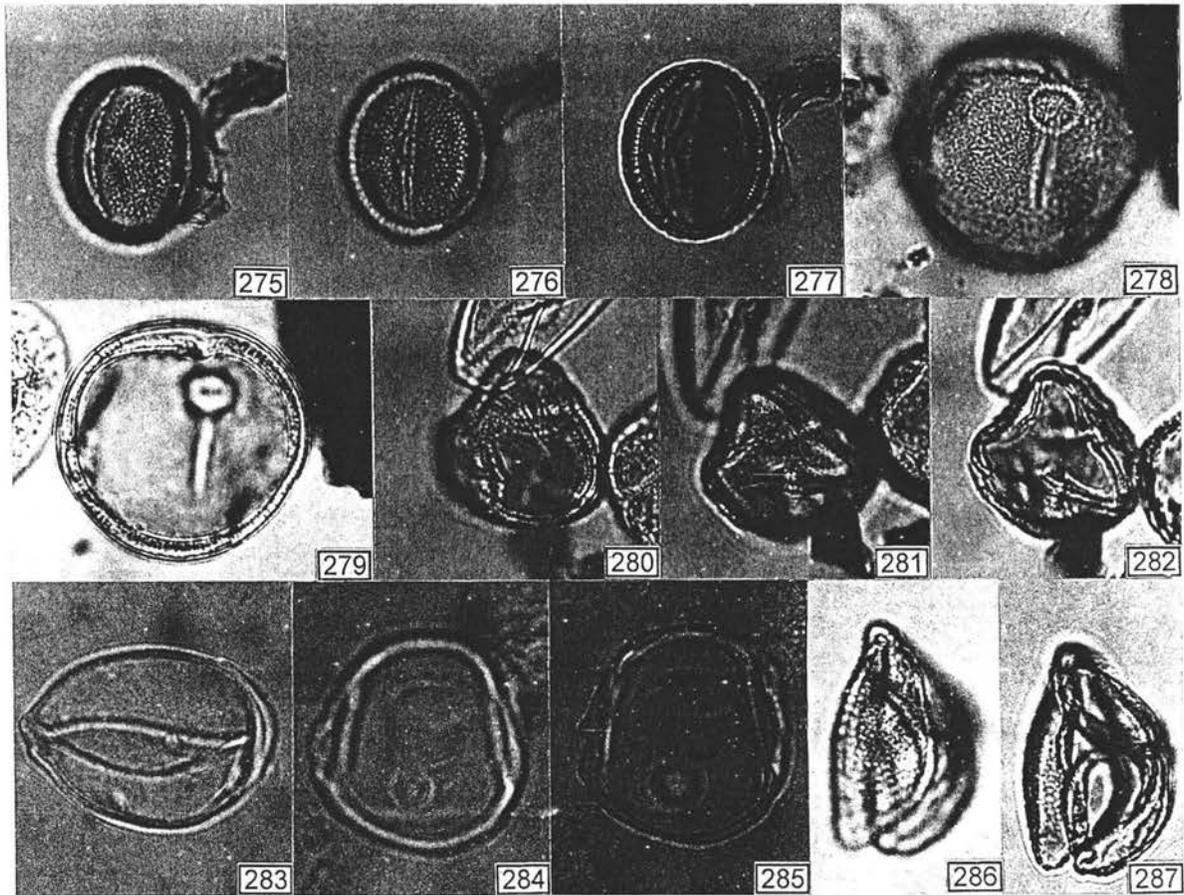


Lámina XXVIII. Figuras 275, 276 y 277: Tricolporado 4 (IV, 19) (escala 1:1000). Figuras 278 y 279: Tricolporado 5 (IV, 18) (escala 1:1000). Figuras 280, 281 y 282: Pentacolporado (IV, 17) (escala 1:1000). Figura 283: Pentaporado (IV, 23) (escala 1:1000). Figura 284 y 285: Tetraporado/pentaporado (IV, 23) (escala 1:1000). Figuras 286 y 287: Tétrada (II, 8) (escala 1:1000).