

00361

36

2y.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

**"ESTUDIO PALINOLOGICO Y RECONSTRUCCION PALEOAMBIENTAL
DEL EX-LAGO DE ZACAPU, MICHOACAN"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(B I O L O G I A)

P R E S E N T A L A

BILOGA MARIA SUSANA XELHUANTZI LOPEZ



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D.F.

1991

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

RESUMEN	1
RECONOCIMIENTOS	3
I INTRODUCCION	5
I.1 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO PALINOLOGICO EN LA ZONA ARQUEOLOGICA DE ZACAPU	6
I.2 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS POLINICO-LIMNOLOGICOS EN LA REPUBLICA MEXICANA	7
1.2.1 ZONA NORTE	7
1.2.2 ZONA CENTRO	8
1.2.3 CUENCAS DE PATZCUARO Y ZACAPU	10
1.2.3.1 OTROS ESTUDIOS AFINES	11
1.2.4 CUENCA DE MEXICO	14
II OBJETIVOS	19
III CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO	20
III.1 LOCALIZACION	20
III.2 TOPOGRAFIA	20
III.3 GEOLOGIA	20
III.4 GEOMORFOLOGIA	22
III.5 HIDROLOGIA	24
III.6 EDAFOLOGIA	25
III.7 CLIMATOLOGIA	26
III.8 VEGETACION	27
III.9 ARQUEOLOGIA	33
IV MATERIALES Y METODOS	38
IV.1 OBTENCION DE MUESTRAS	38
IV.1.1 TRABAJO DE CAMPO	38
IV.1.2 TECNICAS DE LABORATORIO PARA LA OBTENCION	

DE MATERIAL DESTINADO AL ANALISIS PALINOLOGICO	40
IV.1.2.1 ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA	40
IV.2 TECNICAS DE ELABORACION DE LAMINILLAS PARA ANALISIS PALINOLOGICO	42
IV.3 ANALISIS DE LAMINILLAS Y CUANTIFICACION DE PALINOMORFOS	44
IV.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS	44
V RESULTADOS	50
V.1 ANALISIS PALINOLOGICO	50
V.2 SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA	80
VI DISCUSION DE RESULTADOS	83
VI.1 PERSPECTIVA PALEOAMBIENTAL	83
VI.2 CONSIDERACIONES FINALES	101
VII CONCLUSIONES	108
VIII LITERATURA CITADA	112
IX LAMINAS	119
IX.1 LAMINA 1	119
IX.2 LAMINA 2	121
IX.3 LAMINA 3	123
X APENDICE 1. LISTADO DE TAXA	125
XI APENDICE 2. ARCHIVO DE VALORES	128
XII APENDICE 3	146
XII.1 GRAFICAS DE PORCENTAJES	146
XII.2 GRAFICAS DE CONCENTRACION	151
XII.3 GRAFICAS DE TASA DE ACUMULACION	157

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Localización del área de estudio	21
Figura 2. Ubicación del punto de toma de muestra	23
Figura 3. Planicie lacustre de Zacapu	37
Figura 4. Extracción del núcleo	37
Figura 5. Nucleadora soviética	39
Figura 6. Fragmento del núcleo y "media caña"	39
Figura 7. Sección columnar generalizada	49
Figura 8. Gráficas correspondientes a <i>Pinus spp.</i>	54
Figura 9. Gráficas correspondientes a <i>Quercus spp.</i>	57
Figura 10. Gráficas correspondientes a <i>Alnus spp.</i>	59
Figura 11. Gráficas correspondientes a Poaceae	62
Figura 12. Gráficas correspondientes a Chenopodiaceae/ Amaranthaceae	64
Figura 13. Gráficas correspondientes a <i>Arenaria sp.</i>	67
Figura 14. Gráficas correspondientes a Cyperaceae	69
Figura 15. Gráficas correspondientes a <i>Typha latifolia</i>	71
Figura 16. Gráficas correspondientes a <i>Botryococcus sp.</i>	73
Figura 17. Gráficas correspondientes al alga tipo acritarca	75
Figura 18. Gráficas correspondientes al alga l no identificada	77
Figura 19. Gráficas de la suma polínica básica	79
Figura 20. Gráfica de susceptibilidad magnética	81
Figura 21. Espectro palinológico general y etapas propuestas	84
Tabla 1. Lista de palinomorfos identificados	51
Tablas 2A y 2B. Resumen de las características del Lago de Zacapu	93
Tabla 3. Comparación de secuencias climáticas	95

RESUMEN

La reconstrucción de las características paleoclimáticas del ex-Lago de Zacapu, Michoacán, y la de los modos de uso agrícola de las márgenes del lago y de las geoformas denominadas "Las Lomas", constituyen los objetivos generales del presente trabajo, que forma parte del proyecto arqueológico inter-intradisciplinario MICHOACAN ETAPA II que el Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos (CEMCA) realiza con la colaboración de la Subdirección de Servicios Académicos del INAH y el Instituto de Geología de la UNAM.

Los objetivos específicos del estudio palinológico, son el conocimiento de la paleoflora del ex-lago, la inferencia de las condiciones paleoclimáticas y la búsqueda de elementos vegetales agrícolas o antrópicos.

Para su ejecución, en la zona central del antiguo Lago de Zacapu, (19° 51' 02" latitud norte, 101° 43' 17" longitud oeste y 1975 msnm) se obtuvo un núcleo de 471 cm de profundidad. Mediante fechamiento por carbono 14 se determinó que a 440 cm de profundidad los sedimentos tienen una edad radiométrica de 8100 ±115 años antes del presente (aaP).

Se estudiaron 94 muestras tomadas del núcleo cada 5 cm. En ellas se identificaron y cuantificaron 52 tipos palinológicos. Los resultados se analizaron con el programa de graficación de polen desarrollado en la Universidad de Waterloo, Canadá, que permite obtener información de porcentaje, concentración y tasa de acumulación de palinomorfos.

La porción inferior del núcleo es de naturaleza arcillo-limosa y exhibe un espectro palinológico regional, con registro de *Pinus*, *Quercus*, *Abies* y *Alnus*, conjunto florístico propio de un ambiente templado y húmedo o subhúmedo. Durante los últimos 7500 años el lago pasó de una etapa distrófica a una eutrófica, situación sugerida por la condición turbosa de los sedimentos y por la alta proporción de elementos herbáceos de procedencia local v.gr. Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Cyperaceae, *Typha latifolia*, Poaceae y el alga *Botryococcus*.

El análisis palinológico permitió distinguir para el Holoceno de la cuenca de Zacapu, los períodos siguientes:

ca 8200 - ca 7500 aaP . Lago distrófico; escasa erosión; densos bosques de pino-encino en los alrededores; ambiente templado húmedo o subhúmedo.

ca 7500 - ca 7400 aaP. Disminución en el nivel del lago; aumento en la actividad volcánica; fuerte erosión que aceleró los fenómenos de distrofia; ambiente templado húmedo o subhúmedo.

ca 7400 - ca 6000 aaP. El lago se transformó en ciénaga; posible tendencia hacia condiciones más secas; los fenómenos de erosión no fueron tan acentuados; ambiente templado semiseco.

ca 6000 - ca 4700 aaP. La ciénaga alcanzó su nivel más bajo; escasa erosión hídrica; ambiente templado y semiseco.

ca 4700 - ca 2500 aaP. Ligero incremento en el nivel de agua; probable aumento en la precipitación pluvial que ocasionó mayor erosión hídrica; ambiente templado subhúmedo.

ca 2500 aaP - actual. Evidencias indirectas de presencia humana; restablecimiento de la antigua ciénaga; actividad volcánica intensa; fuerte erosión; ambiente templado subhúmedo.

RECONOCIMIENTOS

Mi más sincera y profunda gratitud a todas las personas e instituciones que permitieron y apoyaron el desarrollo de este trabajo.

Mis amigos investigadores del Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, los doctores Dominique Michelet, Marie France Fauvet-Berthelot, Marie Charlotte Arnaud, Patricia Carot, Jean Noël Labat, Piere Petrequin y Hervé Richard, quienes al brindarme la oportunidad de colaborar en un proyecto de carácter inter-intradisciplinario, para mí el primero de esta índole, proyectaron en mi vida profesional nuevas perspectivas.

Del Instituto de Geología de la UNAM, los doctores Enrique Martínez Hernández y Socorro Lozano García, ejecutantes de la dirección y asesoría de la investigación. El biólogo Héctor Hernández Campos, participe en el sólido equipo de trabajo de los doctores Martínez y Lozano, dió apoyo técnico y fotográfico. Todos ellos mantuvieron durante la realización de esta tesis, ayuda permanente con muestra manifiesta de sincera amistad.

Patricia Chijate Nez, Margarita Medina Camacho, Julia Melchor Sánchez, Ella Ramírez Arriaga y Susana Sosa Nájera, tesisistas coetáneas, contribuyeron a crear y compartieron, la atmósfera de solidaridad y labor, indispensable en los centros de investigación.

El Ing. Arturo Caballero, la Sra. Evangelina Gutiérrez Quijano, la Maestra Carmen de Luna y el Sr. Juan Manuel López del Departamento Editorial y en general el personal del Instituto, me ofrecieron facilidades en el trabajo y fraternal acogida en el seno de la Institución.

Dentro del Instituto de Geofísica de la UNAM, el Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi, permitió, contribuyó y orientó los estudios de propiedades magnéticas. El Ing. Guillermo Hernández García facilitó el uso de la impresora

Laser.

De la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, el M. en C. Salvador Sánchez Colón, brindó la asesoría necesaria para el empleo del programa Waterloo. Así mismo permitió el uso de su equipo de cómputo para la impresión de las gráficas.

En el Instituto Nacional de Antropología e Historia, dependencia de mi adscripción laboral, autoridades pasadas y actuales me proporcionaron todo género de facilidades para el desempeño de esta empresa: Profra. Lorena Mirambell Silva, Presidenta del Consejo de Arqueología, Prof. Mario Aliphat Fernández, Subdirector de Servicios Académicos, Lic. Benjamín Arteaga, Administrador de la Subdirección de Servicios Académicos, Biol. Fernando Sánchez Martínez, Jefe del Laboratorio de Paleobotánica de la Subdirección de Servicios Académicos, Ing. Quím. Magdalena de los Ríos Paredes, Jefa del Laboratorio de Fechamiento de la Subdirección de Servicios Académicos, M. en C. Aurora Montúfar López, Biol. José Luis Alvarado, dibujante Guillermo Herrera Carvajal y todo el personal académico y administrativo que labora en el recinto de Moneda 16.

I INTRODUCCION

En las últimas décadas, los estudios intradisciplinarios de sedimentos lacustres han reafirmado su valor en la reconstrucción de la biota y de los ecosistemas del pasado y se tornan fundamentales para la evaluación del impacto humano.

Dentro de las disciplinas que se conjugan para lograr la reproducción de un paleoambiente, la palinología suele constituir la columna vertebral de estos estudios, particularmente cuando se aplica con carácter inter-intradisciplinario *sensu* Lorenzo (Lorenzo y Mirambell, 1986).

Las bondades del análisis palinológico derivan de las características estructurales, de constitución, forma y origen que la gran mayoría de los granos de polen y esporas comparten (Xelhuantzi-López, 1987), como son:

- Su alta resistencia conferida por la esporopolenina que conforma la exina, permite a los granos y esporas conservarse en condiciones anaerobias y depositarse en forma más o menos inalterada en ambientes de sedimentación.
- Su tamaño, que comunmente oscila entre 5 y 100 μm y su presencia, cuando es abundante, permite con pequeñas cantidades de sedimento obtener muestras representativas de la población fósil.
- Con abundancia de palinomorfos puede tenerse una representación estadística de todos y cada uno de ellos para cada sitio y edad; esto permite establecer comparaciones entre diferentes localidades y distintas épocas.
- Su procedencia de plantas integrantes de comunidades vegetales faculta su empleo en la reconstrucción de la vegetación tanto local como regional. De la reconstrucción de una vegetación pasada pueden inferirse los factores

ambientales dada la influencia de estos sobre la vegetación.

- La proporción de cada tipo palinológico en los sedimentos depende finalmente de varios condicionantes como son: densidad de la vegetación, tipo y mecanismo de polinización o de dispersión de esporas de cada taxon vegetal, condiciones ambientales que favorezcan la preservación de los palinomorfos, etc.; a pesar de ello la lluvia de palinomorfos, tanto fósil como actual, puede ser tomada como un indicador de las comunidades vegetales. Por lo tanto, desde un punto de vista teórico, una muestra puede ser un índice de la vegetación de determinado punto en el espacio y en el tiempo, aunque en la práctica esto no siempre resulta cierto.

1.1 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO PALINOLOGICO EN LA ZONA ARQUEOLOGICA DE ZACAPU

El potencial de información que ofrece el territorio aledaño al poblado de Zacapu, para el conocimiento de la historia prehispánica del estado de Michoacán, quedó demostrado desde los trabajos arqueológicos realizados por Caso (1930) y Freddolino (1973).

Dentro del marco de cooperación para la investigación arqueológica firmado entre el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la entonces Misión Arqueológica y Etnológica Francesa, hoy Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos (CEMCA), en octubre de 1982, se determinó realizar estudios arqueológicos en el norte del estado de Michoacán.

De acuerdo con la legislación vigente, los arqueólogos responsables presentaron ante el Consejo de Arqueología del INAH, el proyecto general de investigación arqueológica en su primera fase, aprobado por ese órgano colegiado en su sesión del 26 de mayo de 1983. Esta primera etapa finalizó en el año de 1986.

El programa de trabajo del proyecto MICHOACAN ETAPA II, sancionado por el Consejo de Arqueología en su reunión del 30 de octubre de 1987, se inicia con la temporada de campo febrero-marzo de 1988. Esta etapa, encaminada fundamentalmente al conocimiento del paleoambiente del ex-Lago de Zacapu, incluye: análisis palinológico, estudios de diatomeas, macrorrestos vegetales, moluscos, cenizas, granulometría, edades radiométricas por C^{14} y propiedades magnéticas.

En esta tesis se exponen los resultados obtenidos en el análisis palinológico practicado a sedimentos de la actual ciénaga. El punto de procedencia de las muestras analizadas dista apenas unos 300 m de los sitios de ocupación arqueológica (CEMCA, 1988).

1.2 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS POLINICO - LIMNOLOGICOS EN LA REPUBLICA MEXICANA

Con la intención de contar con un marco histórico de referencia, en esta sección se transcriben resultados, discusiones e inferencias climáticas de los pocos estudios palinológicos, realizados por diversos autores, en ambientes lacustres de la República Mexicana.

1.2.1 ZONA NORTE

En el norte de la República Mexicana, Brown (1985) estudió sedimentos de la Laguna de San Pedro en la base aluvial del Rio Ameca, Nayarit. El autor señala que hace 5000 años hubo un incremento en la aridez, sugerido por un cambio de bosque mixto de pino-encino a encinares puros. La presencia de maíz 3000 años antes del presente (aaP), hace pensar en el inicio de un disturbio por agricultura que terminó ca 800 aaP con el restablecimiento de los bosques de pino-encino o de bosques de coníferas.

El mismo Brown (1985) analizó un núcleo obtenido en la Laguna

(ca 1300 aaP) valores de abundancia de polen de pinos superiores al 50% mientras que los de encinos oscilan entre el 10 y 20%. La porción media del núcleo, con edad ca 950 a 450 aaP, se caracteriza por presentar granos de maíz y Chenopodiaceae-Amaranthaceae. En la parte superior de la columna la proporción de pinos del subgénero *Haploxylon* (20%) indica una expansión de los piñoneros. De acuerdo con Brown, los resultados del núcleo sugieren la introducción o el incremento del cultivo de maíz en el Postclásico temprano y su posterior abandono.

1.2.2 ZONA CENTRO

En el centro de México, Brown (1985), analizó un núcleo del cráter lacustre La Hoya de San Nicolás de Parangueo, Guanajuato, en donde distingue cuatro zonas. La zona IV (11000 a 3000 aaP) se interpreta como un período en el que las montañas circundantes sostuvieron poblaciones de *Pinus* y en las partes bajas se establecieron pastizales favorecidos por el inicio de un período de disturbio. Entre ca 10000 y 9000 aaP se observa un incremento en los valores de Chenopodiaceae-Amaranthaceae, que se atribuye a la interfase Pleistoceno-Holoceno o a un incremento en la insolación en el Holoceno temprano. La zona III (3000 a 1700 aaP) se considera como una época de desplazamiento de los pinares por encinares o bien como el período de introducción de la agricultura. En la zona II (1700 a 1000 aaP), ocurre una fuerte recuperación de los valores de abundancia de polen de pino, seguida por una reversión relacionada con una etapa agrícola. La zona I (últimos 1000-800 años), sugiere erosión y mezcla de sedimentos profundos por práctica agrícola.

Para la cuenca de Puebla-Tlaxcala, Ohngemach (1973, 1977) analizó cuatro núcleos. El primero de ellos se ubicó en el Rancho Jalapasquillo, 70 km al este de la Ciudad de Puebla. Este núcleo de 20 m de longitud, cubre

del Pleistoceno tardío al Holoceno temprano. Los resultados sugieren al autor, que hace 35000 a 30000 años, la flora estuvo integrada por *Pinus*, *Quercus*, *Abies*, *Picea*, *Juniperus-Cupressus*, *Alnus*, *Carpinus* u *Ostrya*, *Carya*, *Juglans*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Liquidambar*, *Fagus*, Poaceae, Asteraceae y Chenopodiaceae-Amaranthaceae. Entre 22000 y 21000 aaP, acontece un aumento de encinos con abundancia de polen de plantas noarbóreas, principalmente de las familias Chenopodiaceae-Amaranthaceae. Entre 19000 y 18000 aaP, se presenta una oscilación en los valores de polen de *Quercus*, que culmina hace 15000-10000 aaP con la desaparición de los mismos, junto con otras plantas herbáceas y arbustivas, lo que se atribuye a una erupción volcánica. Ohngemach interpreta los granos de *Picea* presentes desde las capas más profundas hasta poco antes que desaparezcan los encinos, como indicadores de un clima más frío y húmedo que el actual.

El segundo núcleo, de 5 m de longitud y de edad relativamente reciente (hasta 3.5 m se tiene una edad radiométrica de 470 a 400 aaP), fue obtenido de la Laguna de Acuitlapilco, Tlaxcala. Del estudio de los sedimentos, Ohngemach deduce que para el tiempo de la conquista, existían extensos bosques de encinos que paulatinamente fueron talados para abrir campos a la siembra de maíz.

El tercero y cuarto núcleos, provienen del cráter Tlaloqua, situado a 25 km al noreste de la capital poblana y a 3100 msnm, en la ladera occidental del Volcán La Malinche. Los núcleos tienen una longitud de 3 m. En el diagrama palinológico obtenido por el autor, se observan cuatro zonas. La más profunda, de 3 a 2.55 m, exhibe una alta proporción de polen de plantas no arbóreas, principalmente de las familias Poaceae y Asteraceae. La zona comprendida entre 2.55 m y 1.6 m (a 1.7 m de profundidad se tiene una edad estimada por C^{14} de 7970 ± 70 aaP), es rica en *Pinus* y *Alnus*. También se recuperan, entre otros, granos de polen de los

géneros *Fagus*, *Liquidambar*, *Arceuthobium* y de la subtribu Maydeae (Poaceae). Entre 1.6 y 0.8 m, se encuentra una zona de material pumítico con ausencia total de polen. En la etapa comprendida entre los 0.8 m y la superficie, *Alnus* aparece con valores más o menos altos, hasta que a los 0.4 m y debido a una glaciación ocurrida hace 2000 años, es reemplazado por *Abies*. La secuencia polínica final, se caracteriza por la disminución de *Abies* y una transición gradual a la vegetación actual que consiste en un bosque abierto mixto, compuesto principalmente por *Abies religiosa*, *Pinus montezumae* y *Alnus firmifolia*.

1.2.3 CUENCAS DE PATZCUARO Y ZACAPU

En las décadas de 1940 a 1959, Deevey (1943, 1944 y 1957) realizó el estudio palinológico de dos núcleos sin fechamiento. El primer núcleo, de casi 3 m de longitud, exhibe valores de polen de pino que fluctúan entre el 50 y 90%, mientras que en el segundo, de poco más de 6 m, los valores de esta pinácea oscilan entre el 50 y 70%. El autor divide los perfiles palinológicos de ambos núcleos en tres zonas: la inferior representando un bosque de pino-encino, con *Alnus* y *Abies*; la intermedia indica una fase de aridez con la consecuente reducción del nivel del lago; la zona superior sugiere la existencia de un bosque de pino-encino perturbado por práctica agrícola. Asume que los pequeños picos de quenopodio en sus diagramas, indican oscilaciones climáticas secas durante el Holoceno.

Hutchinson, Patrick y Deevey (1956) analizaron los resultados anteriores, considerando el conjunto de la ficoflora fósil y la correlación de la composición química del lago con sus cambios de nivel. De acuerdo con sus resultados, las oscilaciones climáticas durante el Holoceno tardío de Pátzcuaro fueron menores. En los últimos 3500 años la vegetación acuática se ha incrementado notablemente. Suponen que el nivel más bajo del

lago pudo alcanzarse hace 1700 años. Estos datos los compararon con los obtenidos por otros autores en la Cuenca de México y concluyen que el ambiente del Holoceno tardío, anterior a 3450 aaP fue seco; de 3400 a 2450 aaP húmedo; de 2450 y 1050 aaP, aunque variado, fue seco y de 1050 a 431 aaP, húmedo.

.En fechas más recientes, Watts y Bradbury (1982), estudiaron un nuevo núcleo en el Lago de Pátzcuaro. La secuencia que proponen es la siguiente. Entre 44000 y 9500 aaP, el espectro palinológico es homogéneo dominado por *Pinus*, que alcanza valores cercanos al 50%; *Alnus* y *Quercus* están presentes en menor proporción. La existencia, aunque en bajos porcentajes, de *Juniperus* y *Artemisia* sugiere a los autores un clima más frío y seco que el actual. Los dos últimos taxa desaparecen en el diagrama hace 9500 años y ocurre un incremento moderado de *Pinus* lo que Watts y Bradbury interpretan como la interfase Pleistoceno-Holoceno, con un cambio de clima frío-seco a cálido-húmedo. Entre 9500 y 5000 años aaP, continúa el dominio de *Pinus*, con *Poaceae*, *Alnus* y *Quercus*. Después de 5000 aaP los valores de *Alnus* disminuyen abruptamente y se incrementan los de *Chenopodiaceae*-*Amaranthaceae*, situación que se atribuye a actividad agrícola o bien a un cambio hacia un clima más seco. Granos de *Zea* se registran hace 3500 años. Para este tiempo el lago se ha eutroficado debido a un mayor aporte de sedimentos por erosión, como lo sugiere la rica flora acuática.

1.2.3.1 OTROS ESTUDIOS AFINES

Metcalfe y Harrison (1984), Metcalfe (1985, 1986) y Metcalfe et al (1989), realizaron algunos análisis de diatomeas y de propiedades magnéticas en la región lacustre de Zacapu. Algunos de estos estudios cubren un período de tiempo mucho mayor que el abarcado en el presente

estudio palinológico.

Metcalfe y Harrison (1984) y Metcalfe (1985), estudiaron dos secciones en la región lacustre de Zacapu. La Sección La Ladrillera con más de 30000 aaP y de casi 5 metros de longitud. En los sedimentos más profundos identifican especies de diatomeas como *Melosira* y *Fragilaria pinnata* que les hacen suponer la existencia de un lago de agua dulce profundo a medianamente profundo. Entre de 30000- 25000 aaP encuentran especies indicadoras de un abatimiento del nivel lacustre, aunque posteriormente sin contar con una fecha precisa se presenta un incremento en el nivel, como lo indica la presencia de *Fragilaria* entre 3.7 y 3.85 m de profundidad.

La Sección Zacapu I, cuya longitud es de 1.75 m, fechada a 0.8 m con edad radiométrica de 7330 ± aaP, les indica que estos sedimentos se depositaron en aguas más profundas que los de La Ladrillera. Del análisis de las diatomeas de los sedimentos de la Sección Zacapu se desprende que prácticamente durante todo el Holoceno, Zacapu fué un lago poco profundo con variaciones en el grado de salinidad y alcalinidad, lo cual coincide con la conclusión general del estudio palinológico objeto de la tesis aquí presentada.

Metcalfe (1985), estudió también un núcleo de 14.3 m de profundidad en el pequeño lago ubicado a las afueras de Zacapu (Figura 2). En este núcleo distingue XIV zonas en las cuales se presentan cambios de pH, turbidez, contenido de SiO₂ y temperatura desde el Holoceno medio.

Zonas I-V (a 12 m se cuenta con una fecha de ca 3970 ± 120 aaP). Bajo nivel del lago

Zonas VI (a 8 m se tiene una fecha de ca 2590 ± 80 aaP). Posiblemente el más bajo nivel del lago

Zonas VII-IX (a 4 m se tiene una fecha de ca 2350 ± 150 aaP). Probable

nivel alto

Zonas X-XIV (a 2 m se cuenta con una fecha aproximada de 1100 ± 90 aaP).

Nivel bajo

Para este núcleo Metcalfe (Metcalfe et al., 1989), realiza análisis químicos y de propiedades magnéticas y sostiene que en su conjunto éstos reflejan los efectos combinados de un lago menos profundo y con mayor concentración de iones, así como un mayor aporte de material alóctono debido al incremento en las tasas de erosión.

Como conclusión de estos estudios Metcalfe señala que el análisis de los sedimentos de la cuenca de Zacapu indica : a) dos transgresiones lacustres, una anterior a 28000 aaP y la segunda posterior a 7330 ± 70 aaP, b) que prevalecieron condiciones secas y bajos niveles del lago a partir de Holoceno medio, c) que los sedimentos recientes registran los efectos del impacto humano en el medio lacustre.

Sobre el lago de Pátzcuaro además de los estudios palinológico-limnológicos mencionados (Deevey, 1943, 1944 y 1957; Hutchinson, Patrich y Deevey, 1956; Watts y Bradbury, 1982), existe un trabajo sobre la erosión antropogénica de los suelos alrededor del lago (Street-Perrot et al., 1989), en el cual se manifiestan por lo menos dos episodios de intensa degradación ambiental durante el Postclásico y después de la llegada de los españoles, entre aproximadamente 1050 y 1550 DC (3500-3000 aaP). De acuerdo con los autores el primero se debió a la introducción del cultivo del maíz y el segundo, más intenso, a la deforestación practicada después de la conquista por la introducción de las prácticas agrícolas y ganaderas europeas. Apparently durante ambas fases la quema de bosques de pinos alrededor del lago generó una erosión catastrófica.

1.2.4 CUENCA DE MEXICO

En la Cuenca de México, se han realizado varios estudios de carácter polino-limnológico.

Sears (1951, 1952 y 1955), estudió sedimentos procedentes de sitios arqueológicos en la Ciudad de México, así como del lago de Texcoco. De este primer estudio concluyó que: a) la Cuenca de México ha experimentado una larga serie de fluctuaciones entre climas húmedos y secos. b) las culturas Arcaica temprana y media, entre 2500 - 500 AC (4450 - 2450 aaP), disfrutaron un clima relativamente húmedo. c) en el período Arcaico tardío o Teotihuacan I, entre 500 AC - 900 DC (2450 a 1050 aaP), ocurrió un período seco correlacionable con la Edad del Hielo. d) la cultura Azteca, entre 900 - 1521 DC (ca 1050 a 429 aaP), prosperó en un clima relativamente húmedo.

Clisby y Sears (1955), analizaron sedimentos obtenidos en el Centro de la Ciudad de México. Los autores reconocieron siete zonas. Zona VII (75m - 61 m). Clima húmedo con cortos intervalos secos. Presencia de *Quercus*, *Alnus*, y *Abies*. Actividad volcánica intensa, intermitente. Zona VI (61 m - 46 m). De una condición inicial húmeda se pasa a una seca. Fuerte actividad volcánica. Zona V (46 m - 37 m). Clima relativamente húmedo con cortos intervalos secos. Estado de calma que permite la acumulación de sedimentos lacustres. Zona IV (37 m - 32 m). No se identifican granos de *Alnus* ni *Abies*. Actividad tectónica intermitente con fases de quietud. Zona III (32 m - 8 m). Clima relativamente húmedo con fases secas. Estado lacustre estable. Zona II (8 m - 3 m). Representa el estado climático más cálido. *Quercus*, *Alnus* y *Abies* son reemplazados por *Pinus*, lo que los autores interpretan como un clima más seco. Posteriormente aumentan las proporciones de los granos de *Quercus*, *Alnus* y *Abies* por lo que asumen el reestablecimiento de condiciones húmedas. Zona I (3 m - 0 m). No

proporcionan datos palinológicos ni climáticos.

González-Quintero y Fuentes-Mata (1980), estudiaron un núcleo de 7 m de longitud extraído de La Cruz del Lago, Texcoco. El escrito original no incluye fechas. Los autores establecieron cinco zonas que interpretan de la siguiente manera: Primera zona de 7 a 5.95 m, fría árida. Presencia de *Pinus cembroides*, Poaceae y *Larrea*. Nivel del lago más bajo que el actual. Segunda zona de 5.95 a 4.5 m, fría húmeda. Disminuye *P. cembroides*, aumenta el registro de *Pinus sp.*, Poaceae y *Botryococcus*. Máximo nivel del lago. Se asocia con una etapa glacial. Tercera zona de 4.5 a 3.8 m, templada seca. Ascenso de *P. cembroides* y disminución de *Pinus sp.* Nivel del lago semejante al actual. Cuarta zona de 3.8 a 2 m. Hacia la parte más antigua, los valores de *Quercus* alcanzan su máximo, los porcentajes de *Botryococcus* son altos y *P. cembroides* está ausente. En la parte superior prácticamente desaparece *Quercus*. Nivel lacustre mayor que el actual. Se asocia con una etapa glacial. Quinta zona de 2 a 0 m, cálida seca. Ocurren oscilaciones entre los valores de *Pinus* y *Quercus*. Mínimo nivel del lago en los últimos 1500 años. Brown (1985), reinterpreta y amplía algunos puntos del trabajo anterior, considerando fechamientos por radiocarbono. Este autor reconoce únicamente tres zonas.

González-Quintero y Sánchez-Martínez (1980), examinaron sedimentos procedentes de una excavación para estudios de megafauna, en un sitio próximo al campo aéreo de Santa Lucía, Estado de México. En este lugar los autores distinguen VIII fases o etapas; en la denominada fase VII (ente 1.9 y 2.5 m), encuentran abundantes elementos vegetales de clima templado, como *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Quercus*, *Ainus*, *Populus* y *Acer*. Aún cuando los investigadores no mencionan la aplicación de un método de fechamiento preciso, consideran que ... "esta temporada es la de mayor riqueza florística dentro de los últimos 40000 años de la Cuenca de México

y está precedida por una etapa fría relativamente seca y sucedida por una temporada cálida seca"... que ocasiona decrecimiento de la vegetación, bajo nivel de lago y un aumento en la salinidad de los suelos que da como resultado una extensión de los pastizales halófitos.

González-Quintero (1986), analizó tres perfiles sedimentológicos en el sitio arqueológico de Tlapacoya, Estado de México, dos de ellos obtenidos en la periferia de la base del cerro del mismo nombre y el otro en el centro de la planicie del Lago de Chalco, a 1 km del montículo. Al sintetizar de manera combinada los resultados de los tres perfiles, el autor distingue ocho fases. Fase I (33000 - 23000 aaP), con clima templado húmedo, efectos glaciales moderados en las altas montañas y el Lago de Chalco, con 15 m de profundidad. Fase II (23000 - 14000 aaP), con clima seco semicálido, caracterizada por la disminución paulatina de *Pinus* --que desaparece hacia 14000 aaP-- y por fluctuaciones del nivel del Lago de Chalco, el que finalmente desaparece. Fase III (14000 - 8000 aaP) con incremento en la precipitación y en los valores porcentuales del polen de *Pinus* y de *Cyperaceae*, estas últimas representan una etapa de pantano, o bien, el restablecimiento del lago. Fase IV (7500 - 4800 aaP) con clima templado húmedo comparable con el Altitermal Norteamericano. Fase V (4800 - 4200 aaP), que corresponde a un período de desertificación con fenómenos erosivos acentuados. Fase VI (4200 - 2600 aaP), con desarrollo de un bosque templado de pino-encino y bajo nivel lacustre. Fase VII (2600 - 1900 aaP), con vegetación de tipo sabanoide. Fase VIII (1900 aaP - actual) con registro de géneros con afinidades mesotermiales.

Para el Lago de Texcoco, Lozano-García (1989), estudió, desde el punto de vista palinológico y geoquímico, un núcleo de 80 m de profundidad, que abarca desde el final del Pleistoceno medio hasta el Pleistoceno superior. Los cambios que detecta la autora a través del análisis

palinológico, están apoyados por los cambios geoquímicos registrados en los sedimentos lacustres. Con base en la palinoflora y las características geoquímicas de los sedimentos, la autora establece tres zonas:

- Zona A (79.7 - 71.3 m) Comprende el Pleistoceno medio superior. Se caracteriza por gran abundancia de microfósiles (palinomorfos, ostrácodos y diatomeas). El polen de mayor importancia es el de *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Carya*, *Fagus*, *Engelhardtia*, *Liquidambar*, *Bocconia*, *Alchornea*, *Tilia*, *Carpinus*, Poaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae y Asteraceae. Los minerales más abundantes son cristobalita, calcita, feldespatos, cuarzo, illita, esmectita y caolinita. La autora señala que este período se caracterizó por un clima templado-húmedo, con cierta estabilidad edáfica, lo que permitió que prosperaran bosques de pino y encino y bosques mesófilos. Propone que el lago tenía una extensión considerable y era de agua dulce.

- Zona B (70.7 - 58.2 m) Comprende el Pleistoceno medio superior. Se caracteriza por la ausencia o escasa representación de palinomorfos y ostrácodos y por un aumento importante de sedimentos volcanoclásticos. En esta zona domina el polen de comunidades herbáceas que colonizan los suelos expuestos por una disminución en el nivel del lago. Los minerales más abundantes son cristobalita, feldespatos cuarzo y anfíboles. La autora señala que se detectan dos eventos importantes, el vulcanismo y un cambio climático intenso, hacia un clima frío y árido que afectaron tanto a la cubierta vegetal como al lago.

- Zona C (57.2 - 6.2 m) Abarca el Pleistoceno superior. Esta zona se distingue por la dominancia del polen de *Pinus* y *Quercus*. Hacia los 13.1 m de profundidad se presenta un incremento importante en el polen de plantas acuáticas y se registran *Picea* y *Podocarpus*, lo que la autora interpreta como un cambio hacia condiciones más frías y una disminución en el nivel del lago. Los ostrácodos exhiben valores fluctuantes, las algas son

abundantes hasta los 33.2 m y desaparecen en la porción superior del núcleo. Los minerales más importantes son feldspatos, cuarzo, illita, esmectita, cristobalita y calcita. Se presentan fluctuaciones de etapas húmedas con polen de bosque mesófilo, a etapas más secas con una tendencia moderada pero progresiva hacia la aridez.

Lozano-García sustenta la hipótesis de que en la Cuenca de México, existe una tendencia climática general a la aridez y que las variaciones preponderantes en el clima han consistido en un cambio de clima templado-húmedo a templado-subhúmedo.

II OBJETIVOS

El presente trabajo forma parte de un programa de investigación cuyas principales finalidades son: a) reconstruir las características paleoclimáticas y geodinámicas del ex-Lago de Zacapu, Michoacán; b) precisar las fases climáticas y geodinámicas en que se realizó el primer establecimiento humano del área y c) reconstruir la cronología y los modos de uso agrícola de las márgenes del lago y de las geoformas denominadas "Las Lomas".

El estudio palinológico que compete a esta tesis, pretende contribuir al esclarecimiento de las metas fijadas en el proyecto general, a través de los objetivos específicos siguientes: a) conocer los elementos dominantes de la flora holocénica de la cuenca del Lago de Zacapu, b) asociar esta flora a comunidades vegetales, c) inferir las condiciones climáticas del pasado, así como las variaciones en el nivel del antiguo lago, a través de las comunidades vegetales deducidas e) buscar elementos vegetales, agrícolas o antrópicos, que permitan conocer el uso dado a "Las Lomas" y a la ribera del lago.

III CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

III.1 LOCALIZACION

El poblado de Zacapu está situado en la porción norte del estado de Michoacán, 84 km al noroeste de Morelia, su ciudad capital (Figura 1).

La actual ciénaga de Zacapu se ubica entre 1973 y 1978 msnm.

El punto de toma de la muestra, denominado Punto 1 CIENAGA, se localiza en la coordenada $19^{\circ}51'02''$ latitud norte y $101^{\circ}43'17''$ longitud oeste, 850 m al noreste de Cantabria, por el camino que parte del límite norte de este poblado (Figura 2).

III.2 TOPOGRAFIA

La ciénaga de Zacapu es una planicie de origen lacustre, de pendiente plana con algunas ondulaciones y de escasa inclinación (Figura 3) (S.A.R.H., 1983).

Hacia la parte occidental del ex-lago sobresalen, en no más de 10 m sobre el nivel del antiguo lago, las geoformas denominadas "Las Lomas" (Figura 2), que constituyen antiguas islas o penínsulas de material piroclástico (principalmente cinerítico) y diatomitas, (Arnaud *et al.*, 1984; CEMCA, 1986). Arnaud *et al.* (1984) mencionan dos sectores principales de lomas: a) un sector central (Jauja-Cantabria), rodeado por pequeñas "lomas" periféricas aisladas y b) un sector sur (Jarácuaro).

III.3 GEOLOGIA

La ciénaga de Zacapu, es una zona de sedimentos de relleno tanto lacustres como aluviales, formada por las disrupciones del sistema de drenaje del río Lerma, debido a la violenta actividad volcánica del Pleistoceno (Waitz, 1943; Metcalfe y Harrison, 1984; Metcalfe, 1985). Los

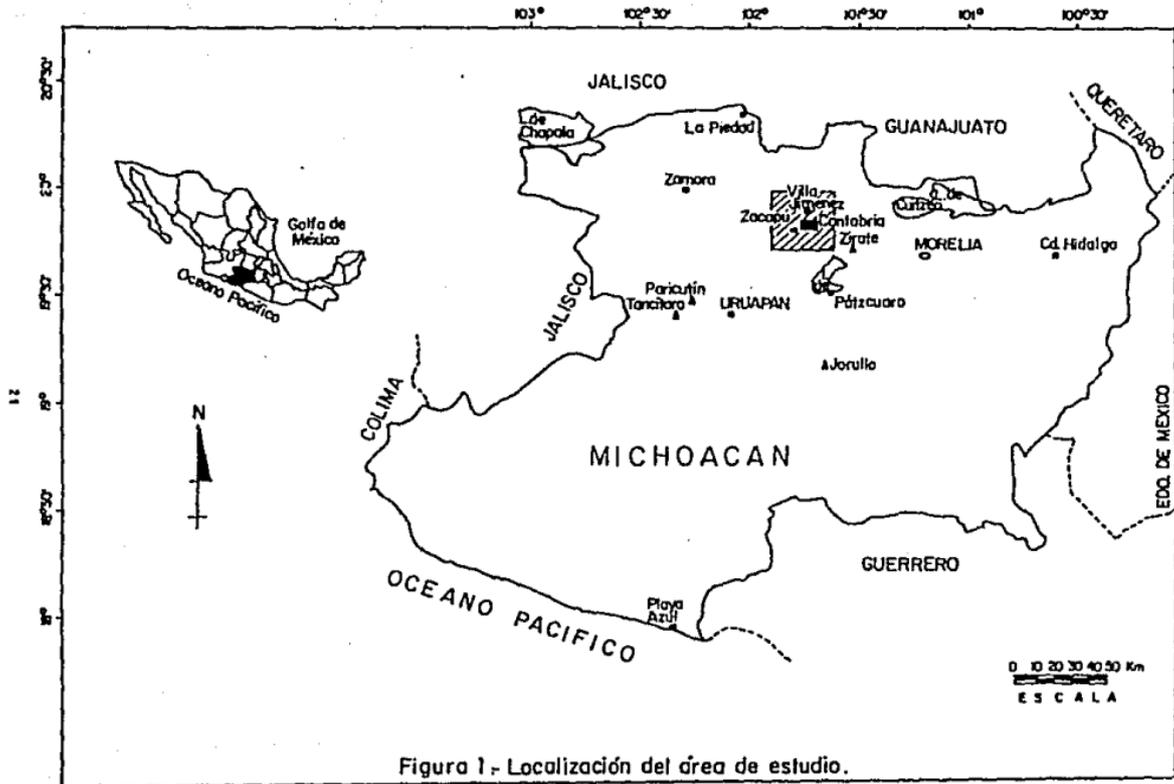


Figura 1.- Localización del área de estudio.

sedimentos ocupan un área aproximada de 261 km², dentro de una zona de drenaje de 335 km² (Correa-Pérez, 1974).

La joven planicie lacustre se encuentra circundada por montañas terciarias, andesíticas y basálticas, con elevaciones hasta de 3 365 msnm (Demant, 1981) Existen abundantes derrames, flujos de lava ("malpais") y brechas superficiales de naturaleza basáltica, conos volcánicos de ceniza, lapilli y material piroclástico (S.A.R.H., 1983). La porción sur de la planicie limita con las estribaciones del Eje Neovolcánico.

Al occidente de la población de Zacapu, sobresale el "malpais" que dió origen al nombre del lugar, (Figura 2) ya que el vocablo purépecha *Tsakápu* quiere decir "piedra" o "pedregal" (Velásquez-Gallardo, 1988). Según narra Lumholtz (1986), en este sitio se erigió el palacio del rey Caltzontzin de Tzintzuntzan. Demant (1981) asigna una edad holocénica a estos derrames volcánicos.

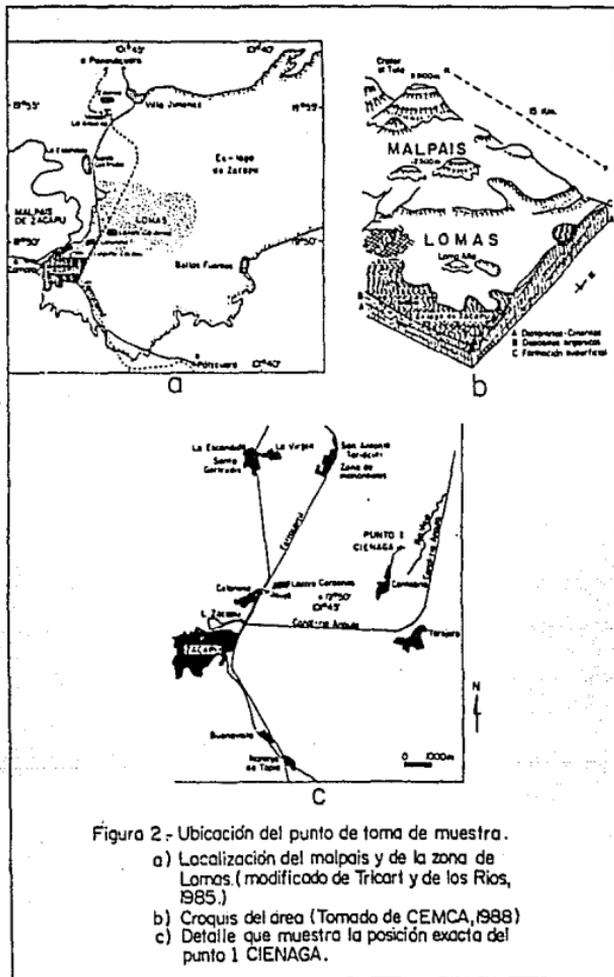
Tricart y De los Ríos (1985), señalan que las formaciones más recientes, es decir, las turberas, reposan sobre cineritas blanquecinas que posiblemente comenzaron a depositarse hace 28000 años en un lago extenso y profundo. Indican que durante la época de expansión lacustre se presentaron importantes erupciones volcánicas de tipo explosivo, con aporte de cantidades considerables de material piroclástico.

III.4 GEOMORFOLOGIA

Arnauld *et al.* (1983) señalan que el ex-Lago de Zacapu exhibe tres niveles principales:

-Uno muy alto, a 40 m sobre el fondo de la cubeta, anterior al inicio de la ocupación humana

-Otro aproximadamente a 20 m sobre el fondo de la cubeta, lacustre probablemente también anterior a la ocupación humana



-El último, más abajo que los anteriores, representado en varios lugares por suelo de turba y corresponde plenamente al periodo de ocupación

III.5 HIDROLOGIA

Hasta el siglo pasado, el lago de Zacapu estuvo situado en una cuenca lacustre cerrada, aproximadamente a 1980 msnm. Los lagos que junto con el Zacapu conformaron esta cuenca fueron: Laguna García, Lago Urumbécuaro, La Patera, La Zoromuta y Laguna de los Puercos (Metcalf, 1985).

Con el nacimiento de la Hacienda de Cantabria, en las postrimerías del siglo XIX, el lago de Zacapu fue desecado artificialmente, drenando sus aguas al río Angulo, afluente del Lerma, a través de un tajo construido al noroeste de la población de Villa Jiménez.

En la actualidad la ciénaga tiene dos suministros de agua: 1) las corrientes discontinuas que fluyen de los cerros vecinos; de ellas la más importante es el río La Patera y 2) los escurrimientos permanentes de una serie de manantiales: El Molino, Bellas Fuentes, El Tanque y Tarejero. Existen además dos pequeñas presas, una llamada Aristeo Mercado, construida a fines del siglo pasado y la presa Copándaro (Alatorre-Padilla, 1966; S.A.R.H., 1983).

Carl Lumholtz (1986), se refiere a la población de Zacapu de la siguiente manera: "...ciudad elegante y hermosa favorecida con un río pequeño, pero de cristalinas aguas que corre mansamente hacia una lagunita..."

Aún persiste este pequeño lago al norte de Zacapu, junto a él se instaló la fábrica de fibras sintéticas CELANESE, que descarga sus aguas residuales al canal-río Angulo (Figura 2).

III.6 EDAFOLOGIA

Los suelos de la ciénaga de Zacapu, presentan alta proporción de materia orgánica, ya sea en forma de turberas o como lodos orgánicos. Suelos originados en medio lacustre con intervención de diversos materiales orgánicos y, en menor grado, de tobas, brechas y otros materiales (S.A.R.H.,1982). Se trata de suelos recientes que presentan diferencias en su grado de desarrollo.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H., 1982 Y 1983) reconoce dos series:

1) Serie Zacapu. Suelo con alto contenido de materia orgánica (30-60%) a través de todo el perfil, textura de franca a franca-arcillosa. La superficie que comprende esta serie -- 64% del total de la ciénaga -- presenta pendientes planas con inclinación menor de 2%. El drenaje superficial es lento y pueden presentarse inundaciones. El drenaje interno es deficiente y, durante la época de lluvias, el manto freático está muy cercano a la superficie. Este suelo es pobre en fósforo aprovechable, extremadamente rico en calcio y magnesio asimilables y en potasio aprovechable oscila de rico a moderadamente rico.

En extensión mayor estos suelos se destinan a la siembra de maíz y sólo pequeñas superficies se dedican al cultivo de trigo, cebada y pradera.

2) Serie Buenavista. Suelo básicamente mineral, de textura arcillosa a través de todo el perfil. La superficie correspondiente, 36% del total de la ciénaga, presenta pendientes onduladas, ligeramente inclinadas (2 a 6%). El drenaje superficial es moderado y el interno es ligeramente lento. El contenido de materia orgánica varía de moderadamente rico en los horizontes superficiales a medianamente pobre en los

inferiores. En lo que se refiere a iones aprovechables este suelo es pobre en fósforo, en potasio varía de rico a extremadamente rico, el calcio iónico asimilable varía de rico a muy rico y es extremadamente rico en magnesio de esta índole.

En la mayor parte del terreno con suelo de esta serie, se cultiva maíz y en una pequeña área alfalfa y pradera.

En la ciénaga también se siembra lenteja, una especie de leguminosa forrajera conocida como janamargo, avena y haba.

El valor de las subsidencia (hundimiento de los suelos de turba, desecados) estimado para la ciénaga es de 3 cm por año (S.A.R.H.,1983).

Los terrenos de la ciénaga quedan comprendidos en el distrito de riego número 22 de la S.A.R.H. y el régimen de propiedad es ejidal, donde cada ejidatario detenta aproximadamente 3.5 Ha (S.A.R.H., 1983).

III.7 CLIMATOLOGIA

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (García, 1988) el tipo de clima actual en la zona de estudio es Cb(w)(w)(e)g es decir: clima templado con verano fresco y largo, el más húmedo de los subhúmedos; régimen de lluvias de verano con invierno seco, extremoso y con marcha térmica tipo Ganges.

De la estación meteorológica de Zacapu, Mich., (coordenadas: 19°48' latitud norte, 101°47' longitud oeste, 1986 msnm), con 55 años de registro meteorológico, (García, 1988), se obtuvieron los datos siguientes:

Temperatura media anual.....16.6°
Temperatura media del mes más caliente (mayo)....19.9°
Temperatura media del mes más frío (enero).....12.7°

Precipitación total media anual.....	833.8 mm
Precipitación media del mes más húmedo (agosto)...	187.9 mm
Precipitación media del mes más seco (febrero).....	5.2 mm
Coefficiente P/T	50.1
Proporción de precipitación invernal.....	3.2 %

La precipitación es principalmente de tipo convectiva, la época lluviosa del año abarca de mayo a octubre, con curva unimodal y precipitación máxima en agosto; los vientos dominantes son del noreste, con velocidad promedio de 3 km/h, excepto de enero a abril en que predominan los vientos del suroeste; en los meses de septiembre a abril se presentan heladas. (Alatorre-Padilla, 1966; S.A.R.H., 1983).

Labat (1988), en su estudio sobre la vegetación del noroeste del estado de Michoacán, adopta la clasificación bioclimática de Gaussen que se basa en el ritmo de la temperatura y las precipitaciones anuales. Según el autor, esta clasificación tiene la ventaja de hacer hincapié en los estados favorables o desfavorables para la vegetación: períodos cálidos o fríos y secos o húmedos.

De acuerdo con Labat (1985), el bioclima para Zacapu es "... tropical subseco con precipitación total anual media entre 700 y 1000 mm, con estación seca larga, 7 a 8 meses secos y bastante frío, la temperatura del mes más frío entre 11° y 14° C ...".

III.8 VEGETACION

En el presente, los suelos de origen lacustre del vaso de Zacapu se destinan a la agricultura.

Una pequeña muestra de la vegetación acuática y subacuática que hace no más de 100 años se desarrollaba en la ciénaga, la constituyen algunos elementos que prosperan en los canales de riego como *Hydrocotyle*

umbellata, *Berula erecta* y varias especies de *Polygonum*. La vegetación lacustre de Zacapu pudo haber sido semejante a la que actualmente prospera en los lagos michoacanos del Eje Neovolcánico: tulares, carrizales y vegetación arraigada, constituida por *Typha latifolia*, *Cyperus spp.*, *Polygonum spp.*, *Sagittaria sagittifolia*, *Berula erecta*, *Echinochloa holciformis*, *Hydrocotyle umbellata*, *Jussiaea suffruticosa*, *Ranunculus spp.*, *Plantago major*, *Trifolium incarnatum*, *Juncus effusus var. aemulans*, *Scirpus americanus*, *Paspalum spp.*, *Cynodon dactylon*, *Heteranthera pedunculatis*, *Lemna minima*, *Limnobium stoloniferum*, *Nymphaea flavovirens*, *Nymphoides fallax*, *Wolffia columbiana*, *Utricularia gibba* y *Zannichellia palustris* (Takaki, 1972; Labat, 1988).

En las zonas aledañas al ex-lago, se extiende el bosque tropical caducifolio, cuyos componentes pierden sus hojas durante los meses de enero a mayo. Según Labat (1987a, 1988), este tipo de comunidad vegetal, se desarrolla entre los 1500 y 2000 msnm, sobre litosoles en las elevaciones volcánicas de naturaleza basáltica y andesítica, así como también en vertisoles o sobre suelos aluviales profundos. El mismo autor describe este tipo de vegetación como un bosque bajo, con estrato arbóreo de 4 a 7 m de alto, y cita como algunas de las especies más abundantes y frecuentes a *Acacia pennatula*, *Bursera cuneata*, *Hellicarpus terebinthaceus*, *Ipomoea murucoides* y *Vigulera quinquerdiata*.

El estrato arbustivo, siempre presente, es discontinuo y alcanza alturas de 1 a 2 m. Dominan este estrato las especies siguientes: *Bouvardia cordifolia*, *B. laevis*, *Euphorbia collectoides*, *Lantana hirta*, *Lasiacis nigra*, *Mandevilla foliosa*, y *Salvia breviflora* (Labat, 1987 a, 1988).

El estrato herbáceo, verde únicamente en la temporada de lluvias, llega a alcanzar hasta 80 cm de alto y está compuesto por: *Delilla biflora*, *Oplismenus burmanni*, *Heterosperma pinnatum*, *Setaria latifolia*,

Rhynchospora repens y *Sporobolus atrovirens* (Labat, 1987 a, 1988).

Las trepadoras son abundantes, no así, las lianas y las epífitas. Las cactáceas, como *Opuntia* y *Stenocereus*, son elementos fisiológicamente importantes de la comunidad (Labat, 1987 a, 1988).

La zona considerada en el presente estudio, incluye a una pequeña porción de la Región del Bajío. Para Rzedowski y Calderón (1987) en dicha área fisiográfica, la vegetación original ha desaparecido en más del 95 % y el bosque tropical caducifolio ha sido remplazado por un matorral subtropical en donde predominan *Ipomoea murucoides*, *Acacia farnesiana*, *A. pennatula*, *Opuntia* sp., *Eysenhardtia polystachya* y *Lysiloma microphylla*.

Estos mismos autores estiman que hace 8000 años, más de 11000 km² de área cerril del Bajío se encontraban cubiertas por bosque tropical caducifolio.

Otras comunidades de importancia, tanto por su extensión como por su grado de influencia en la cuenca de captación del ex-Lago de Zacapu, son los bosques de pino, encino, oyamel y el mesófilo de montaña.

La descripción de estos tipos de vegetación, que a continuación se presenta, se basa en la realizada por Labat (1988).

Bosques de pino

Se caracterizan por la dominancia de una o varias especies de pinos, que en el pasado ocuparon casi la totalidad de la Sierra Tarasca. El autor reconoce para Michoacán dos expresiones de este tipo de vegetación, uno mesófilo y otro termófilo. El primero, con distribución a lo largo de la Sierra Tarasca, crece entre 2000 y 2800 msnm, sobre litosoles o andosoles. Son bosques con árboles de 15 a 25 m de alto, con un estrato arbóreo superior siempre verde dominado por *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae*, *P. teocote*, *P. michoacana* var. *cornuta* y *P. leiophylla*. Es frecuente un estrato arbóreo inferior constituido por *Quercus crassipes*, *Q.*

obtusata, *Q. laurina* y *Arbutus xalapensis*. Puede presentarse un estrato arbóreo bajo, de 8 a 12 m, integrado por varias especies de *Quercus*, *Alnus jorullensis* ssp *jorullensis* y *Arbutus xalapensis*.

En ocasiones existe un estrato arbustivo subcaducifolio, de 2 a 3 m de alto con *Alnus jorullensis* ssp *jorullensis*, *Baccharis heterophylla*, *Eupatorium glabratum*, *Lupinus elegans*, *Odontotrichum sinuatum* y *Senecio salignus*.

El estrato herbáceo, inferior a 1 m de alto, esta dominado por *Alchemilla procumbens*, *Baccharis pteronioides* y *Piptochaetium virescens* (Labat, 1987 b).

El tipo termófilo se caracteriza por la dominancia de *Pinus oocarpa*. Esta comunidad se localiza en la región oeste y suroeste de la Sierra Tarasca entre 1400 y 2100 msnm, sobre andosoles o suelos ferralíticos. Se trata de bosques de 15 a 20 m de altura.

En general por debajo de un estrato arbóreo superior siempreverde conformado por *Pinus oocarpa*, *P. douglasiana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. lawsoni* y *P. pringlei*, se presenta un estrato arbóreo inferior de 6 a 10 m de alto constituido casi exclusivamente por encinos, *Quercus syctophylla*, *Q. resinosa*, *Q. magnoliifolia*, *Q. subspathulata*, además de *Arbutus xalapensis*, *Clethra mexicana*, *Calliandra houstoniana*, *Inga hintonii* y *Lysiloma acapulcense*.

En el estrato arbustivo, de 1.5 a 2.5 m de alto, se encuentran entre otras especies, *Acacia pennatula*, *Arctostaphylos pungens*, *Baccharis heterophylla*, *Mimosa albida* y *Ternstroemia pringlei*.

El estrato herbáceo alcanza alturas no mayores de 1 m y dominan *Hilaria ciliata* y *Muhlenbergia aff. versicolor*.

Bosques de encinos

Este tipo de comunidad se desarrolla entre 1950 y 2400 msnm al norte de la Sierra Tarasca y entre 2000 y 2500 msnm en los aparatos volcánicos de la depresión del Lerma, sobre suelos poco profundos, litosoles y andosoles. Se trata de bosques con fisonomía y estructura vertical variables. El estrato arbóreo, que pierde las hojas de febrero a marzo, puede ser alto, con tallas entre 10 a 15 m o bajo entre 4 y 9 m de altura. Las especies más abundantes y frecuentes son *Quercus castanea*, *Q. deserticola*, *Q. obtusata*, *Q. sideroxylon* y *Q. subbpathulata*.

El estrato arbustivo, de 2 a 3 m de alto, está dominado por *Calliandra grandiflora*, *Erythrina breviflora*, *Eupatorium areolare*, *Porophyllum viridiflorum* y *Verbesina sphaerocephala*.

El estrato herbáceo alcanza tallas máximas de 1 m de alto; dominan *Aegopogon tenellus*, *Crotalaria longistrostrata*, *Digitaria latrophoides*, *Piptochaetium virescens*, *Salvia mexicana* y *Senecio stoechadiformis*.

Bosques de oyamel

Es característico de las altas montañas. En la Sierra Tarasca se localiza entre 2900 y 3000 msnm. En las porciones más húmedas del occidente y del sur puede descender a 2700 m y en los bosques mesófilos hasta 2500 m. Este tipo de comunidad vegetal se desarrolla en andosoles húmicos.

Se trata de bosques siempreverdes con un estrato arbóreo de 25 a 30 m de alto, constituido casi exclusivamente por *Abies religiosa*.

El estrato arbustivo, de 2 a 3 m de alto, está dominado por *Arctostaphylos longifolia*, *Cestrum anagyris*, *Montanoa aff. frutescens*, *Salvia aff. gesneriflora*, *Senecio aff. platiniifolius*, *Stevia monardifolia* y *Ternstroemia pringlei*.

El estrato herbáceo, de 30 cm a 1 m de altura, incluye a *Alchemilla procumbens*, *Fuchsia thymifolia*, *Acaena elongata*, *Arenaria lanuginosa*, *Geranium deltoideum*, *Lopezia racemosa* y *Piqueria pilosa*.

Bosque mesófilo de montaña

Esta comunidad vegetal tiene un área de distribución discontinua en el centro, sur y oeste de la Sierra Tarasca. Requiere de una humedad atmosférica elevada. Las áreas que ocupan son manchones de no más de 1 km², en barrancas y sitios protegidos.

Existen dos grupos altitudinales, uno se desarrolla entre 1600 m y 2000 m y el otro de 2000 a 2700 m.

Los suelos del bosque mesófilo de montaña son litosoles húmedos pero nunca saturados de agua.

Los dos grupos consisten en bosques subperennifolios, con una estratificación compleja.

El estrato arbóreo superior, de 20 a 30 m de alto, está constituido, para el grupo de altura, por *Abies religiosa*, *Clethra mexicana*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus laurina* y *Q. subspathulata*. En el de baja altitud sobresalen, *Annona cherimola*, *Carpinus caroliniana*, *Clethra mexicana*, *Ficus padifolia*, *Fraxinus uhdei*, *Meliosma dentata*, *Quercus laurina* y *Q. scytophylla*.

El estrato arbóreo inferior, de 7 a 15 m de alto, está formado, para el grupo de altura, por *Quercus castanea*, *Q. obtusata*, *Styrax ramirezii*, *Symplocos prionophylla* y *Ternstroemia pringlei*. El grupo de baja altitud está constituido por *Arbutus xalapensis*, *Clusia salvinii*, *Hedyosmum mexicanum*, *Inga hintonii*, *Oreopanax echinops*, *Prunus serotina capuli*, *Quercus magnoliifolia*, *Q. obtusata*, *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Schoepfia schreberi*, *Styrax ramirezii*, *Symplocos prionophylla* y

Ternstroemia pringlei.

El estrato arbustivo está siempre presente. Los elementos principales de la comunidad de altura son: *Cestrum nitidum*, *Eupatorium mairettianum* y *Viburnum microphyllum*. El estrato arbustivo de la comunidad de baja altitud está dominado por: *Fuchsia cylindracea*, *Malvaviscus arboreus*, *Piper sp.*, *Pothomorphe umbellata* y *Solanum torvum*.

El estrato herbáceo se caracteriza por la abundancia de briofitas y líquenes. La especie con mayor cobertura es *Festuca brevigiumis*. Las epifitas y las llanas son abundantes.

Es interesante mencionar que para la última década del siglo pasado, Villada (en Hernández *et al.*, 1987) describe para la región de Los Azufres, bosques de coníferas con *Pseudotsuga douglasii*, especie que ya no se registra en la actualidad.

III.9 ARQUEOLOGIA

En los albores del siglo XVI, el reino purépecha Irechequa Tzintzuntzan formaba un vigoroso estado de casi 70000 km² de extensión (Michelet *et al.*, 1989).

Los purépechas constituían una de las civilizaciones mesoamericanas más importantes a la llegada de los españoles.

Según la mitología indígena, el pueblo purépecha se originó en el sitio conocido como El Palacio, a las afueras de Zacapu, en el año 1063 de nuestra era (893 aaP) (Chadwik, 1971).

Cercano el año 1200 (ca 750 aaP), arribó a Zacapu Hireti-ticatame, fundador de la línea real tarasca, quien casó con una mujer de la casa real Naranja. Zacapu se constituyó así en un importante centro ceremonial de donde partían peregrinaciones anuales al templo de

Curicaueri, dios de los volcanes, al que ofrendaban imponentes incendios forestales (Freddolino, 1973).

Años más tarde trasladan la capital purépecha a Tzintzuntzan y en el año 1470 a Pátzcuaro.

El conocimiento sobre las culturas "pre-Tarascas" es escaso. Se conocen los asentamientos "El Lopeño" (1450 AC, ca 3400 aaP) (Noguera, 1942; Oliveros, 1974) y "Chupicuaro" (350 AC - 300 DC, ca 2300 aaP - 1650 aaP) (Freddolino, 1973).

Las primeras investigaciones arqueológicas en el estado de Michoacán se llevaron a cabo en la última década del siglo pasado por Plancarte y Navarréte (1893), Lumholtz (1986) y Lumholtz y Hrdlicka (1898). Años después, Caso (1930) y Freddolino (1973) efectuaron algunos reconocimientos más en los alrededores del poblado de Zacapu, pero no es sino hasta la década de 1980-1989 que los arqueólogos del Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos de la Embajada de Francia en México, inician una investigación de tipo regional con el propósito de realizar un estudio extensivo de todas las manifestaciones percibibles de ocupación prehispánica. Para alcanzar esta meta, intentan la reconstrucción de las redes de asentamiento, a lo largo de la cronología, misma que se basa en la secuencia cerámica. La región de estudio comprendió tres sectores distintos: la zona del lago, parte de la franja norte de la Sierra Tarasca y un conjunto de cerros aislados, depresiones y valles de la vertiente meridional del Bajío. Los arqueólogos consideraron importante intentar un estudio del medio lacustre-palustre del antiguo Lago de Zacapu, que tomase en consideración las modalidades de aprovechamiento de ese ambiente (Michelet et al, 1989).

Los investigadores del CEMCA han puesto de manifiesto un horizonte protoclásico, 100 AC - 200 DC (2050 - 1750 aaP) en las orillas

del ex-Lago de Zacapu y en Las Lomas. Señalan también una ocupación postclásica en la zona del malpais, concretamente el el sitio denominado Las Milpillas, en donde se han localizado cerca de 6000 estructuras residenciales que han permitido estimar una población superior a 20000 habitantes.

El esclarecimiento del uso prehispánico de Las Lomas es primordial para la investigación arqueológica (Arnaud y colaboradores, 1984, entienden por uso todos los tipos de actividades que se dieron en ese ambiente particular). El grupo de trabajo del CEMCA piensa que estas geoformas fueron permanentes e infieren que las residencias se encontraban dispersas o en aldeas y contaban con sus propios cementerios, sin constituir centros cívicos ceremoniales. Suponen que la explotación de los recursos lacustres pudo ser la base de su economía. Es importante remarcar el hecho de que no se tienen evidencias de agricultura. Uno de los objetivos del estudio palinológico es precisamente el de proporcionar evidencias de agricultura, en el entendido de que si éstas se encontraban se podría confirmar la hipótesis de que Las Lomas constituyeron sitios de asentamientos densamente poblados, de lo contrario la hipótesis alternativa sería que fueron áreas destinadas a cementerios.

El intento de reconstrucción de la secuencia cerámica y a la vez cronológica propuesta por los investigadores franceses (Michelet, 1989) es el siguiente:

PERIODO PRECERAMICO. Ca 2500 aC (Ca 4450 aaP)

FASE LOMA ALTA. 100-450 dC. (2050 -1500 aaP). Presencia de un pequeño grupo humano con alto grado de desarrollo cultural asentado en la región de Las Lomas. Realizaban construcciones de adobe y de piedra, importaban cerámica desde la región de Puebla y se sustentaban con base en una economía mixta (agricultura y explotación de recursos naturales).

FASE JARACUARO 450-500 dC (1500-1450 a.P.). Durante este período se incrementa ligeramente la población, misma que en esta fase se extiende hacia las riberas del lago.

FASE LUPE. 600-800 dC (1350-1150 a.P.). En esta fase la población se extiende a todos los sectores de la región.

FASE LA JOYA. 800-850 dC (1150-1100 a.P.) Los asentamientos se desplazan de la región del lago hacia las islas. Las construcciones son conspicuas y de aspecto pan-mesoamericano: pirámides, plazas y juegos de pelota.

FASE PALACIOS 850-1200 dC (1100-750 a.P.). Mayor densidad de población con respecto a la otra fase. El lago se desocupa por completo siendo la zona de mayor importancia la denominada Sierra-Malpais.

FASE MILPILLAS. 1200-1500 dC (750-450 a.P.) En esta etapa los pobladores de la región Sierra-Malpais se sostienen de la explotación de los recursos del lago.



Figura 3- Planicie lacustre de Zacapu, de pendiente plana , con algunas ondulaciones y escasa inclinación .



Figura 4- Extracción del núcleo en el canal de avenamiento.

IV MATERIALES Y METODOS

IV.1 OBTENCION DE MUESTRAS

IV.1.1 TRABAJO DE CAMPO

Tomando en cuenta que por su posición, la región central del lago puede englobar un espectro palinológico regional y local más amplio, el sitio de colecta se ubicó en esta zona, en el canal de avenamiento que va, con dirección norte-sur, de Cantabria al dren Primavera (Figura 4). En la barrenación se utilizó una "nucleadora" manual, de fabricación soviética, de duraluminio (figuras 5 y 6), la cual permite obtener, en sedimentos blandos, columnas semicirculares (núcleos) de 50 cm de longitud sin comprimir el material.

Después de la extracción, cada núcleo, se embolsó en una "media caña" (corte longitudinal de sección semicircular), de tubo PVC de 6 cm de diámetro. Anotados en la "media caña" los datos de registro correspondientes, cada muestra se empaquetó en una bolsa de plástico para su traslado al laboratorio.

También se recogieron muestras más superficiales, de un corte que se practicó en una de las paredes del canal. En este caso la toma se efectuó directamente con una espátula limpia, con la cual se extrajeron pequeños bloques de aproximadamente 6 cm de largo por 6 cm de ancho y 1 cm de altura, a intervalos de 2 cm. Cada muestra se registró y depositó en una bolsa de plástico, con cierre.

Simultáneamente a la obtención de las muestras se efectuó la descripción macroscópica de los sedimentos.

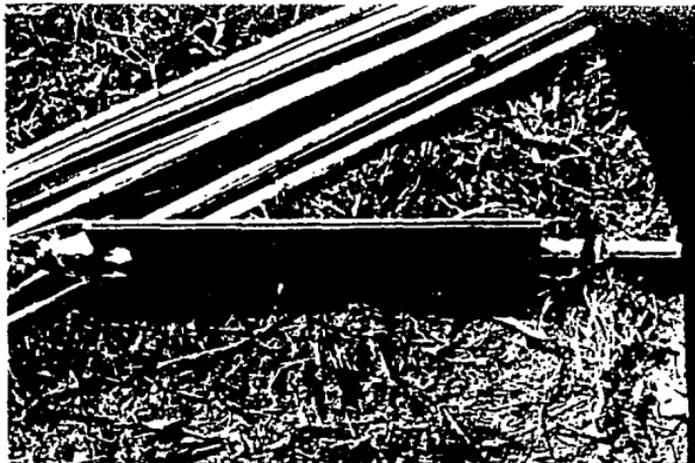


Figura 5- " Nucleadora soviética "



Figura 6.- Fragmento del núcleo y "media caña" de tubo PVC para su embalaje.

IV.1.2 TECNICAS DE LABORATORIO PARA LA OBTENCION DE MATERIAL DESTINADO AL ANALISIS PALINOLOGICO

A su llegada al laboratorio, todas las muestras se almacenaron en refrigeración para evitar el desarrollo de microorganismos que pudieran deteriorar la exina de los granos de polen.

Los núcleos extraídos del fondo del canal y embalados en las "medias cañas", se dividieron, longitudinalmente, en dos partes iguales, una mitad se guardó como testigo y la otra se fraccionó transversalmente en muestras de aproximadamente 1 cm de ancho, separadas una de otra por un espacio de 5 cm. La obtención de las muestras se llevó a cabo directamente de la "media caña", con la espátula limpia, y para evitar contaminación de toda la superficie en exposición se eliminaron varios milímetros de espesor; estas muestras desbastadas fueron sujetas a las técnicas palinológicas.

En el caso de las muestras procedente de la pared del canal, se eligieron los bloques correspondientes a espaciamientos de 4 o 6 cm (cifras más cercanas a la de 5 cm, que fué el espaciamiento de las muestras de las "medias cañas"). El material también se sujetó a limpieza por raspado. De cada trozo se guardó una pequeña fracción, como testigo.

IV.1.2.1 ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA

La susceptibilidad magnética es la valoración de la facilidad con la cual un material se magnetiza (Thompson y Oldfield, 1986). La susceptibilidad aparente es proporcional a la cantidad de minerales magnéticos presentes en la muestra.

Thompson y colaboradores (1975), consideran que la

susceptibilidad magnética puede traducirse como un indicador de procesos de erosión.

En virtud de que los estudios de susceptibilidad magnética en sedimentos lacustres se han revelado como importantes fuentes de información en las investigaciones paleolimnológicas (Thompson, 1973), y gracias a que se contó con el apoyo del Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM, se creyó conveniente practicar este tipo de examen a los sedimentos del ex-lago, en forma colateral al análisis palinológico

Se reconocen tres tipos principales de materiales magnéticos: 1) Los ferromagnéticos y ferrimagnéticos que, bajo la acción de un campo magnético, pueden retener algo de su magnetismo adquirido después de remover el campo. 2) Los paramagnéticos, cuyo comportamiento magnético puede ocurrir cuando átomos individuales, iones o moléculas poseen un momento dipolar magnético permanente, originándose una magnetización positiva que se pierde una vez que el campo magnético desaparece. Muchos minerales naturales como el olivino, los piroxenos, el granate, la biotita y los carbonatos de fierro y manganeso son paramagnéticos. 3) Los diamagnéticos, cuya propiedad magnética fundamental se origina de la acción del campo magnético aplicado con el movimiento orbital de los electrones que resulta en una magnetización negativa, misma que se mantiene en tanto que permanezca el campo magnético. El cuarzo, los feldspatos, la calcita y el agua tienen un comportamiento diamagnético (Thompson y Oldfield, 1986).

Los minerales magnéticos presentes en los sedimentos lacustres son de varios tipos y orígenes:

- 1) Minerales magnéticos autogénicos. Son aquellos formados por procesos químicos o biogénicos *in situ* después del depósito de los sedimentos.
- 2) Minerales magnéticos diagénicos. Son el resultado de la transformación

de minerales magnéticos o no magnéticos ya existentes a nuevos tipos magnéticos.

3) Minerales magnéticos alógenicos. Minerales que llegan de fuera por erosión y transporte.

Todos los tipos de minerales magnéticos encontrados en la atmósfera contribuyen al registro sedimentario; sin embargo, solo en circunstancias específicas el aporte puede ser significativo como sería el resultado de la actividad volcánica, de la combustión de material fósil y de los incendios forestales.

Para el estudio de susceptibilidad magnética, se dispuso de los dos testigos de muestras, el de los núcleos en las "medias cañas" y el de las bolsas de plástico con material de la pared del canal. El número de muestras sometidas a la determinación fue de 171, obtenidas con espaciamientos de 2.5 cm. El material se pesó, "por doble pesada", en un frasco portamuestras de 10 cm³ de capacidad, en cuya tapa de cartón se escribieron sus datos de identidad; en seguida se colocó en un medidor de susceptibilidad Molspln con campo magnético aplicado de 0.7 mT. La lectura correspondiente se hizo por duplicado y su promedio se dividió entre el peso de la muestra, el resultado fue el valor que se graficó, siguiendo las indicaciones verbales hechas por el Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi, del Instituto de Geofísica de la UNAM.

IV.2 TECNICAS DE ELABORACION DE LAMINILLAS PARA ANALISIS PALINOLOGICO

La suma total de muestras desbastadas, (las del fondo más las de la pared), fue de 94. Cada una de ellas, se sometió a los procedimientos físicos y químicos (Martínez-Hernández, *et al.*), que en forma sucinta se describen a continuación:

De dispersión.

Una cantidad de muestra, de peso conocido, se colocó en un vaso de precipitados de 500 ml, agregando como dispersante "sigmaclin" al 5 %. Cuando el efecto del agente dispersor no fue satisfactorio, debido al alto contenido de arcilla del material tratado, se aplicó corriente directa de 12 volts.

De eliminación en la muestra de :

CARBONATOS, con ácido clorhídrico al 10 % , durante 24 h.

SILICATOS, por hidrólisis con ácido fluorhídrico concentrado, durante 24 a 48 h.

ACIDOS CRENICOS DEL HUMUS, con hidróxido de potasio al 5-10 %, por 7 a 10 minutos.

AGUA, con ácido acético hasta deshidratación total.

MATERIA ORGANICA, acetolización con anhídrido acético-ácido sulfúrico en proporción 9:1, durante 7 a 10 minutos

MEZCLA ACETOLITICA, con ácido acético hasta eliminación total de la mezcla.

De separación

Separación por densidad de la materia orgánica a fin de eliminar los minerales insolubles en ácido fluorhídrico utilizando bromuro de zinc ($\rho = 1.93$).

Al finalizar cada uno de los tratamientos, se centrifugó a 1500 rpm, durante 5 minutos y se lavó con agua destilada hasta ajustar el pH a 7. Este lavado no se ejecutó en los procedimientos para eliminar la materia orgánica cruda y la mezcla acetolítica, para evitar la reacción violenta del agua con la mezcla.

Finalmente un volúmen conocido (alícuota) de muestra tratada se montó con hidroxietilcelulosa -bálsamo de Canadá , en un portaobjetos.

En esta forma, se elaboraron cuatro laminillas por muestra, las

cuales después de ser estudiadas se integraron a la Palinoteca del Instituto de Geología de la UNAM. El resto del material procesado se guardó en frascos de vidrio que también se depositaron en ese mismo centro de investigación.

IV.3 ANALISIS DE LAMINILLAS Y CUANTIFICACION DE PALINOMORFOS

La observación y cuantificación de palinomorfos en las laminillas, se efectuó con microscopio de luz, bajo el objetivo de inmersión.

Se identificaron y contaron en su totalidad los granos de polen y esporas de helechos, algas, hongos y otros palinomorfos de afinidad incierta, presentes en cada una de las laminillas observadas. Se estudió una laminilla por muestra.

En las láminas I, II y III se muestran las fotografías de los principales palinomorfos presentes en las preparaciones palinológicas. La toma de fotografías se hizo con objetivo seco fuerte (40 X) o con inmersión (100 X).

Del análisis microscópico de las 94 muestras de sedimento, se identificaron 52 taxa con diferente rango taxonómico o parataxonómico. Debido a que algunos palinomorfos con baja frecuencia y abundancia presentan mal estado de conservación, no es posible su identificación o descripción convencional, dejando como opción, la nominal y su agrupamiento en la categoría de "no identificados".

IV.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS

Para el manejo estadístico de los datos, se utilizó el programa *Waterloo* para computadora personal, versión 1.2, que se emplea en el *Quaternary Sciences Institute*, de la Universidad de Waterloo, Canadá.

Este programa permite efectuar cálculos que habilitan la interpretación de columnas de sedimentos de polen; estos cálculos son:

1) Porcentajes palinológicos, cuyo cómputo requiere determinar:
a) suma polínica = suma polínica básica (total de palinomorfos contados en las categorías 1-árboles, 2-arbustos y 3-hierbas) + total de polen de las categorías restantes (4 a la 10).

b) Porcentaje relativo de cada *taxon*, por laminilla = número de granos del *taxon*/suma total de palinomorfos de los *taxa* en estudio.

c) Porcentaje relativo de árboles, arbustos y hierbas en la suma polínica básica :

$\% \text{ relativo} = (\text{suma del polen de las categorías 1, 2 y 3} / \text{suma polínica básica}) \times 100.$

2) Concentración polínica o frecuencia absoluta de polen, que significa número de palinomorfos por unidad de volumen o de masa, de sedimento húmedo o seco, (Berglund, 1986, Birks and Birks, 1980).

3) Tasa de acumulación polínica (*pollen influx*) , o sea el número de granos acumulados en una unidad de área de sedimentación, por unidad de tiempo, (Birks and Birks, 1980; Berglund, 1986).

El programa utiliza las fechas radiométricas calculadas con base en C^{14} .

La información procesada, puede presentarse en forma de gráficas de línea o de barra, en cuatro tamaños.

Los datos necesarios para alimentar el programa *Waterloo*, versión 1.2 del *Quaternary Science Institute* son los siguientes:

a) Listado de *taxa* identificados por análisis palinológico.

b) Archivo de valores, donde se encuentran registrados, para todos y cada una de las muestras, los datos que la identifican, por ejemplo: total de muestras estudiadas y procedencia; aquellos que las

caracterizan: profundidad, volúmen en cm^3 , edad radiométrica, desviación estándar, granos marcadores y número de capas sedimentológicas distinguibles. El archivo incluye además, los valores resultantes en el análisis palinológico, requeridos para la ejecución de los cálculos antes mencionados.

Los modelos que se adoptaron para el registro de valores se ajustan a lo establecido en el programa de la Universidad Canadiense.

a) Listado de taxa (apéndice 1).

En esta lista, cada taxa se codifica con dos números colocados en hilera a lo largo de la relación; los guarismos de la primera hilera siguen la secuencia de la serie natural numérica y constituyen sólo ordenadores (sin participación ni significado en los cálculos), que indican, para cada taxa, ubicación permanente en un lugar fijo de la lista. Como el programa admite 72 taxa, la numeración corrida va del 1 al 72. Los números de la segunda hilera, señalan pertenencia del taxa a una de las diez categorías que estatuye el programa: 1-árboles, 2-arbustos, 3-hierbas, 4-acuáticas, 5-musgos, 6-desconocidos, 7-marcadores, 8-algas, 9-varios y 10-espacios en blanco.

Cuando el número de taxa identificados resulta menor de 72, como en el caso del presente análisis, en el cual se encontraron 52 taxa, el segundo número, es decir, el que indica la categoría, será 10 (espacios en blanco); dado que fué ocupado por los palinomorfos marcadores y otro por los no identificados, a partir del taxa 55 y hasta el 72, el registro será: 55 10, 56 10,... 72 10.

El nombre de cada taxa se escribe en el renglón inmediato inferior al que ocupan sus números de codificación.

Es requisito que los palinomorfos marcadores sean los primeros

inscritos, por lo tanto, la lista siempre se inicia con los dígitos 1 7.

b) Archivo de valores (apéndice 2).

Para anotar en este archivo los datos de cada muestra en estudio, se asumió la forma de tabla que opera a semejanza de una matriz asimétrica. Entre ésta y el listado de taxa debe haber correspondencia exacta, de cada *taxon* asentado en ellas, en cuanto a su ubicación invariable en un lugar determinado. La reciprocidad se establece cuando los 72 taxa de la lista se arreglan con el mismo orden creciente, en ocho columnas y nueve renglones que componen la matriz.

Como en el caso de la lista, fueron los palinomorfos marcadores los que iniciaron la secuencia, así el primer renglón de la primera columna de cada tabla se inició con el valor que les corresponde.

El archivo de valores lo integran 94 tablas o matrices, una por cada muestra que se analizó.

En todas las matrices, a los nueve renglones que las componen, antecedió otro, donde se anotaron, siempre en el mismo orden, los datos siguientes:

Profundidad en cm. El orden secuencial de las tablas se estableció con base en esta dimensión, de la muestra más superficial a la más profunda.

Volumen en cm^3 . Para este estudio se consideró volumen de alícuota puesto en la laminilla, con fundamento en el significado de concentración polínica: número de palinomorfos por unidad de volumen o de masa, de sedimento húmedo o seco (Berglund, 1986, Birks and Birks, 1980).

Número de palinomorfos marcadores agregados. Ante la carencia de las tabletas con palinomorfos marcadores, se optó por dar a este dato un valor constante de 1000, que supone que se agregaron 1000 palinomorfos marcadores y se recuperó la misma cantidad.

Los últimos datos correspondieron a la edad radiométrica y a la desviación estándar de la edad radiométrica, con valor de -1.0 para cada una de ellas, cuando el dato no se determinó.

Sólo en la primera tabla, anteriores al renglón arriba mencionado, se dispusieron dos más; en el Inicial se inscribió el número de muestras y en el siguiente el nombre del archivo.

Después de la última matriz anotada, se incluyó información sobre la columna de sedimentos, integrada en este caso por nueve unidades (indicada por el dígito del primer renglón). El nombre del tipo de cada unidad se escribió con abreviatura: A = arcilla; C = ceniza; A-M = arcilla con materia orgánica; T = turba y L = limo. En el renglón inmediato inferior se apuntó la profundidad de contacto entre unidades contiguas, a partir de la más superficial hasta la más profunda.

En la figura 7 se ilustra la sección columnar generalizada de los sedimentos del Punto 1 Ciénaga.

PROFUNDIDAD
EN CENTIMETROS

EDAD POR C¹⁴
AÑOS ANTES DEL
PRESENTE (aap).

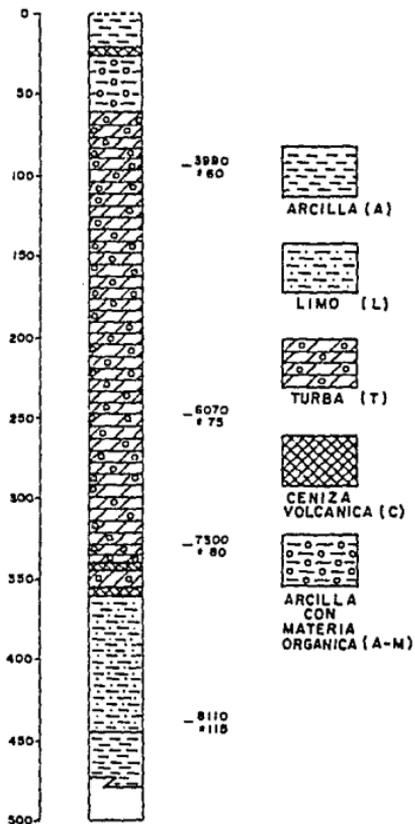


Figura 7.- Sección columnar generalizada de los sedimentos del Punto 1 Ciénaga, ex-lago de Zacapu, Michoacán.

V RESULTADOS

V.1 ANALISIS PALINOLOGICO

El análisis de los sedimentos del Punto 1 Ciénaga arrojó en total 52 tipos de palinomorfos (tabla 1), que no representan la riqueza florística de la zona que influye sobre la cuenca del ex-Lago de Zacapu, lo cual coincide con otros estudios de lluvia de polen, tanto actual como fósil. De los palinomorfos encontrados, los únicos abundantes y siempre presentes en las 94 muestras fueron los granos de polen del género *Pinus*.

En algunas muestras también abundaron los granos del género *Quercus*, de las familias Poaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae y Cyperaceae, el alga *Botryococcus* y las de tipo Acritarca, así como las pteridosporas monoletes y las fungosporas. En menor número, pero con particular significado ecológico, se registraron granos de *Alnus*, *Typha latifolia* y *Arenaria*. En otras muestras se presentaron regularmente, aunque con escasez, ciertos tipos de esporas de algas. El resto de palinomorfos fueron escasos y con baja frecuencia.

En cuanto a su distribución en las 10 categorías establecidas por el programa *Waterloo*, los 52 tipos de palinomorfos quedaron dispuestos así:

Diez en la categoría de árboles (categoría 1), cinco típicos y tres identificados como *Alchornea*, *Calophyllum*, *Celtis*, Bombacaceae y Tiliaceae, cuyas características les dieron entrada en esta categoría.

Tres en la de arbustos (categoría 2): *Dodonaea viscosa*, una Myrtaceae y una Apocynaceae.

Diecisiete tipos polínicos pertenecen a herbáceas terrestres (categoría 3).

Seis herbáceas acuáticas (categoría 4); en esta categoría también se situó un protozoario acuático, perteneciente al grupo de los tecamibinos.

Seis ficopalinomorfos (categoría 8); uno identificado a nivel de género (*Botryococcus*), otros dos a nivel de familia (Desmidiaceae y Zygnemataceae) y tres más como estructuras de resistencia características de algas por el tipo de "pared" que exhiben.

TABLA 1 LISTA DE PALINOMORFOS IDENTIFICADOS

A NIVEL DE FAMILIA	A NIVEL DE GENERO	A NIVEL DE ESPECIE
Apocynaceae	<i>Abies</i>	<i>Dodonaea viscosa</i>
Asteraceae	<i>Alcornea</i>	<i>Typha latifolia</i>
Bombacaceae	<i>Alnus</i>	
Brassicaceae	<i>Ambrosia</i>	O T R O S
Bromeliaceae	<i>Arenaria</i>	Acricarica
Chenopodiaceae/Ama	<i>Artemisia</i>	Alga 1
ranthaceae	<i>Botryococcus</i>	Briosporas
Cucurbitaceae	<i>Callophyllum</i>	Ficosporas
Cyperaceae	<i>Celtis</i>	Fungosporas
Desmidiaceae	<i>Cupressus/Juniperus</i>	Monoletes
Euphorbiaceae	<i>Gomphrena</i>	Periporado
Hydrocharitaceae	<i>Heteranthera</i>	Sulcado intectado
Liliaceae	<i>Myriophyllum</i>	Sulcado reticulado
Loranthaceae	<i>Pinus</i>	Tricolporado sulco
Lythraceae	<i>Quercus</i>	ecuatorial
Malvaceae	<i>Ruellia</i>	Tricolporado reti-
Myrtaceae		culado
Onagraceae		Tecambino
Poaceae		Triletes
Polygonaceae ?		
Tiliaceae		
Zygnemataceae		

En la categoría de "varios" (categoría 9), esporas monoletes, triletes y fúngicas.

En categoría independiente (categoría 5), esporas de musgos.

Como "no identificados" (categoría 6), seis palinomorfos a los cuales no se les pudo determinar la identidad taxonómica, sin embargo como sí se reconocieron con seguridad en las diferentes muestras en que

aparecieron y para fines de manejo estadístico, se les asignó un nombre descriptivo. También se reunieron aquí los palinomorfos deteriorados, incompletos e irreconocibles, los poco frecuentes y los poco abundantes.

Los resultados del estudio palinológico, se presentan en tres tipos de gráficas: de porcentajes, de concentración y de tasas de acumulación polínica (*pollen influx*).

La tasa de acumulación polínica puede ayudar a evaluar eventos deposicionales de corta duración, ya que constituye una estimación del número de granos de polen incorporados al sedimento en un área particular dentro de un tiempo dado. La tasa de acumulación polínica varía con el tipo de vegetación y con la densidad de las especies y es por lo tanto, una herramienta útil en la reconstrucción de la historia de la vegetación a través del polen fósil (Mehring, et al, 1977). La tasa de acumulación polínica por cm^2 / año puede calcularse si se conoce la tasa de depósito o sedimentación y el número de granos por volumen de sedimento lacustre (concentración). Contrariamente, si se conoce la tasa de acumulación polínica pueden estimarse los años comprendidos en un volumen particular de sedimento (Mehring, 1977).

El método *Waterloo* empleado en el presente estudio determina la tasa de depósito o sedimentación a partir de la relación: cambio en profundidad/cambio en edad radiométrica. Estas tasas son las siguientes:

PROFUNDIDAD EN CENTÍMETROS	TASA DE SEDIMENTACION CM/AÑO
0- 97	0.0245
98-251	0.0740
252-331	0.0650
332-442	0.1358
443-471	NO ESTIMADA

El producto de la concentración polínica por la tasa de sedimentación, representa la tasa de acumulación polínica o *pollen influx*.

En vías de facilitar y simplificar la discusión de las gráficas de porcentajes relativos, concentraciones y tasas de acumulación polínica (apéndices 3, 4 y 5), se juzgó conveniente considerar únicamente los palinomorfos de mayor frecuencia y abundancia, que generalmente, por razones semejantes, son los mismos que el resto de los palinólogos emplean en sus estudios. Se incluyen además, algunos otros que por sus características ecológicas pudieran tener un significado particular. Estos palinomorfos son: *Pinus*, *Quercus*, *Ainus*, Poaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Arenaria*, Cyperaceae, *Typha latifolia*, *Botryococcus*, alga tipo acritarca y alga l no identificada. También se examinan las gráficas de la suma polínica básica y la del porcentaje de la suma polínica básica.

A continuación se presenta la descripción de las gráficas; la interpretación de las mismas se expone en el siguiente capítulo.

Pinus spp.

En la gráfica de porcentaje relativo (figura 6), se observa que en la parte inferior de la columna sedimentológica, hacia la transición arcilla-limo (452 cm de profundidad), se alcanzaron los máximos valores de granos de polen (72.2%), para este género. A partir de ca 8100 aaP, hasta la actualidad, se presenta una franca tendencia al decremento, con altibajos constantes a lo largo de toda la columna.

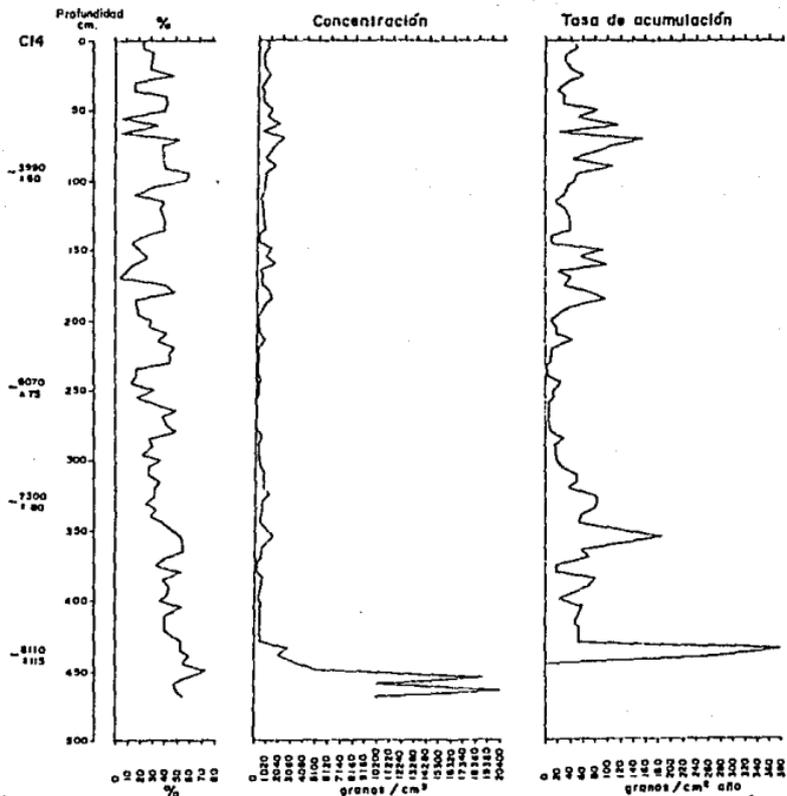


Figura B. Gráficas de porcentaje relativo, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Pinus spp.

En la gráfica de concentración (figura 8) se aprecian dos grandes picos, en sedimentos arcillosos, por debajo de los 450 cm de profundidad. El primero, a 467 cm, alcanza una concentración de 20390 granos/ cm³. Después de un decremento del 50%, se presenta el segundo pico, a 457 cm de profundidad con 19050 granos/ cm³. En seguida la concentración disminuye abruptamente y permanece baja el resto del perfil.

La tasa de acumulación polínica (figura 8), calculada, para el intervalo de tiempo de ca 8100 aaP a la fecha, indica que el mayor depósito de granos de polen ocurrió en los sedimentos limosos más profundos (437 cm), con valor de 380 granos/ cm² anuales. Otro importante pico de acumulación se presenta hacia los 357 cm de profundidad, en la transición entre una capa de ceniza de 2 cm de espesor y una capa de turba de 13 cm de espesor, con una acumulación de 189 granos/ cm² por año. Las cifras más bajas de acumulación se presentan hacia la porción media del núcleo, en la zona de sedimentos turbosos. De 200 cm hasta 150 cm de profundidad se percibe un ligero incremento en la tasa de acumulación que cae nuevamente hasta cerca del metro de profundidad. Hay un ligero aumento con una elevación importante que alcanza casi 160 granos/ cm³ por año a los 74 cm de profundidad, para nuevamente descender en los últimos 50 cm.

La comparación de las tres gráficas del género *Pinus* (figura 8), permite apreciar que el valor más alto de porcentaje polínico (pico máximo), coincide con una concentración elevada de granos de polen, aunque no la mayor, que a su vez se corresponde con un porcentaje polínico cercano al 50 %.

La mayor tasa de acumulación polínica concuerda con un porcentaje polínico elevado, 51.9 %y con un pequeño pico de concentración equivalente a 2800 granos de polen de pino / cm³. El comportamiento general de ambas gráficas es algo similar, lo que sugiere una correlación positiva entre el

porcentaje y la tasa de acumulación polínica, siendo ambos un reflejo de la producción de polen.

Es claro que el tipo de sedimento juega un papel importante en la cantidad de granos de polen acumulada en ellos.

Los valores de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica obtenidos para el género *Pinus*, resultaron los más altos de los 52 tipos polínicos encontrados.

Es conveniente señalar que la comparación intergráficas quedó restringida a sólo 442 cm de los 471 cm de profundidad que alcanza la columna en estudio, debido a que su fechamiento, determinado por medida directa (C^{14}) o por interpolación (realizada por el programa *Waterloo*), abarca de los 442 cm (punto más profundo al que se determinó la edad radiométrica), al nivel considerado como punto cero, (0 cm), restando 29 cm sin posibilidad de cálculo de su tasa de acumulación.

Quercus spp.

La gráfica de porcentaje relativo de polen del género *Quercus* (figura 9), muestra valores bajos, especialmente por arriba de los últimos dos metros de profundidad, señalando una disminución respecto a la parte inferior; el valor máximo, 35.9 %, ocurre a 372 cm de profundidad, en sedimentos de textura limosa.

La concentración exhibe una fuerte oscilación a lo largo de toda la columna (figura 9); ésto se interpreta como fluctuaciones en la densidad de poblaciones de encinos a lo largo del tiempo. Las máximas concentraciones se presentan por debajo de los 300 cm, en sedimentos arcillosos, limosos y turbosos. En turbas, parte media de la columna, se presenta un descenso, lo mismo sucede en la porción comprendida entre 100 y 150 cm de profundidad. La concentración máxima de granos de polen, 455

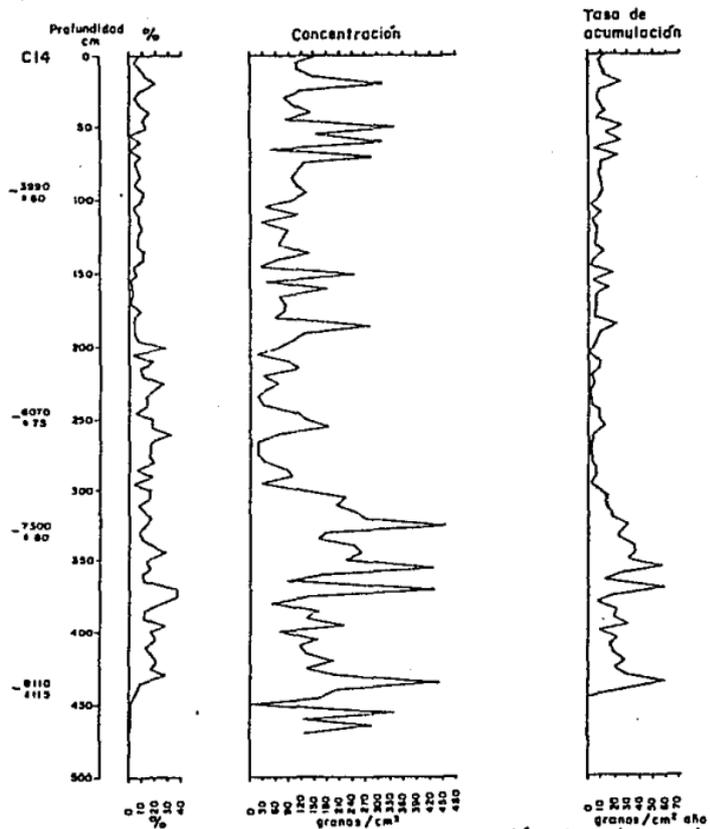


Figura 9. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Quercus spp.

granos/ cm³, ocurre a 327 cm de profundidad. Son importantes dos picos que se encuentran en sedimento limoso, uno a 437 cm de profundidad, con una concentración de 44 granos/ cm³ y el otro a 372 cm con 429 granos/ cm³. En sedimento de turba se manifiesta un pico con 422 granos/ cm³ a 357 cm de profundidad.

La tasa de acumulación polínica más alta ocurre en la porción inferior de la columna (figura 9), por debajo de 330 cm, sobre sedimentos turbosos y principalmente limosos. Las mayores tasas de acumulación se localizan a 437 cm y 372 cm con 60 y 58 granos/ cm² por año, respectivamente. En el resto de la gráfica, las tasas son pobres.

El análisis conjunto de las tres gráficas (figura 9) muestra que el porcentaje más elevado, corresponde el segundo valor en importancia de concentración, 429 granos/ cm³ y una tasa de acumulación, 58 granos/ cm² por año.

Al valor porcentual máximo le corresponden, dentro de los bajos valores obtenidos, cifras de concentración y tasa de acumulación elevadas; al valor máximo de concentración le corresponden un porcentaje de 12.4 % y una tasa de acumulación también reducida de 29.6 granos/ cm² por año. La mayor tasa de acumulación polínica coincide con el segundo valor más alto de concentración y un porcentaje de 8.2 %.

Al igual que para el género *Pinus*, las curvas de porcentaje y tasa de acumulación presentan cierto grado de paralelismo.

Alnus spp.

La gráfica de porcentaje (figura 10), muestra que entre ca 8200 y ca 7500 aaP aproximadamente, se presentan los porcentajes máximos. A 447 cm se tiene un porcentaje de 28.1%. Entre 407 y 392 cm ocurren dos puntos sin granos de aile, inmediatamente después se percibe un incremento. En el

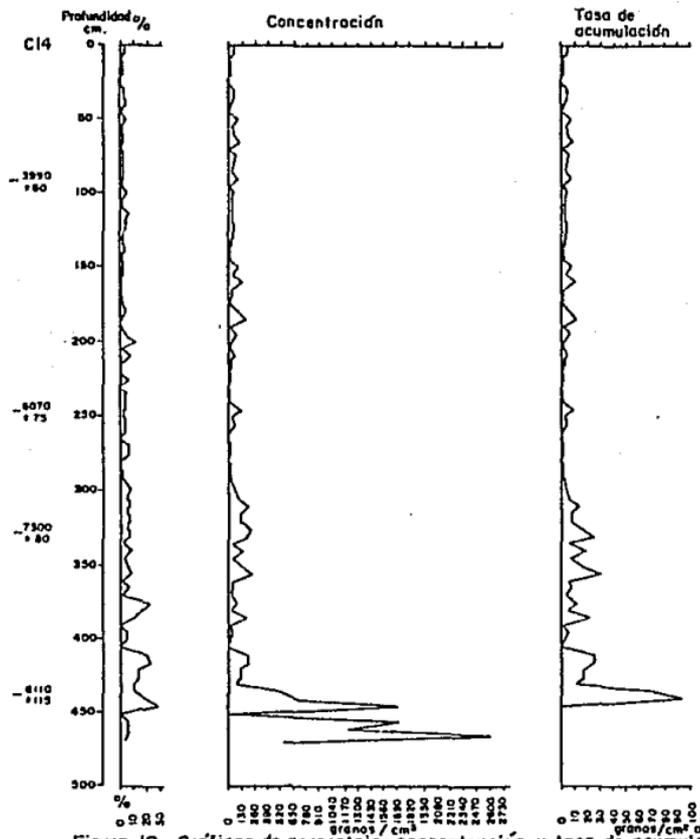


Figura 10. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Alnus spp.

resto de la columna se pueden distinguir dos zonas, ambas con porcentajes disminuidos de granos de polen. La primera comprende más o menos de 372 cm hasta aproximadamente 172 cm y la segunda de 172 cm a la superficie.

En la gráfica de concentración (figura 10) se observa, como en las de *Pinus* y *Quercus*, que es en la porción inferior de la columna, en los sedimentos arcillosos y limosos, donde ocurren las mayores concentraciones. El pico más elevado se encuentra a 467 cm, con un valor alto en relación a la cantidad de granos encontrados (2614 granos/ cm³); este valor supera al de los encinos a esta misma profundidad. Otros dos picos importantes en la porción inferior de la columna surgen a 457 y 447 cm de profundidad, con 1723 y 1687 granos/ cm³ respectivamente. Además de esta zona de alta concentración se delinear otras tres pero de baja concentración; una de ellas, ubicada de 407 cm a 282 cm, la otra de 282 cm a 200 cm y la última de 200 cm al nivel cero.

La gráfica de acumulación polínica (figura 10), indica que la mayor tasa se presenta al final de la columna, a una profundidad de 442 cm con 94 granos/ cm² por año. En esta gráfica se distinguen también cuatro zonas, que con límites similares coinciden con aquellas de la gráfica de concentración.

Al comparar las tres gráficas (figura 10), se observa que el valor porcentual máximo se asocia con el tercer valor más importante de concentración. La máxima cifra de concentración corresponde con un porcentaje bajo (6.3%). Al valor máximo de tasa de acumulación, corresponde un porcentaje del 19.6 % y una concentración de 690 granos/ cm³. Como ya se mencionó, las curvas de concentración y de tasa de acumulación tienen el mismo patrón de comportamiento y sus valores, en la porción inferior de la columna, son mayores que los de los encinos; esto significa que es en este período donde hubo mayor producción y acumulación de granos de polen de

aile, seguramente porque las condiciones ambientales fueron propicias para el desarrollo de poblaciones más amplias de *Ainus*.

Poaceae

La gráfica de porcentaje (figura 11), muestra que los valores máximos se localizan en los últimos 50 cm de la columna. El valor máximo corresponde a la profundidad de 36 cm, dentro de los últimos 4000 aaP, con un 64 % . A lo largo de la columna se presentan fluctuaciones. Se pueden distinguir por lo menos otras tres zonas con valores moderados de granos de polen de esta familia. Una de 432 cm a 382 cm, entre ca 8500 y ca 7500 aaP, otra de 277 cm a 252 cm, posterior a ca 6100 aaP y la tercera de 152 cm a 98 cm, dentro de los últimos cuatro milenios.

En la gráfica de concentración (figura 11), destaca la zona inferior de la columna, con 15995 granos / cm³ a 467 cm de profundidad y 11281 granos / cm³ a 457 cm. En el resto de la columna, tanto en los sedimentos limosos como en los turbosos, las concentraciones son muy bajas. Se percibe un ligero incremento en la porción superior de la columna, con 1820 granos / cm³ a una profundidad de 32 cm.

La gráfica de acumulación polínica (figura 11), muestra que las mayores tasas ocurren en la porción superior de la columna. El mayor valor de acumulación, de 135 granos /cm² por año, ocurre a 32 cm de profundidad en sedimento de textura arcillosa, rica en materia orgánica. Además de esta zona se distinguen otras dos partes, hacia la porción inferior de la columna, una de 442 cm a 382 cm en donde sobresale un pico con 40 granos / cm² por año y la otra de 382 cm a 302 cm con pico máximo de 60 granos / cm² por año a 362 cm.

La comparación de los tres gráficas de gramíneas (figura 11),

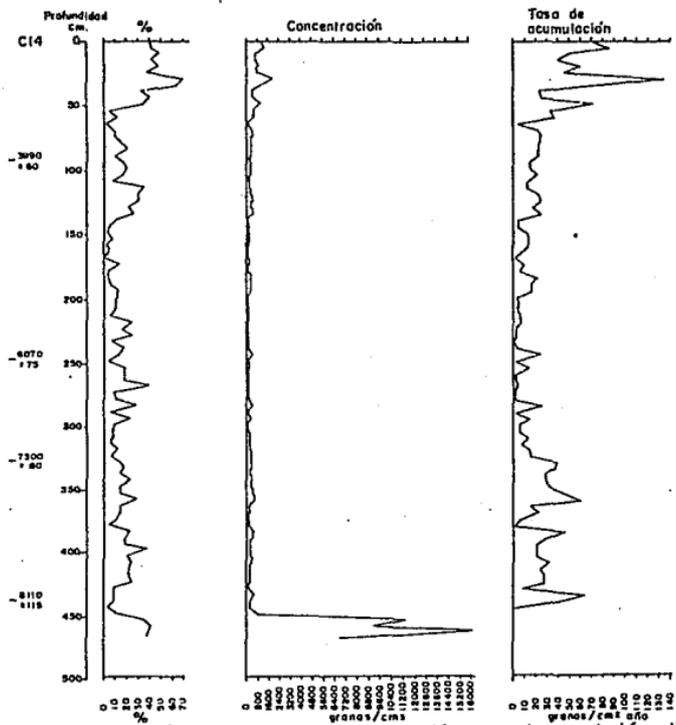


Figura 11. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Poaceae.

arroja que los máximos valores porcentuales, coinciden con los máximos de tasa de acumulación. Las máximas cifras de concentración se asocian a valores intermedios de porcentaje.

Los valores de concentración, en la parte inferior de la columna, son los segundos en importancia después de los del género *Pinus*. El hecho de que en esta zona se depositen 16000 granos en un cm^3 de sedimento y que aparentemente, de acuerdo con las gráficas de porcentaje y tasa de acumulación polínica, las poblaciones no son realmente densas, indica que el tamaño de partícula del sedimento (arcilla) y de los granos de polen de gramíneas, juegan un papel muy importante en la tasa de sedimentación y de acumulación polínica; con un tamaño menor de $50 \mu\text{m}$ y una estructura muy simple, los granos de polen de las gramíneas se comportan como arcillas desde un punto de vista sedimentológico.

Aunque los valores de concentración son bajos en la parte superior de la columna, las cifras de porcentaje y tasa de acumulación indican que en este período es donde hubo una mayor producción de polen de gramíneas, reflejo de elevadas densidades de población. El favorecimiento de este grupo de plantas puede obedecer a factores climáticos, edáficos, humanos o a la combinación de todos o algunos de ellos.

Chenopodiaceae-Amaranthaceae

En la gráfica de porcentaje relativo correspondiente (figura 12) se observa que de 471 a 342 cm de profundidad se presentan valores bajos. Por encima de este nivel, aproximadamente de 7500 a poco más de 3000 aaP y sobre sedimentos turbosos, los porcentajes son elevados y fluctuantes disminuyendo súbitamente a los 52 cm de profundidad. El máximo, 94 %, ocurre a 172 cm. A 68 y 56 cm existen dos picos importantes, con 90% y 88% respectivamente.

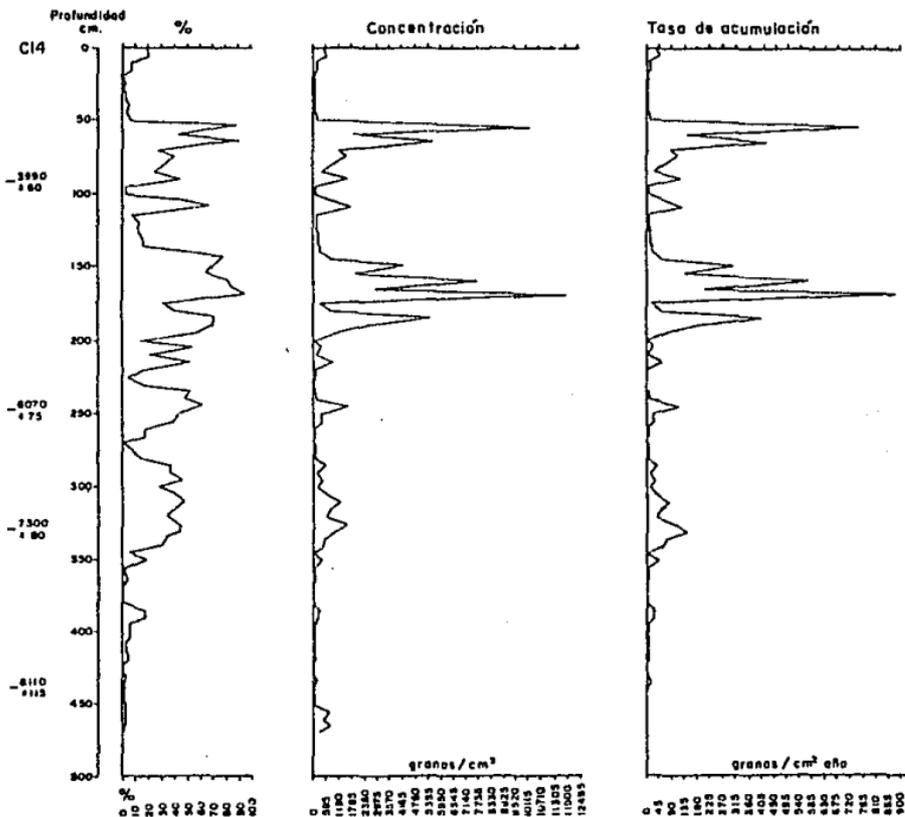


Figura 12. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Chenopodiaceae - Amaranthaceae.

La gráfica de concentración (figura 12), en la mitad inferior de la columna exhibe valores bajos. Sobre los 200 cm de profundidad se incrementan notablemente las cifras de concentración. El valor máximo, 11918 granos/cm³, se alcanza a 172 cm de profundidad. Entre 147 y 117 cm se presenta una disminución brusca, seguida de una recuperación que alcanza su valor máximo a 56 cm, con 10232 granos/cm³. En la porción final de la columna, con menos de 4000 años, los valores de concentración son extremadamente bajos.

La tasa de acumulación polínica (figura 12), indica que los valores máximos ocurren en la porción media superior de la columna, donde destacan dos zonas, una entre 200 y 150 cm, en la que se ubica el pico máximo a 172 cm (892 granos/cm² por año) y la otra entre 92 y 52 cm con un pico importante a 56 cm, con 758 granos/cm² por año.

El análisis conjunto de las tres gráficas (figura 12), muestra que tanto el porcentaje como la concentración y la tasa de acumulación polínica exhiben valores bajos en la porción inferior de la columna. En los tres casos el máximo se alcanzan a 172 cm de profundidad, aproximadamente 5000 aaP. Entre esta fecha y ca 4000 aaP, se percibe una disminución en los valores de las tres gráficas, seguida de un incremento notable hasta ca 2000 aaP. Después de esta época, los tres gráficas muestran cifras muy bajas.

Los valores de concentración que se alcanzan en la parte media superior de la columna, por debajo de los 50 cm, son los terceros en importancia, después de los de los pinos y las gramíneas; las cifras de tasa de acumulación polínica en este nivel, son las segundas más altas después de las de *Pinus*. Esto significa que es en este período de tiempo cuando las poblaciones de estas plantas, que pueden considerarse como oportunistas, fueron más densas y ocuparon mayores extensiones. Hay que

tomar en cuenta que, como plantas anemófilas, las Chenopodiaceae-Amaranthaceae tienen una alta producción de polen, de ahí que a pesar de depositarse en sedimentos turbosos, la concentración y tasa de acumulación polínica son elevadas.

Arenaria sp

En la gráfica de porcentaje (figura 13), se presentan algunas zonas con pequeños picos a lo largo de la columna. En los últimos 137 cm de profundidad, dentro de los últimos 4000 años, la curva es más o menos continua. El máximo, 10 %, ocurre a 132 cm.

La gráfica de concentración exhibe los máximos valores hacia la base de la columna sedimentológica. A 457 cm se tiene una concentración de 466 granos/cm³. A 357 ocurre un pequeño pico de 133 granos/cm³. La porción media de la gráfica muestra concentraciones muy bajas. Hacia la parte superior de la columna ocurren cuatro zonas con elevaciones, la primera a 132 cm con 114 granos/cm³, la segunda a 80 cm con 179 granos/cm³, la siguiente a 32 cm con 221 granos/cm³ y la más superficial a 2 cm con 149 granos/cm³.

La gráfica de tasa de acumulación muestra que el valor máximo se presenta en la base de la columna, a 437 cm se tiene una tasa de acumulación de 38 granos/cm² por año. En la porción superior de la columna se incrementa ligeramente la tasa de acumulación de esta planta.

La comparación de las gráficas (figura 13), muestra que en los tres casos, los valores son muy bajos. Al porcentaje máximo le corresponde un pequeño pico de concentración de 114 granos/cm³ y una tasa de acumulación de 8 granos/cm² por año. La cifra máxima de concentración ajusta con un mínimo porcentaje de 1.4 % y la mayor tasa de acumulación concuerda con un porcentaje de 5.2 % y una concentración de 282 granos/cm³.

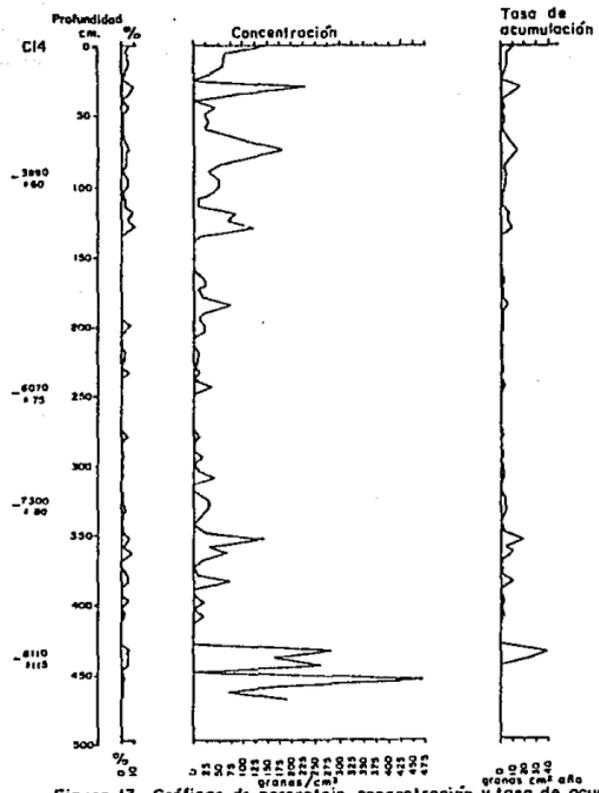


Figura 13. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Arenaria sp.

Los valores de concentración parecen indicar que las poblaciones de esta planta, de la cual se conocen algunas especies con hábitos palustres, son importantes en la parte inferior y hacia la porción superior de la columna; las cifras que se alcanzan son semejantes a las obtenidas para *Quercus*, siendo las más bajas en los 10 tipos de plantas restantes consideradas en este capítulo. La tasa de acumulación polínica indica que la producción de polen es baja y de allí los bajísimos valores.

Cyperaceae

La gráfica de porcentaje (figura 14), muestra que en la porción inferior de la columna los porcentajes son muy bajos. Hacia la porción media, ca 6500 aaP, ocurre un aumento importante, alcanzándose el máximo, 41 %, a 272 cm. De esta profundidad hasta la superficie, la presencia de estas plantas, que como regla general están ligadas a condiciones de alta humedad en el suelo, es constante aunque con valores bajos.

La gráfica de concentración (figura 14), indica que las cifras mayores ocurren en la base de la columna, con 1127 granos/cm³ a 457 cm. En el resto de la columna se presentan varios picos con cifras superiores a 200 granos/cm³: a 437 cm, 661 granos/cm³, a 342 cm, 276 granos/cm³, a 162 cm, 211 granos/cm³ y a 52 cm, 401 granos/cm³.

La gráfica de tasa de acumulación (figura 14), exhibe el máximo en la base de la columna, a 442 cm, con 42 granos/cm² por año. Existen algunos otros pequeños picos a 387 cm (27 granos/cm² por año), 337 cm (41 granos/cm² por año), 157 cm (19 granos/cm² por año) y a 52 cm (30 granos/cm² por año).

La observación conjunta de las gráficas (figura 14), señala que al porcentaje máximo se asocian una concentración de 84 granos/cm³ y una tasa de acumulación de 5 granos/cm² por año. La mayor cifra de concentración

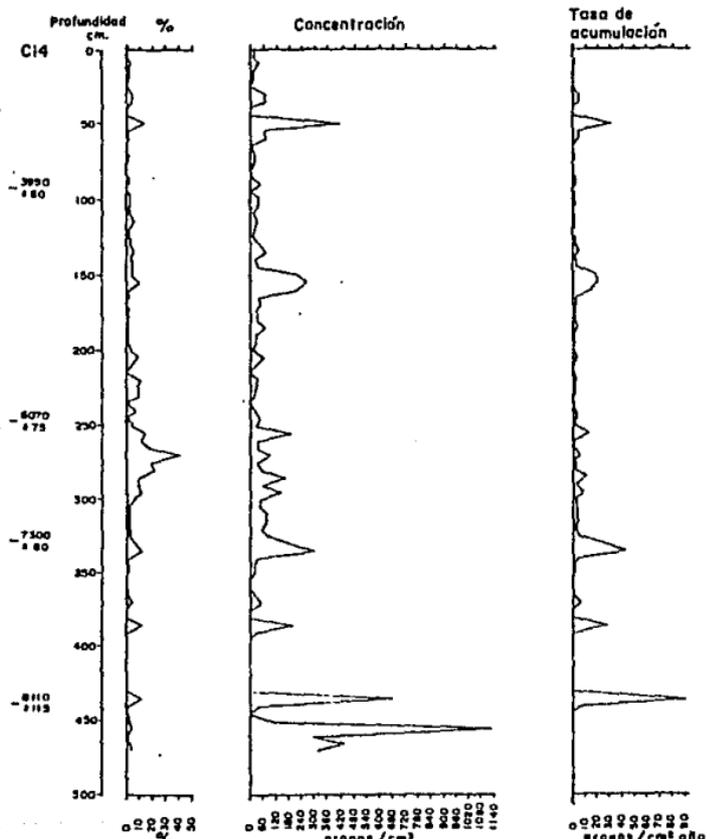


Figura 14. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a Cyperaceae.

coincide con un porcentaje de 3.2 % y la tasa de acumulación máxima se corresponde con un porcentaje de 1 % y una concentración de 37 granos/cm³.

Las gráficas de concentración y tasa de acumulación polínica exhiben un patrón de comportamiento casi idéntico, mientras que el de porcentaje es similar solo en algunas zonas. Sin embargo, es claro que es en la porción media de la columna, donde estas plantas hidrófilas están mejor representadas y donde seguramente la densidad de población y la producción de granos de polen fueron mayores.

Typha latifolia

La gráfica de porcentaje (figura 15), indica que esta planta hidrófila adquiere importancia por encima de los 400 cm de profundidad. Los valores más importantes corresponden a la fracción de la columna comprendida entre 337 cm y 287 cm. El máximo, 19.5 % se obtiene a 327 cm alrededor de 7300 aaP. Distribuidos en la porción restante de la columna sedimentológica, se presentan algunos otros pequeños picos.

En la gráfica de concentración (figura 15), se observa que en la parte inferior de la columna, los valores son bajos. Las concentraciones máximas se registran entre 337 cm y 287. El valor más alto, 910 granos/cm³, ocurre a 327 cm de profundidad. En la porción superior de la columna, aparecen algunos picos menos pronunciados.

La gráfica de tasa de acumulación polínica (figura 15), muestra que las mayores tasas también ocurren entre 337 y 287 cm, alcanzándose el máximo a 327 cm.

Al comparar las gráficas (figura 15), se aprecia un comportamiento muy similar en las tres curvas ya que los máximos valores se presentan al mismo nivel y el pico más alto, en los tres casos, ocurre a 327 cm. Esto indica que tanto la densidad de población como la producción

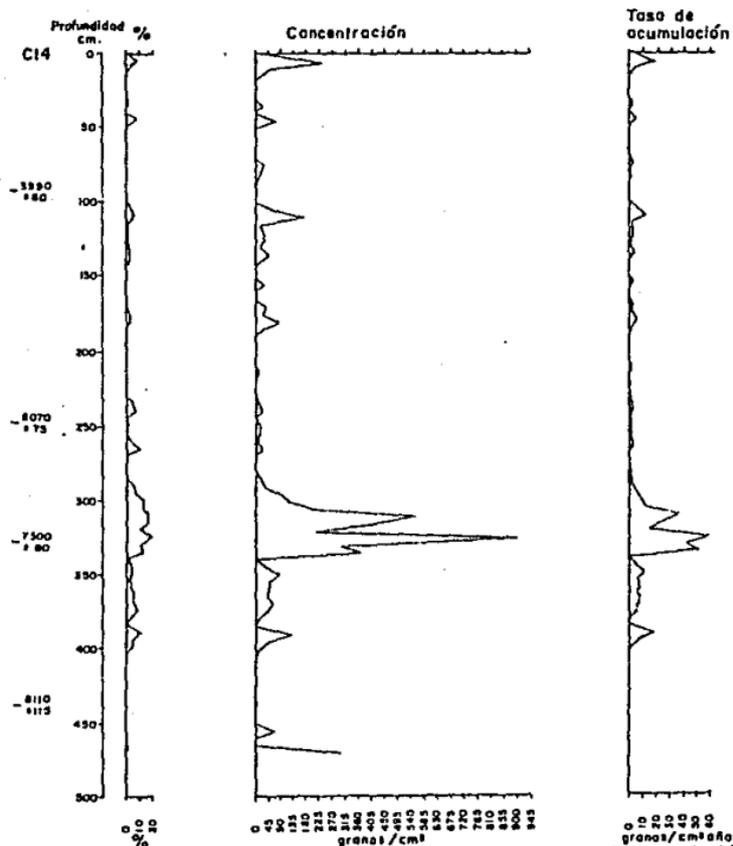


Figura 15. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes a *Typha latifolia*.

de granos de polen de esta planta, son considerables en esta fracción de la columna. Se distinguen otros pequeños picos de concentración hacia la porción superior de la sección sedimentológica, que marca fluctuaciones en el nivel del lago.

Botryococcus

La gráfica de porcentaje (figura 16), indica que por debajo de los 300 cm los valores son bajos, con excepción de un pequeño pico de 24 % a 377 cm. Por encima de los tres metros se presentan fluctuaciones en los porcentajes encontrándose algunos valores altos: 50 % a 282 cm, 18.4 % a 247 cm, 22.2 % a 232 cm, 34.8 % a 202 cm y 18.3 % a 177 cm. Entre 147 cm y 74 cm de profundidad se distingue un incremento importante teniéndose el valor máximo, 64.5 % a 127 cm de profundidad. En los últimos 50 cm los valores son bajos.

La gráfica de concentración (figura 16), señala valores bajos en los dos tercios inferiores de la columna sedimentológica. Los máximos valores se presentan entre 147 cm y la superficie. El mayor pico se ubica a 127 cm con una concentración de 2308 granos/cm³.

Las gráficas de tasa de acumulación y concentración muestra un patrón muy semejante al del la gráfica de porcentaje. Sus dos tercios inferiores exhiben valores bajos, mientras que los valores más altos ocurren sobre los 147 cm. El pico máximo se presenta a 127 cm con un valor de 171 granos/cm² por año.

Al comparar las gráficas (figura 16), se aprecia que en los tres casos, los valores máximos se presentan hacia la porción superior de la columna sedimentológica. El valor mayor se presenta a 127 cm en las tres gráficas. Todo lo anterior, sugiere que es en esta parte de la sección columnar donde las poblaciones de esta alga alcanzan un clímax, que

representa una etapa de eutroficación del lago.

Alga tipo acritarca

En la gráfica de porcentaje relativo (figura 17), se observa que en la parte inferior de la columna sedimentológica los valores son bajos. Hacia la porción media de la columna, entre 292 y 227 cm se percibe un incremento considerable que alcanza su máximo, 95.3 %, a 267 cm. En el resto de la columna, los valores se mantienen bajos.

El trazado de las gráficas de concentración (figura 17), sigue el modelo de aquella de la tasa de acumulación y es similar a la gráfica de porcentaje. La parte final de la columna exhibe valores bajos al igual que la porción superior. Los máximos se localizan hacia la parte media. Ocurren dos picos con altos valores de concentración, el máximo de 4916 granos/cm³ a 257 cm y el segundo de 3923 granos/cm³ a 267 cm. La tasa de acumulación reproduce este diseño con valores máximos de 320 granos/cm² año y 255 granos/cm² por año a 257 y 267 cm respectivamente.

Las gráficas reflejan que esta alga se reprodujo de manera explosiva durante un período de tiempo corto, alrededor de 6000 aaP, en respuesta a algún factor ambiental, como podría ser un exceso de ciertos nutrientes (en esta porción de la columna sedimentológica se nota la presencia de cenizas volcánicas muy dispersas).

Alga 1 no identificada

La gráfica de porcentaje relativo de esporas de este tipo de alga (figura 18), indica que se presentan fluctuaciones a lo largo de la columna sedimentológica. En la porción inferior destaca una pequeña área, entre 417 y 402 cm que representa las mayores cifras para esta fracción de la

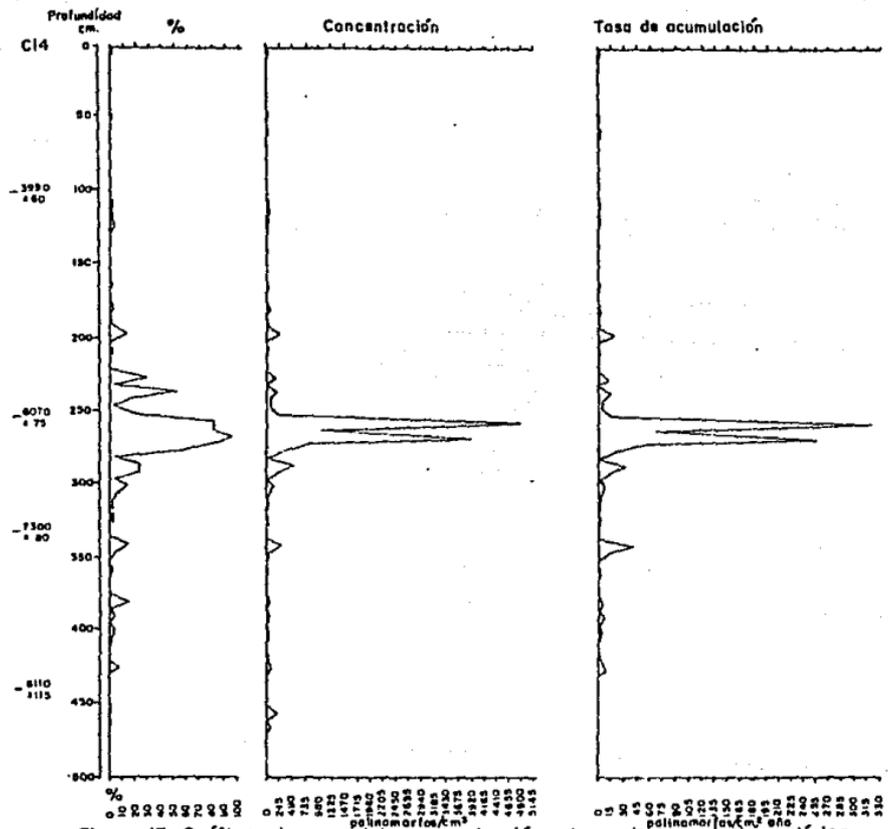


Figura 17. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes al alga tipo acritarca.

columna. En la parte media se presentan algunas pequeñas elevaciones, pero los valores más altos ocurren entre 68 y 42 cm. El porcentaje más alto, 34.4%, se localiza a 68 cm de profundidad. De 42 cm a la superficie se aprecia un fuerte decremento.

La gráfica de concentración (figura 18), exhibe una pequeña zona en la porción inferior de la columna con valores relativamente elevados: 1131 granos/ cm³ y 1192 granos/ cm³ a 467 y 457 cm de profundidad respectivamente. La región media inferior y superior de la columna muestra valores bajos; entre 80 cm y 42 cm de profundidad se aprecia una recuperación de ellos. El máximo, 3219 granos/ cm³, se alcanza a 68 cm. En la parte final de la columna se tienen cifras muy bajas.

En la gráfica de tasa de acumulación polínica (figura 18), se observa que los valores son bajos a lo largo de toda la columna, con excepción del área comprendida entre 80 y 42 cm, en la cual ocurre un incremento de la tasa de acumulación, alcanzándose el máximo a 68 cm con 238 granos/ cm² por año.

La comparación de las tres gráficas (figura 18), muestra un patrón de comportamiento similar; se aprecia que los valores máximos se presentan en la porción superior de la columna, siendo aquí donde las poblaciones de este tipo de alga logran sus mayores densidades. Las cifras máximas en los tres casos se alcanzan a 68 cm.

Según se aprecia en las gráficas palinológicas (figuras 16 y 18), parece que este grupo de algas reemplazan parcialmente a las poblaciones de *Botryococcus*, cuando éstas últimas se ven disminuidas. Tal vez se trata de algas que requieren un mayor contenido de oxígeno en el agua y se podrían asociar con un pequeño incremento en el nivel del lago.

Para finalizar la descripción de las gráficas, de manera individual, resta analizar las correspondientes a la suma polínica básica

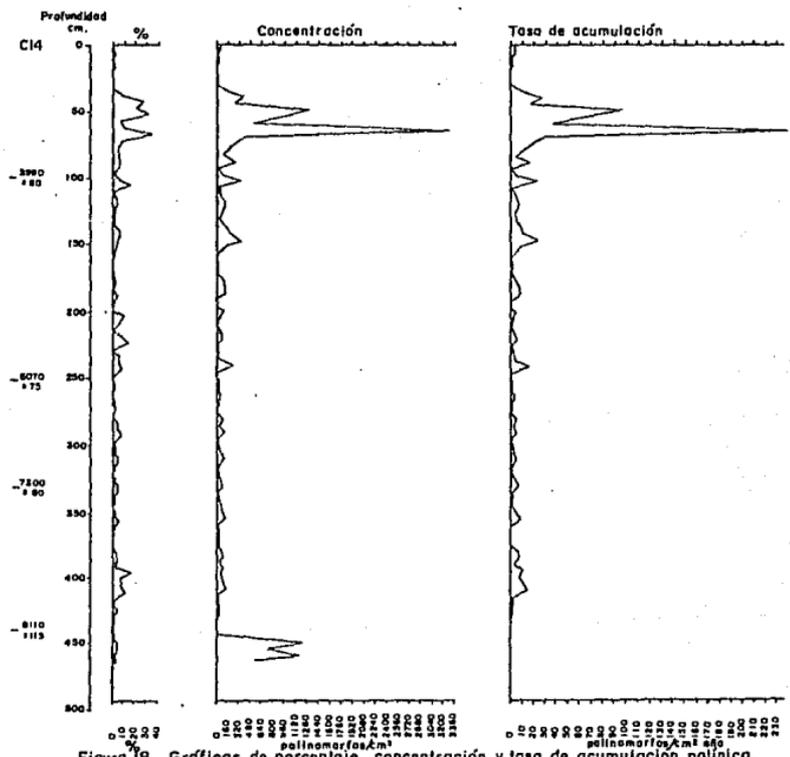


Figura 18. Gráficas de porcentaje, concentración y tasa de acumulación polínica, correspondientes al alga 1 no identificada.

y a la del porcentaje de la suma polínica básica, ambas derivadas del archivo utilizado para calcular el porcentaje relativo.

Suma polínica básica

Esta gráfica (figura 19 A), representa la suma de granos de polen de árboles, arbustos y hierbas, excluyendo aquellos palinomorfos ubicados en las categorías de acuáticos, algas, hongos, varios y desconocidos.

La parte inferior del gráfica, que corresponde a una textura arcillo-limosa, muestra que es en ese nivel donde se alcanzan las cifras más altas de granos de polen, los que por su tamaño, se comportan como partículas de arcilla y limo y se depositan junto con ellas. Entre la base de la columna y los 437 cm, alrededor de los 8200 aaP, se demarca una zona con valores que oscilan entre 3191 y 497 granos.

Sobre los 437 cm, en sedimentos de naturaleza turbosa, las cifras disminuyen considerablemente, no obstante se dibuja una zona alrededor de los 7300 aaP con una tenue recuperación, esto es entre 362 y 307 cm de profundidad. Después de este nivel se aprecia un nuevo decremento. Cerca de los 5000 aaP se observa un incremento en el número de granos de polen, que vuelve a decaer por arriba del metro y medio de profundidad.

A 56 cm de profundidad, en sedimentos de textura arcillosa con abundante materia orgánica, se presenta un incremento de 1964 granos. De aquí al nivel cero, el número de granos de polen es relativamente bajo.

Porcentaje de la suma polínica básica

La gráfica (figura 19 B), está destinada a proporcionar el porcentaje de polen de plantas arbóreas (T), arbustivas (S) y herbáceas. Sin embargo como de las plantas identificadas a través de los granos de

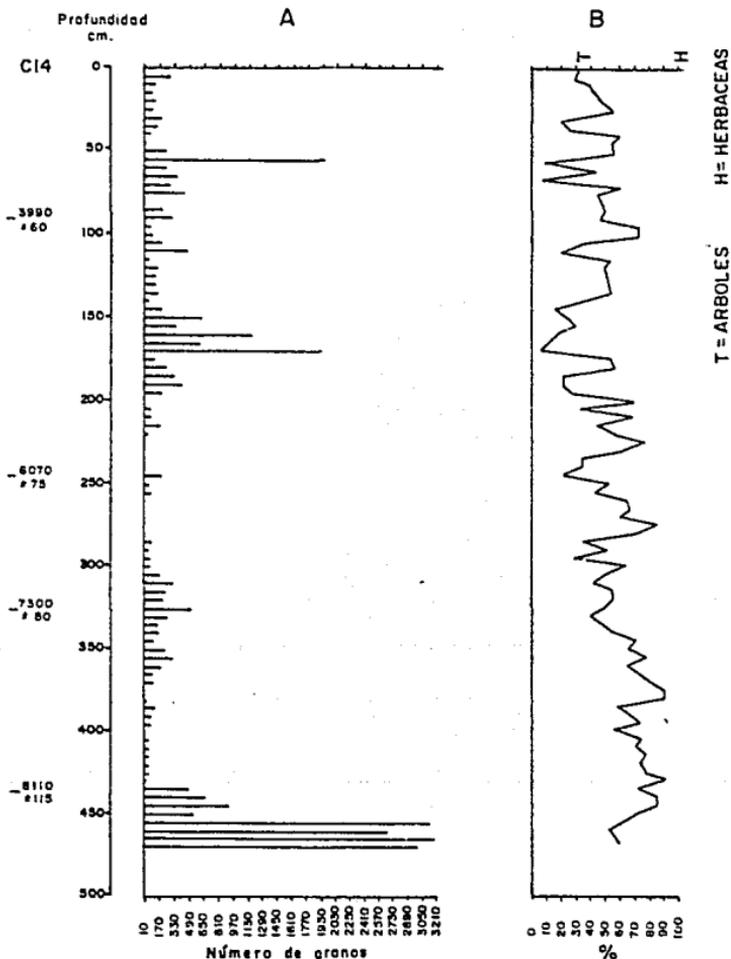


Figura 19. Graficas de la suma polínica básica (A)
y del porcentaje de la suma polínica básica
(B).

polen, sólo dos se consideraron con forma de vida arbustiva (ver lista de taxa del apéndice 1) las letras S (arbustos) y T (árboles), que aparecen en la parte superior de la gráfica se imbrican, ocasionando un caso particular en que la gráfica únicamente representa el porcentaje de polen de plantas arbóreas (PA) y polen de plantas herbáceas (PH) o polen de plantas no arbóreas (PNA). Su análisis indica que del fondo de la columna hacia la superficie, existe una clara tendencia de disminución del polen de plantas arbóreas y consecuentemente un aumento del polen de plantas herbáceas en los sedimentos superiores. Este comportamiento indica que las poblaciones boscosas de los alrededores del antiguo lago han sufrido mermas en su densidad de 8000 años a la fecha.

Los porcentajes más altos de polen de plantas arbóreas se localizan en la porción inferior, sobre arcillas y limos. El mayor valor de PA se encuentra a 382 cm de profundidad, ca 7700 aaP, con 90.6 % frente a 9.4 % de PH.

La disminución del porcentaje del polen de plantas arbóreas comienza a ser más evidente por encima de los 337 cm de profundidad y alcanza su mínimo a 172 cm, ca 5000 aaP, con 5.1 % de PA contra 94.9 % de PH, aunque dentro de esta porción de la columna de naturaleza turbosa ocurren algunos picos con altos porcentajes de polen de plantas arbóreas. De 172 cm a la superficie, dentro de los últimos 5000 años y sobre sedimentos turbosos y arcillosos con alta proporción de materia orgánica, ocurren fluctuaciones entre los valores porcentuales de polen de plantas arbóreas y del polen de plantas herbáceas, pero siempre conservándose una fuerte tendencia de decremento del PA.

V.2 SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA

En la gráfica de susceptibilidad magnética (figura 20), se

SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA
($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)

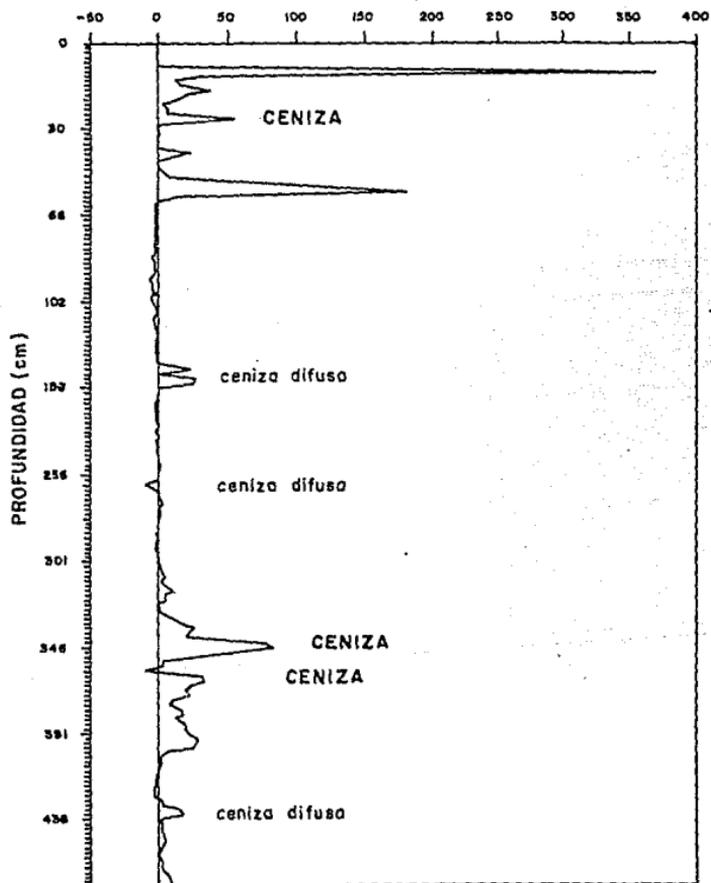


Figura 20. Gráfica de susceptibilidad magnética.

observa que los valores muestran una marcada dependencia con el tipo de sedimento y cubren un rango de entre $-10 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ a $370 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

En la gráfica es posible distinguir varios intervalos de alta susceptibilidad, que corresponden a una mayor concentración de minerales magnéticos o bien a una alta concentración aunada a cambios mineralógicos. La sedimentología muestra varias capas de cenizas volcánicas. Tres de estas capas de cenizas están caracterizadas por incrementos de susceptibilidad. Sin embargo los incrementos mayores se asocian a ocupación humana y se localizan hacia la parte superior del núcleo (primeros 60 cm), en las capas más superficiales de arcilla orgánica y arcilla.

VI DISCUSION DE RESULTADOS

VI.1 PERSPECTIVA PALEOAMBIENTAL

Restablecer un paleoambiente a partir de la palinoflora identificada en el análisis palinológico, demanda el examen de presencia, abundancia, fluctuaciones y desaparición del conjunto de elementos florísticos representados en las gráficas palinológicas. Requiere además, considerar la información que de manera indirecta puede tenerse sobre el ambiente de depósito, por ejemplo a través del tipo de sedimento y de los datos paleomagnéticos.

Del análisis palinológico realizado en esta tesis, fué posible distinguir seis etapas (figura 21; tablas 2A y 2B). En la etapa 1, (profundidad 471-362 cm), comprendida entre ca 8200 y ca 7500 aaP, el espectro palinológico indica que en los alrededores del antiguo Lago de Zacapu, se desarrollaban bosques de pino-encino con intercalaciones de algunos individuos de aile (*Alnus*).

Las especies de *Alnus* forman parte de la composición florística natural de bosques asociados a ambientes húmedos o subhúmedos generalmente templados.

En esta etapa, los porcentajes de granos de polen de *Alnus* son relativamente altos al igual que su tasa de acumulación polínica; los valores porcentuales de granos de polen de plantas acuáticas arraigadas son bajos, lo mismo que los del alga *Botryococcus*; sin embargo, los valores de concentración de palinomorfos de Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae y Zygnemataceae alcanzan, en la porción inferior del espectro palinológico, cifras entre 1000 y 2000 granos/cm³, en tanto que los de *Arenaria* y los de las fungosporas van de 250 a 500 granos/cm³. Aunque estos valores numéricos de ninguna manera son altos, si pueden estar señalando la existencia de un

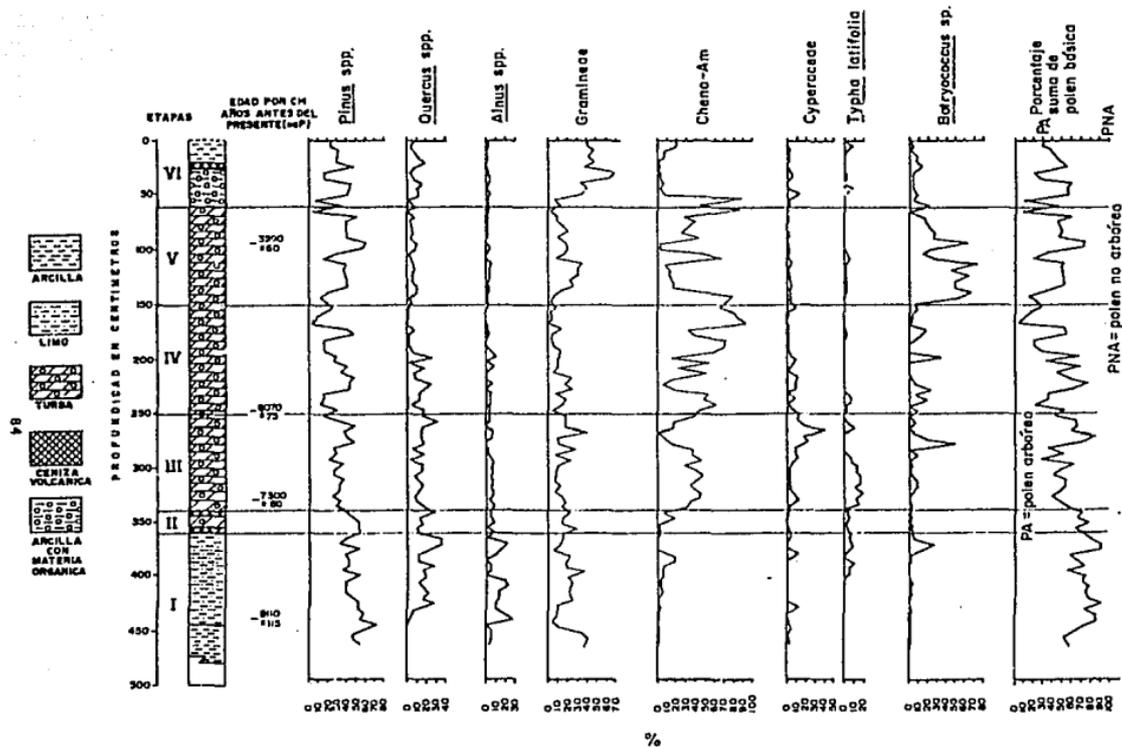


Figura 21. Espectro polinológico general, en el que señalan las seis etapas propuestas en el estudio.

lago distrófico, en el que la topografía particular originó zonas con diferentes profundidades, encontrándose áreas con un tirante de agua mayor y otras, tal vez las más numerosas, de pantanos.

El comportamiento de la curva de *Alnus* en el ex-Lago de Zacapu, es muy similar al obtenido por Watts y Bradbury (1982), en el Lago de Pátzcuaro; estos últimos autores encuentran que de 9500 a 5000 aaP, los valores de granos de polen de aile son altos, pero después de 5000 aaP, las cifras disminuyen abruptamente, situación que también ocurre en Zacapu.

La granulometría de los sedimentos (arcilla-limo) para este lapso de tiempo, sugiere un depósito en aguas estables. Las evidencias indican que desde principios del Holoceno, el de Zacapu no fué un lago de gran calado, aunque se piensa que es en esta etapa de la época geológica cuando alcanzó zonas de profundidad máxima. El tipo de vegetación inferido para los alrededores permite asumir para este tiempo, un clima templado húmedo o subhúmedo. Para el Lago de Pátzcuaro, Watts y Bradbury (1982), delimitan la interfase Pleistoceno-Holoceno hace 9500 aaP con un cambio de clima frío-seco a cálido-húmedo.

La gráfica de susceptibilidad magnética muestra que para esta fracción de la columna los valores son bajos reflejando poca erosión en el entorno.

El porcentaje de granos de polen de árboles es alto, situación que junto con la baja erosión inferida, permite suponer bosques densos y poco perturbados.

Durante los siguientes 100 años, ésto es entre ca 7500 y 7400 (etapa II, 362-345 cm), la actividad volcánica de la región fué violenta dejando como evidencia dos capas de cenizas volcánicas, cada una de aproximadamente 2 cm de espesor.

En las gráficas de porcentajes se aprecia un evidente decremento

en los valores de *Pinus*, *Quercus* y *Alnus*, del conjunto de polen de especies arbóreas y en la suma básica de polen. Sin embargo, a diferencia de lo que suele ocurrir en la mayoría de las cenizas volcánicas, particularmente en las de la Cuenca de México, donde los estratos de materiales piroclásticos casi siempre son estériles en granos de polen (Lozano, 1989), las cineritas del núcleo extraído en el antiguo Lago de Zacapu tienen concentraciones de hasta 850 granos/cm³ y tasas de acumulación del orden de 115 granos/cm² por año (valores para *Pinus* a 362 cm de profundidad).

Esta situación podría explicarse de varias formas: a) que las cenizas al caer a la superficie del suelo tuviesen una temperatura lo suficientemente baja como para no dañar demasiado la vegetación del área circundante al lago ni a los granos de polen en vías de sedimentación. b) que el aporte de polen ocurrió poco después de las erupciones, proveniente de vegetación alóctona. c) que se trata de polen lixiviado de estratos superiores.

La gráfica 20 muestra que en la porción de la columna en la que se ubican las dos capas de cenizas (362-360 y 347-345 cm de profundidad) existe un incremento de susceptibilidad magnética, situación que se asocia con mayores tasas de erosión. La actividad volcánica pudo ser causa de una merma en la densidad de población de los bosques que a su vez facilitó el arrastre de materiales desde las laderas montañosas hasta el fondo del lago. Para este tiempo las gráficas no arrojan evidencias de cambios en el clima, aunque por la acumulación de materiales piroclásticos, sí sugieren que pudo acelerarse el fenómeno de distrofia del lago y haber una disminución en su nivel de agua.

Es pertinente mencionar en este momento el papel que las cenizas pudieron tener como agentes modificadores de la temperatura. Los estudios del efecto de las erupciones volcánicas en tiempos históricos, han

demostrado que las cenizas en la atmósfera actúan como una barrera que impide la penetración normal de los rayos solares e incrementa con ello el albedo, ocasionando así descensos en la temperatura tanto a nivel local como regional. La de Zacapu, es una región eminentemente volcánica y sería lógico suponer que en su momento, las erupciones piroclásticas debieron afectar el clima no solo de la región sino que probablemente de zonas más amplias. Sin embargo, a través del estudio palinológico aquí presentado no se ponen de manifiesto cambios en la temperatura, ya sea, por que si los hubo estos no fueron muy amplios o súbitos, o bien porque no duraron el tiempo suficiente para producir un cambio climático persistente que afectara la vegetación. También pudo ocurrir que el desplazamiento de las cenizas fuera lateral y no altitudinal, como ocurrió con el volcán Santa Elena en Estados Unidos y por esta razón el efecto de "barrera" es imperceptible.

La porción de la columna situada cronológicamente entre ca 7400 y ca 2500 aaP, etapas III, IV y V, (345-62 cm de profundidad) revela condiciones de depósito muy particulares. Se trata de sedimentos de naturaleza turbosa, que entre otras cosas, reflejan un claro ambiente anaerobio reductor y una actividad microbiológica escasa (Fairbridge, 1972; Fairbridge y Bourgeois, 1978).

En este tipo de sedimentos es factible recuperar con cierta facilidad y grado de conservación macrorrestos vegetales. El polen se preserva en buenas condiciones, si bien no siempre en altas concentraciones, ya que el número de granos por unidad de volumen es bajo.

Las gráficas de porcentaje muestran que los valores de las especies arbóreas mantienen una tendencia de decremento, aunque las cifras oscilan constantemente. El polen de *Alnus* disminuye y se mantiene bajo.

Las gráficas del polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae señalan

valores altos y fluctuantes. El incremento de estas plantas comienza a ser notable precisamente después de los eventos volcánicos. Las plantas acuáticas arraigadas se tornan importantes entre ca 7400 y ca 6000 aaP (etapa III, 345-252 cm de profundidad). Se percibe cierta sucesión en este tipo de plantas: primero es abundante *Typha latifolia* y después las Cyperaceae.

Todo lo anterior sugiere que alrededor de 7400 aaP el nivel del agua bajó a tal grado que toda la zona se transforma en una ciénaga. Sobre las áreas expuestas se favoreció el desarrollo de plantas oportunistas como las Chenopodiaceae-Amaranthaceae.

El fenómeno de eutroficación del lago comienza a ser evidente por el incremento en las poblaciones de *Botryococcus*.

El decremento en las poblaciones de *Alnus* y el bajo nivel lacustre pueden ser indicio de una tendencia climática hacia condiciones más secas (clima templado semiseco). El fuego y el tectonismo son agentes que potencialmente también pudieron inducir modificaciones en la vegetación y en las características físicas del cuerpo lacustre.

La gráfica de susceptibilidad magnética (figura 20), indica que no hay fenómenos erosivos acentuados, como resultado de un menor aporte de sedimentos al ex-lago, al disminuir el flujo hídrico por las condiciones de menor humedad.

Metcalfe y Harrison (1984), a través de sus estudios de diatomeas en la región lacustre de Zacapu, ponen de manifiesto un periodo seco con bajo nivel del lago alrededor de 7330 aaP, planteamiento que concuerda con lo expuesto en el presente estudio palinológico.

Entre ca 6000 aaP y ca 4700 aaP (etapa IV, 252-152 cm de profundidad) los valores de Chenopodiaceae-Amaranthaceae muestran un incremento que posiblemente se debe a que el nivel de agua de la ciénaga

disminuyó aún más y sobre los terrenos expuestos prosperaron un mayor número de poblaciones de estas plantas. Como hipótesis se propone que esta disminución en el nivel del agua obedeció al establecimiento de condiciones más secas (clima templado semiseco), situación que puede ser corroborada con las mediciones de susceptibilidad magnética, las cuales indican que la erosión hídrica es reducida.

En la etapa V, que corresponde a los siguientes 2200 años (4700-2500 aaP, 152-62 cm de profundidad), ocurre una ligera recuperación del polen de plantas arbóreas y un notable incremento en los valores de *Botryococcus*, que coincide con dos pequeñas elevaciones en los valores de susceptibilidad magnética asociadas tal vez a un mayor aporte hídrico de sedimentos al pantano. En esta etapa también se percibe un ligero incremento en las cifras del polen de *Arenaria*, taxon que, en este trabajo, se ha considerado como perteneciente a alguna especie de hábitos palustres.

Ello parece indicar que en este período se elevó el nivel de agua de la ciénaga, inundándose los terrenos colonizados por las plantas oportunistas, lo que generó fenómenos de descomposición y putrefacción de la materia orgánica, aumentando la demanda bioquímica de oxígeno del marjal. El carácter eutrófico del cuerpo de agua, permitió el desarrollo de abundantes poblaciones de *Botryococcus*. Watts y Bradbury (1982) mencionan la existencia de una rica flora acuática en el Lago de Pátzcuaro al rededor de 3000 aaP que asocian a una fase de eutroficación por erosión.

Es factible manejar la hipótesis de que el incremento de agua en la ciénaga y la recuperación de la vegetación arbórea fueron dadas por condiciones de mayor precipitación pluvial (clima templado subhúmedo). Desde luego no deben descartarse los efectos de basculamiento que pudieron provocar el vulcanismo. Hutchinson et al (1956) con base en sus estudios de polen y flora algal en el Lago de Pátzcuaro proponen un clima húmedo entre

3400 y 2450 aaP.

Los últimos 2500 años, comprendidos en la etapa VI, (62-0 cm de profundidad) exhiben de manera indirecta la presencia de la cultura purépecha y las modificaciones que las mismas provocaron sobre su entorno. En este período decrecen considerablemente los valores del alga *Botryococcus* y los de las *Chenopodiaceae-Amaranthaceae*; aumentan los de las *Poaceae* y las cifras de susceptibilidad magnética indican un fuerte aporte de sedimentos al ex-lago. Se detecta la existencia de un evento volcánico aproximadamente 1000 aaP, a través de la presencia de una capa de cenizas volcánicas de un centímetro de espesor. La gráfica de susceptibilidad magnética muestra un pico a 26 cm de profundidad, que se puede asociar con este fenómeno de vulcanismo, reforzado por mayores tasas de erosión producto de una disminución en las áreas boscosas tal y como lo sugiere la merma en los valores del porcentaje de polen de plantas arbóreas.

Es posible suponer que el nivel de agua desciende nuevamente y se restablece la antigua ciénaga, que se conserva como tal, quizás con ligeras modificaciones en el nivel hídrico, hasta finales del siglo XIX cuando es drenada artificialmente. Esta disminución en el nivel del líquido no parece obedecer a cambios climáticos, sino más bien a fenómenos tectónicos y antrópicos, por lo que el clima permaneció como templado subhúmedo.

El trabajo de Hutchinson *et al* (1956) en Pátzcuaro menciona un período seco entre 2450 y 1050 aaP y otro de mayor humedad entre 1050 y 430 aaP. Consideran que el nivel más bajo del lago pudo ser hace 1700 aaP. Por otro lado Watts y Bradbury (1982) hablan de un Lago de Pátzcuaro eutrófico a partir de 3500 aaP.

El análisis polínico realizado en la región central del antiguo Lago de Zacapu, no proporciona evidencias de agricultura, ya que no se encontró polen de plantas cultivadas.

Este resultado, al contrario de lo que podría pensarse, satisface plenamente el objetivo de reconstruir los modos de uso del suelo de las riberas del lago y de Las Lomas, pues permite sostener la tesis de que estas fueron empleadas como sitios ceremoniales mas que habitacionales y que la economía de la población ribereña se sustentó en la pesca y en la caza, en cambio la agricultura fue una actividad secundaria. El comercio o intercambio de productos de los habitantes del Lago de Zacapu con los de regiones circunvecinas, debió jugar un papel muy importante para el abastecimiento de productos alimenticios, energéticos y de materiales para la construcción, la defensa y la elaboración de utensilios.

En el capítulo concerniente a los antecedentes sobre estudios del área de Zacapu y zonas circunvecinas, se mencionaron los análisis de diatomeas, susceptibilidad magnética y químicos, realizados por Metcalfe (1985, 1986 y 1989), en el pequeño lago que actualmente existe en las afueras del poblado de Zacapu. Esta autora considera que de ca 3970 a ca 2350 aaP, el nivel de este lago fué bajo, teniendo la menor profundidad hacia los 2500 aaP. Supone una recuperación del tirante de agua entre ca 2350 - ca 1100 aaP, que decrece durante los últimos 1000 años. El estudio palinológico aquí expuesto indica que en el antiguo lago ocurrió una ligera recuperación del nivel de agua entre 4700 y 2500 aaP, como consecuencia de un posible incremento en la precipitación pluvial.

En cuanto a los estudios de magnetismo realizados en este trabajo no parece haber discrepancias con los de Metcalfe, ya que esta autora propone que sus resultados reflejan los efectos combinados de un lago menos profundo y con mayor aporte de materiales alóctonos, debido al incremento en las tasas de erosión, que en términos generales es la misma conclusión del estudio de susceptibilidad magnética expuesto en esta tesis y que como proponen Street-Perrot *et al* (1989) en su investigación sobre

erosión antrópica, no es sino el reflejo de una intensa degradación ambiental desde 3500 aaP.

Este tipo de evidencias pone en entredicho la romántica idea de que los hombres de las antiguas culturas fueron consumados ambientalistas, si bien es cierto que el modo de utilizar los recursos de su entorno les permitió sostener una relación más armónica con él, en comparación con la que las civilizaciones actuales pueden mantener.

En las tablas 2A y 2B se presentan de manera resumidas las características del Lago de Zacapu deducidas del estudio palinológico.

Una vez inferida la secuencia climática para el área de estudio se comparó con las propuestas por otros autores para diferentes regiones: Lago de Pátzcuaro, Cuenca de México y Costa del Estado de Guerrero (tabla 3). En el capítulo I se mencionan algunos trabajos más pero estos carecen de información cronológica precisa, o bien, no indican con claridad las características climáticas de las etapas o períodos que describen.

Al realizar esta comparación se enfrentan algunos problemas ya que los autores no especifican los criterios ni los límites que utilizan para establecer etapas o períodos climáticos. Además, es frecuente que en estos trabajos de carácter paleoclimático no se incluya la clasificación del clima actual, en el mejor de los casos sólo se mencionan datos promedio de algunos de los elementos del clima.

Hechas estas aclaraciones, es válido cuestionar si las inferencias climáticas propuestas por los paleoclimatólogos son del todo comparables al no contarse con parámetros de referencia. Estos patrones podrían basarse en alguno de los sistemas de clasificación climática empleados a nivel mundial: Köppen, Miller, Peguy, Troil, Thornthwaite (Oliver, 1973), o mejor aún en el de Köppen adaptado por García (1988) a las condiciones de la República Mexicana. De esta forma cuando un autor

TABLA 2A. RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DEL LAGO DE ZACAPU EN EL HOLOCENO

ETAPAS	PROFUNDIDAD cm.	ANTIGUEDAD aa P	TIPO DE SEDIMENTO	TIPO DE VEGETACION HABITO Y SU DENSIDAD	CARACTERISTI- CA DEL LAGO
VI	62	ACTUAL 1000 2500	- ARCILLAS - - C. VOLC. - - ARC. -M.ORG-	BOSQUE / BAJA HERBACEAS TERRESTRES/ALTA	CIENAGA
V		2500 4700	T U	BOSQUE / MEDIA FITOPLANCTON/ALTA	CIENAGA
IV	252	4700 6000	R B	BOSQUE / ALTA HERBACEAS TERRESTRES/BAJA	CIENAGA
		III	6000 7400	A S	BOSQUE / MEDIA HERBACEAS ACUATICAS /ALTA
II	362	7400 7500	- C. VOLC. - - TURBA - - C. VOLC. -	BOSQUE / ALTA	DISTROFICO
		I	7500 8200	- LIMOS - - ARCILLAS -	BOSQUE / MUY ALTA
	471				

TABLA 2B. RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DEL LAGO DE ZACAPU EN EL HOLOCENO

ETAPAS	PROFUNDIDAD cm.	ANTIGUEDAD aa P	SUSCEPTIBILIDAD MAG- NETICA (SM), EROSIONE APORTE SED. (AS).	CONDICIONES CLIMATICAS PRECIPITACION TEMPERATURA
VI	62	ACTUAL 1000 2500	SM. MUY ALTA E. MUY ALTA AS. MUY ALTO	SUBHUMEDO TEMPLADO VULCANISMO
V		2500 4700	SM. MUY BAJA E. MUY BAJA AS. MUY BAJO	SUBHUMEDO TEMPLADO
IV	252	4700 6000	SM. BAJA E. BAJA AS. BAJO	SEMISECO TEMPLADO
		III	6000 7400	SM. MUY BAJA E. MUY BAJA AS. MUY BAJO
II	362	7400 7500	SM. ALTA E. ALTA AS. ALTO	HUMEDO o' SUBHUMEDO TEMPLADO VULCANISMO
		I	7500 8200	SM. BAJA E. BAJA AS. BAJO
	471			

proponga una etapa climática determinada ya no habrá dudas sobre cuáles son sus criterios y tal vez entonces se podrían lograr comparaciones más objetivas. Asimismo se darían respuestas a interrogantes como ¿qué tan frías fueron las fases que por ejemplo González-Quintero y Fuentes-Mata (1980) suponen para Texcoco?, sobre todo si señalan la presencia de *Larrea* en alguna de estas zonas y si se tiene presente que en la actualidad el clima frío ya sea de Köppen o de Köppen modificado por García (1988) ocupa en México áreas reducidas a las altas montañas superiores a los 4000 metros.

En el caso de Zacapu, para el establecimiento de fases climáticas básicamente se emplean los criterios de la clasificación adaptada por García, en el entendido de que las características generales de los climas se deducen por asociación con la vegetación y no por el empleo de parámetros numéricos precisos, lo cual no es factible en este tipo de estudios.

Podría pensarse que debiera existir gran semejanza entre la secuencia climática propuesta para Zacapu y las dos expuestas para Pátzcuaro, pero sólo existen coincidencias parciales en lo que se refiere a humedad (si es que consideramos los climas húmedos y subhúmedos como semejantes, que no iguales y lo mismo para secos y semisecos). La única parte donde existe coincidencia real en cuanto a humedad es en el período comprendido entre ca 8200 y ca 7400 aaP en la secuencia de Watts y Bradbury (1982). En lo que se refiere a la temperatura, estos autores mencionan una etapa cálida entre ca 7500 y ca 5000 aaP que resulta muy distinta a la etapa templada de Zacapu para esa misma época. Se observa diferencia en el lapso comprendido entre ca 7400 y ca 5000 aaP, ya que Watts y Bradbury hablan de un clima cálido húmedo y para Zacapu se sugiere templado semiseco.

TABLA 3. COMPARACION DE LA SECUENCIA CLIMATICA DE ZACAPU CON LAS DE OTRAS ZONAS DEL CENTRO DE MEXICO.

ANTIGUEDAD	XELHUANTZI LOPEZ ZACAPU	HUTCHINSON et al 1956 PATZCUARO	WATTS Y BRADBURY 1982 PATZCUARO	SEARS 1951 C. MEX.	GONZALEZ QUINTERO 1986 TLAPACOYA	GONZALEZ QUINTERO 1980 C. GRO.	
EPOCA	aaP ACTUAL					#SC #SS	
H O L O C E N O	1 000	SUBHUMEDO TEMPLADO	HUMEDO	INDISTIN- GIBLE	HUMEDO	NO ESPECIFICA	
	2 000		SECO		SECO	NO ESPECIFICA	CALIDO SECO
	3 000		HUMEDO		HUMEDO	NO ESPECIFICA	CALIDO HUMEDO
	4 000	SECO	TENDENCIA A SECO		TEMPLADO		
	5 000				DESERTI- ZACION		
	6 000	SEMI SECO TEMPLADO		HUMEDO CALIDO	HUMEDO TEMPLADO		
	7 000						
	8 000	HUMEDO/SUB HUMEDO TEMPLADO					
	9 000						
	10 000			SECO FRIO			
PLEIS- TOCENO			44 000				

- SC Semicóido
- SS Semiseco

También hay discordancia entre ca 4700 y ca 3500 aaP, ya que tanto Hutchinson como Watts y Bradbury consideran un clima seco y en la secuencia de este estudio se propone como subhúmedo.

Por último, se observa discrepancia total en cuanto a humedad entre ca 2400 y ca 1000 aaP, ya que mientras en Pátzcuaro Hutchinson (1956) propone un período seco, en Zacapu se presenta clima subhúmedo.

Sears (1951) genera un modelo para el centro de la Ciudad de México igual al de Hutchinson en los últimos 3500 años y por lo tanto se encuentran las mismas coincidencias parciales y discrepancias que para Pátzcuaro.

Con la secuencia de González-Quintero (1986) propuesta para Tlapacoya, Estado de México, ocurren semejanzas térmicas entre ca 7400 a ca 4800 y ca 4200 y ca 2600 aaP, pero se encuentran diferencias hídricas entre ca 7400 y ca 4800.

Con González-Quintero (1980) para la costa de Guerrero hay coincidencias parciales en humedad entre ca 3000 y ca 2100 aaP y en humedad y temperatura entre ca 450 al presente. Hay coincidencia térmica real entre ca 1500 y ca 450 aaP. Se observan diferencias hídricas entre ca 2100 y ca 1500 y de temperatura entre ca 3000 y ca 1500 aaP.

Es necesario reflexionar sobre el por qué, aún para sitios relativamente próximos, se han deducido condiciones y cambios climáticos diferentes para períodos de tiempo similares.

Las razones pueden ser por lo menos cuatro:

- a) Incorrecta identificación de palinomorfos
- b) Conteos Insuficientes
- c) Criterios de interpretación inadecuados
- d) Climas diferentes debidos a las condiciones fisiográficas propias de cada lugar.

Las inferencias de Sears y Hutchinson se basan en un índice climático de humedad que se obtiene de la relación *Quercus* + *Alnus* + *Abies*/*Pinus*. Este cociente es mínimo en los intervalos secos, cuando *Pinus* es más abundante. Asumir que altos valores de polen de *Pinus* es una medida de condiciones secas resulta falso si tomamos en cuenta que en México las diferentes especies de este género, se localizan desde el nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea y en regiones de clima semiárido, subhúmedo y húmedo. Además, es bien sabido por los palinólogos que los granos de polen de *Pinus*, producidos en muy altas cantidades, se encuentran casi siempre sobrerrepresentados en los espectros polínicos y por lo tanto el significado ecológico que por sí solos pudieran tener es en realidad muy limitado.

Watts y Bradbury utilizan como principales indicadores climáticos a *Alnus*, *Abies*, *Artemisia*, *Arenaria*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae* y *Poaceae*. En el espectro palinológico de Pátzcuaro, estos autores consideran que la disminución que ocurrió hace 9500 años en los valores de *Abies*, *Artemisia* y *Ambrosia*, representan un cambio de clima frío seco a uno de mayor temperatura y humedad. De acuerdo con Rzedowski (1978), "... en cuanto a sus exigencias climáticas, los bosques de *Abies* constituyen una unidad relativamente bien definida, pues requieren, para su desarrollo, de condiciones de humedad más bien elevada..." y por lo tanto, una disminución en los valores de *Abies* más bien podría interpretarse como una condición de menor humedad, aunque *Artemisia* y *Ambrosia* son dos compuestas que con frecuencia se asocian a condiciones secas y cabría pensar que su disminución se debe a un incremento en la humedad atmosférica. Contrariamente a lo que pasa con el polen de *Pinus*, el de *Abies* generalmente está subrepresentado en los espectros palinológicos, incluso en los de las lluvias de polen actual, aún dentro de comunidades de bosque

de oyamel (Lozano-García, comunicación personal) y por lo tanto su interpretación en las gráficas de polen fósil no es sencilla.

La elevada proporción de polen de *Alnus*, anterior a 5000 aaP, reafirma la existencia de un clima húmedo o subhúmedo, propuesto también en la secuencia climática de Zacapu, aunque los lapsos de tiempo no son coincidentes, tal vez por la inadecuada interpretación del polen de *Abies*. La disminución de los porcentajes de aile y el incremento de los de quenopodiáceas, compuestas y gramíneas indudablemente denotan decremento de la humedad atmosférica en Pátzcuaro, situación que se propone para Zacapu varios miles de años antes y con una duración muy diferente.

En los dos estudios discutidos sobre Pátzcuaro parece haber una cierta contradicción de sus fases climáticas con algunas de las conclusiones que plantean. Hutchinson et al (1956) proponen que las oscilaciones climáticas en el Holoceno tardío fueron menores. Por su parte Watts y Bradbury (1982) mencionan que el carácter de la vegetación que rodea a Pátzcuaro no ha cambiado demasiado en los últimos 40000 años. Estos planteamientos aunque generales, pueden llevar implícito que el clima en esta cuenca lacustre no ha experimentado fluctuaciones extremas durante el Holoceno y que, a pesar de que sin duda se presentaron variaciones en los elementos del clima, este último ha sido semejante al del presente o bien ha oscilado dentro de climas no muy diferentes al actual.

Con base en la mencionada clasificación de Köppen modificada por García (1988), el clima actual de Pátzcuaro es Cb (w_2) (w) (e)g, es decir clima templado con verano fresco y largo; subhúmedo, con P/T de 61.8; régimen de lluvias de verano con invierno: seco, extremoso y marcha térmica tipo Ganges; esto significa que hoy en día Pátzcuaro y Zacapu presentan un tipo de clima muy similar aunque el de Pátzcuaro sea un poco más húmedo, y no hay razones suficientes para pensar que en el pasado no haya ocurrido la

misma situación. Más aún, el índice de Köppen $2t + 14$ (por ser régimen de verano) para las estaciones de Pátzcuaro y Zacapu es de 60.6 y 61.2 respectivamente, valores muy por debajo de 99.6 y 83.3 que son las cifras de la precipitación total media anual para los dos sitios mencionados, expresada en centímetros. Esto significa que para que en estas cuencas hubiese habido un clima B (seco), debió ocurrir ya sea una disminución en la precipitación o un aumento de la temperatura muy grandes (de tal suerte que el valor del índice de Köppen fuese superior al de la precipitación expresada en cm), situación que se reflejaría de forma conspicua en los espectros palinológicos y de la cual no hay evidencia en el análisis realizado para Zacapu.

Lo expuesto lleva a proponer que:

- 1) En términos generales el clima de las cuencas de Zacapu y Pátzcuaro durante el Holoceno ha sido similar, que no igual.
- 2) Ocurrieron modificaciones en el clima de ambas cuencas, pero estas no fueron extremas.
- 3) Por lo menos durante la mayor parte de la época conocida como Holoceno, el clima de Zacapu y Pátzcuaro ha sido templado subhúmedo o en su defecto las modificaciones que ocurrieron oscilaron alrededor de este subtipo de clima.

González-Quintero (comunicación personal), basa la interpretación de sus estudios polínicos en una suma de granos de polen que en su opinión incluye tanto al estrato arbóreo, como al arbustivo y al herbáceo y realiza conteos de 200 granos de polen por muestra. Como representantes del estrato arbóreo considera a *Pinus*, *Quercus* y *Cupressaceae*, del arbustivo a las *Asteraceae* y del herbáceo a las *Poaceae*; además toma en cuenta otros elementos, que de acuerdo con su experiencia, pudieran tener algún significado ecológico. Con este criterio, realiza la reconstrucción de la

vegetación, empleando una terminología de su acuño para referirse a ella. El problema al utilizar esta suma polínica es que, al igual que en el caso del índice de humedad de Sears, el polen de *Pinus*, producido en grandes cantidades y de dispersión anemófila, queda sobrerrepresentado, adquiriendo en las interpretaciones una importancia mayor de la que realmente tiene, como podría ser el caso del estudio de la costa de Guerrero en donde el polen de esta conífera es abundante, aunque es claro que proviene de las zonas montañosas circunvecinas. Al igual que los granos de polen de *Pinus*, el de las compuestas y las gramíneas pueden estar sobrerrepresentado y enmascarar los espectros palinológicos.

La cuarta razón que permite explicar las discrepancias en cuanto a la deducción de condiciones climáticas, además de las tres ya discutidas, es la existencia real, tanto en el pasado como en la actualidad, de climas diferentes propiciados por la variada fisiografía de las regiones consideradas en esta discusión. Durante el Terciario y el Cuaternario la zona del Eje Neovolcánico sufrió levantamientos y hundimientos que ocasionaron marcadas diferencias de altitud y topografía (Mosser, 1987). Esta variedad en el relieve contribuye a generar una diversidad climática en el Eje Neovolcánico y en las provincias fisiográficas vecinas. En las laderas baja de las serranías (v.gr. Tacubaya) el clima es Cb(w₁)(w)(i')g, es decir clima templado, con verano fresco y largo, de condición intermedia de los subhúmedos [P/T entre 43.2 y 55.0], régimen de verano con invierno seco, [proporción de lluvia invernal menor a 5% de la total anual], poca oscilación térmica anual [la diferencia entre la temperatura media del mes más frío y más caliente entre 5°C y 7°C] y marcha térmica tipo Ganges [mes más caliente antes del solsticio de verano.

En los Reyes de la Paz, Mex., población ubicada en la porción baja y plana de la Cuenca de México, el clima es BS₁k w(w)(i')g que quiere

decir: clima seco, con P/T mayor de 22.3 [36.2], templado, con régimen de lluvias de verano e invierno seco, anisotermal y marcha térmica tipo Ganges.

En Atoyac de Alvarez, Gro., muy cerca del litoral del Océano Pacífico y al sur del Eje Neovolcánico, se tiene un clima correspondiente a la fórmula $A(w_0)(w)lg.$, que significa clima cálido, el más seco de los subhúmedos [P/T menor a 43.2], régimen de verano, con sequía intraestival, e invierno seco, isotermal y marcha Ganges.

Las tres últimas localidades mencionadas, Tacubaya, Los Reyes de la Paz y Atoyac de Alvarez, corresponden a lugares que cuentan con estación meteorológica y que están próximos al Centro de la Ciudad de México (Sears, 1951), a Tlapacoya (González-Quintero, 1986) y a la Laguna Tetitlán en la Costa de Guerrero (González-Quintero, 1980), respectivamente y que sirven de referencia del clima actual para los sitios de los estudios paleoambientales que se toman en consideración en la discusión de los resultados.

VI.2 CONSIDERACIONES FINALES

Al comenzo del estudio había la intención de rebasar el método tradicional de considerar como parte fundamental del análisis y discusión de los resultados, a los elementos más abundantes (*Pinus*, *Quercus*, *Asteraceae*, *Poaceae*, etc.) pero dadas las características propias del espectro palinológico obtenido para Zacapu, esto no fué posible.

Aparte de lo ya discutido en la primera parte de este capítulo, aún quedan por mencionar algunas reflexiones más.

Al comparar las tasas de sedimentación del antiguo Lago de Zacapu con las obtenidas por Lozano-García (1989) para el ex-Lago de Texoco, se puede observar que en este último sitio son mayores que en el primero (0.3

vs 0.13-0.02 cm/año). Esta diferencia puede obedecer a diversos factores como son: tipo de materiales que constituyen los sedimentos en cada localidad, dimensiones de las cuencas de captación, tipos e intensidades de la precipitación y de la erosión.

En el fondo de la Cuenca de México, los sedimentos los constituyen primordialmente detritus derivados de rocas andesíticas y con gran proporción de material tobáceo-cinereo-pumíticos, estos últimos muy livianos, cuya consolidación y cementación generan tepetates (D.D.F., 1975), los cuales se erosionan fácilmente y aportan gran cantidad de azolves. En cambio, en la Cuenca de Zacapu, los aportes a la sedimentación lo constituyen materiales provenientes del intemperismo físico de basaltos y de piroclásticos del mismo material, todos ellos de mayor densidad que los de Texcoco y por lo tanto de más difícil transporte.

También es posible que el tamaño de la cuenca de captación de sedimentos (la de Zacapu menor que la de México), influya de manera significativa y directa en la cantidad depositada.

Además, el tipo de precipitación predominante en ambas cuencas es diferente (convectiva en Texcoco y orográfica en Zacapu), lo mismo que la intensidad.

Las precipitaciones pluviales de alta intensidad en la porción media y septentrional de la Cuenca de México, son de tipo convectivo. Como en esa parte de la cuenca los tepetates son muy frecuentes, se provocan fuertes inundaciones. En cambio, en el sur de la cuenca las inundaciones son menos importantes debido al predominio de malpaíses, a pesar de que la precipitación total anual es mucho más alta que en la porción norte. En la Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo, editada por el D.D.F. (1975, p 33), se puede leer lo siguiente "...de la naturaleza de las sierras y formaciones volcánicas, donde a la hora de las lluvias se

verifican las infiltraciones o se desarrollan los escurrimientos, sigue dependiendo la relación entre escurrimientos e infiltración. Así, en la Sierra del Chichinautzín, cubierta de malpaises geológicamente tan jóvenes, y donde caen lluvias intensas y copiosas, no se producen escurrimientos de cualquier importancia; pero sí se verifican aquí extraordinarias infiltraciones, como lo comprueban los abundantes manantiales que a sus pies afloran y que desde principios del siglo surten a la ciudad de agua potable. Por otra parte, aquellas lluvias que se precipitan repentinamente al suroeste de Tepetzotlán, en las elevaciones con grandes extensiones de abanicos volcánicos compuestos de tobas y suelos (tepetates) apenas logran infiltrarse, generando por consiguiente extraordinarios escurrimientos."

Los terrenos aledaños al sitio del sondeo SPA3 en el ex-Lago de Texcoco, donde Lozano-García (1989) realizó su estudio palinológico, son muy semejantes a los de Tepetzotlán, Mex.; en cambio los lomeríos y sierras bajas que circundan el ex-Lago de Zacapu, Mich., son similares a los terrenos que se observan en la Sierra de Chichinautzín.

El proceso erosivo puede aportar a los sedimentos palinomorfos que se encuentren atrapados en el suelo o en el material suelto y que la erosión transporta hasta donde el agua fluente pierde energía y deposita lo que lleva en suspensión; las mayores tasas de sedimentación calculadas para Texcoco, acaso pudieran indicar que los procesos erosivos fueron más vigorosos en la Cuenca de México que en Zacapu y que, tal vez por esta razón, la cantidad de palinomorfos recuperada en el ex-Lago de Texcoco es mucho mayor que la de Zacapu. Sin embargo, esta no es la única vía por medio de la cual se incorporan palinomorfos a los sedimentos y por lo tanto la tasa de sedimentación y la tasa de acumulación polínica no necesariamente deben mantener una correlación directa y positiva.

Otra explicación más, podría ser que las diferencias que aparecen,

están en relación directa con las fechas radiométricas de que se disponen; las tasas de sedimentación que se obtengan serán más precisas en la medida que se tengan mayor número de referencias de fechado.

Aunque ya se mencionó, es importante llamar la atención sobre la escasez de palinomorfos en el núcleo 1 de Zacapu, en comparación con las cantidades encontradas en otras zonas lacustres (Sears, 1951), Hutchinson et al 1956, Watts y Bradbury, 1982, González Quintero, 1980 y 1986, Brawn, 1985, y Lozano-García 1989). Una primera explicación que podría antojarse, es que el núcleo 1 fué tomado en la porción central de la ciénaga. Si desde el punto de vista batimétrico esto puede ser cierto, no lo es en el sentido geométrico del perímetro del depósito lacustre y menos aún si consideramos la posición del núcleo en relación a las zonas donde los afluentes superficiales descargan sus aportes de azolves. Desde estas dos últimas perspectivas, el punto donde se tomó el núcleo 1 es más bien marginal.

Ahora bien, los palinomorfos tienen menor densidad que los materiales terrigenos inorgánicos, por lo que la velocidad de sedimentación es menor en aquellos y por lo mismo quedan durante más tiempo en suspensión en el agua, la que al moverse, merced a los diferentes mecanismos que promueven su circulación en cualquier depósito, tendería a generar una representación homogénea de palinomorfos en los sedimentos. Así, no sería de esperarse que en un lago cuyas márgenes fuesen someras con vegetación abundante y la porción central más profunda con escasa vegetación, mostrase una representación de polen en sus sedimentos que reflejase con toda fidelidad esa distribución espacial, ya que la gran mayoría de las hidrófitas son anemófilas y aún en las llamadas hidrófilas por su polinización (v.gr. *Valisneria*), el polen al salir de las anteras, alcanza la superficie del agua y movido por el viento llega hasta los estigmas que también se encuentran en ese nivel. Por lo tanto, las posibilidades de que

el polen se distribuya de manera uniforme en todo el cuerpo de agua es mucho más probable que lo contrario y por lo mismo que su representación sea homogénea en los sedimentos.

Si consideramos que la condición del cuerpo lacustre, durante todo el período que abarca el núcleo 1, en realidad fué una ciénaga, la vegetación debió cubrir la mayor parte del área con excepción de probales^b zonas de "canales" por medio de los cuales se mantendría un equilibrio hidrostático rápido y entonces la suposición de la diferencia entre zona marginal y zona central es menos convincente. En vista de lo anterior, la interpretación de que la baja cantidad de palinomorfos se debe a que las muestras se obtuvieron en la región central del antiguo lago, no es del todo satisfactoria, debiéndose considerar la influencia de otros factores, por ejemplo: a) la falta de representación del polen de plantas entomófilas b) que la naturaleza y composición química de los sedimentos no sean las más adecuadas para la conservación de palinomorfos c) que el flujo de vientos ocasione que los palinomorfos se depositen fuera del vaso lacustre; al respecto sería necesario conocer la dinámica de las brisas valle-montaña, montaña-valle.

Al comparar la curva de susceptibilidad magnética con la de la suma básica de polen (cantidad de granos de polen), se observa que al inicio de los períodos de erosión, relacionados con incrementos en los valores de susceptibilidad, aparece también un pequeño aumento en la cantidad de palinomorfos depositada, la que rápidamente se abate aunque la susceptibilidad magnética sigue incrementándose; ésto podría explicarse de la manera siguiente. Al comenzar un proceso erosivo intenso, lo primero que se arrastra es fundamentalmente suelo, pero cuando éste se ha perdido, el material que entonces se acarrea es el que subyace al suelo; si se trata de material cinerítico o piroclástico no consolidado, el arrastre es fácil

y rápido. El suelo durante su desarrollo, puede acumular palinomorfos, tanto de la vegetación que sustenta como de los que le llegan por medio de la lluvia de polen. El material depositado por aire durante procesos volcánicos, difícilmente puede contener polen, tanto por las características térmicas durante el depósito como por la velocidad con la que éste se lleva a cabo. Por ello cuando un proceso erosivo se inicia, los depósitos derivados del azolve acarreado, pueden contener más palinomorfos que aquellos generados cuando el proceso erosivo se encuentra en estado avanzado.

Otro aspecto interesante es la escasa representación de los granos de polen del bosque tropical caducifolio, tan cercano al sitio de donde proviene el núcleo I, pues aún en la actualidad, se conservan vestigios de esa comunidad vegetal (a menos de 10 kilómetros en línea recta y sin ninguna barrera de por medio) en Villa Jiménez, Mich., a pesar de su acelerada destrucción en las últimas décadas, (Rzedowski y Calderón, 1987). Parece ser que la tendencia del patrón de polinización del bosque tropical caducifolio sea más bien entomófilo y no anemófilo (Ganguly, 1978), por lo que una buena representación en sedimentos es poco probable. De los 17 elementos que Rzedowski y Calderón (1987) citan para Villa Jiménez, Mich., como elementos propios o ligados al bosque tropical caducifolio, ninguno aparece en el núcleo, ni siquiera en la porción superior del mismo.

El estudio presentado en esta tesis, desde un principio se encaminó hacia una interpretación paleoambiental a través del análisis de los palinomorfos encontrados en los sedimentos, pero también desde el principio tuvo la intención de ligar las características del ambiente (incluyendo la vegetación interpretada en el estudio palinológico), con la presencia y actividades del hombre en la zona. Sin embargo, la falta de indicadores dentro de los palinomorfos que, de manera confiable, pudiesen

revelar la presencia humana, además de que el espaciamiento de las muestras (4 o 6 cm) en la porción más superficial del núcleo no fué el más adecuado, así como posibles alteraciones en tiempos modernos (siglos XIX y XX) de los sedimentos por manipulación de los terrenos para diferentes fines, impidieron alcanzar el logro pleno del propósito que originalmente se pretendió al comienzo de los trabajos.

Para finalizar esta discusión, se plantean algunas sugerencias para realizar estudios colaterales, en la zona de Zacapu y áreas circunvecinas.

Las propuestas son:

1) Realizar análisis de polen de sedimentos procedentes de sitios identificados por los arqueólogos como chinampas. De esta forma, se podrían obtener evidencias de agricultura, aunque la secuencia estratigráfica no pueda ser establecida, ya que el proceso de formación de chinampas implica la destrucción de la secuencia de depósito de los sedimentos.

2) Efectuar estudios de lluvia de polen actual. Este tipo de trabajos son necesarios porque en la medida en que se conozca la dinámica del depósito y la conservación de palinomorfos en sedimentos actuales, se podrán interpretar correctamente los espectros palinológicos del pasado.

3) Hacer una selección de muestras para análisis palinológico, cada uno o dos centímetros, en los sedimentos con edad inferior a 3000 años antes del presente, pues esta porción de las secuencias sedimentarias está fuertemente influida por la presencia del hombre.

VII CONCLUSIONES

Las edades radiométricas, obtenidas mediante carbono 14, indican que los sedimentos estudiados tienen una antigüedad inferior a 10000 años (la fecha más antigua que se determinó por esta técnica, fué de 8100 ± 115 años antes del presente) y por lo tanto quedan comprendidos dentro de la época geológica denominada Holoceno.

El análisis palinológico de los sedimentos del antiguo Lago de Zacapu, Michoacán, permitió distinguir las etapas siguientes:

ca 8200 - ca 7500 aaP.- Lago distrófico; en el entorno escasa erosión; densos bosques de pino-encino en los alrededores del lago. Ambiente templado húmedo o subhúmedo.

ca 7500 - ca 7400 aaP.- Disminución en el nivel del lago; incremento en la actividad volcánica que ocasiona un decremento en la densidad de los bosques; fuerte erosión que acelera los procesos de distrofia del lago. Ambiente templado húmedo o subhúmedo.

ca 7400 - ca 6000 aaP.- El nivel de lago disminuye hasta llegar a una condición de ciénaga; posible tendencia hacia condiciones mas secas; los fenómenos de erosión no son acentuados. Ambiente templado semiseco.

ca 6000 - ca 4700 aaP.- La ciénaga alcanza su nivel mas bajo; escasa erosión hídrica. Posible ambiente seco.

ca 4700 - ca 2500.- Ligero incremento en el nivel de agua. Probable aumento en la precipitación pluvial que genera mayor erosión hídrica. Ambiente templado subhúmedo.

ca 2500 - actual.- Evidencias indirectas de la presencia humana y sus modificaciones sobre el entorno. Fuerte erosión asociada a vulcanismo y al impacto humano. Restablecimiento de la ciénaga hasta ser desecada a finales

del siglo XIX. Ambiente templado subhúmedo.

Esta perspectiva paleoambiental lleva a proponer que, durante el Holoceno, el Lago de Zacapu fue un depósito de agua de escasa profundidad y con características de pantano casi durante la mayor parte de este tiempo.

De acuerdo con el esquema presentado, se puede establecer que los pobladores del período precerámico, ca 2500 aC (ca 4450 aaP), habitaron en un ambiente templado semiseco y presenciaron una ciénaga. Los grupos humanos de las fases Loma Alta, Jarácuaro, Lupe, La Joya, Palacios y Milpillias, que también vivieron a expensas de la ciénaga, tuvieron que soportar fenómenos de vulcanismo que junto con las modificaciones que los asentamientos ocasionaron al ambiente, provocaron fuertes tasas de erosión en el entorno.

Para el período de tiempo que abarcan estas fases, no se identificaron granos de polen de plantas cultivadas ni de elementos asociados con agricultura o con la presencia misma del hombre; esta situación permite dar mayor peso a la hipótesis propuesta por algunos arqueólogos de que las geoformas denominadas Las Lomas, fueron en realidad cementerios y no sitios habitacionales.

Los cambios climáticos que pudieron inferirse a través del estudio palinológico, aparentemente reflejan más variaciones en las condiciones de humedad que en las condiciones térmicas (parece que los últimos 8000 años de la cuenca de Zacapu, han sido templados) y durante los últimos 4700 años, el clima en el área de Zacapu, ha sido prácticamente el mismo que el actual, es decir, templado subhúmedo.

No necesariamente una modificación en la profundidad del lago estaría dada por un cambio climático. Un drenaje súbito por afallamiento provocado por tectonismo podría ser otra causa, incluso más fácilmente explicable, de la disminución en el nivel del lago. Desafortunadamente el estudio polínico no proporciona evidencias sobre este tipo de fenómenos sino únicamente sobre modificaciones en la flora.

El tipo de sedimento juega un papel importante en la acumulación de granos de polen. En aquellos de granulometría fina, arcillas y limos, los granos de polen se comportan de manera semejante a estas partículas y se depositan junto con ellas, contándose con valores de concentración y acumulación relativamente altos. En sedimentos más gruesos y donde la relación volumétrica es menor, se tienen menores cifras de concentración y acumulación de granos de polen.

En los trabajos polínico-limnológicos, es frecuente encontrar hiatos de información climática desde hace 3000 años al presente, sobre todo porque la presencia del hombre distorsiona la secuencia natural del depósito de palinomorfos o de otros elementos que ayudan en la inferencia de los paleoclimas. Por ello, en futuras investigaciones palinológicas sobre la región de Zacapu, para el lapso indicado líneas arriba, es aconsejable hacer una selección de muestras cada uno o dos centímetros.

También es necesario realizar análisis de polen a sedimentos procedentes de sitios identificados como chinampas, para buscar evidencias de agricultura, así como efectura estudios de lluvia de polen actual que permitan interpretar correctamente los espectros polínicos del pasado.

Será necesario confrontar los resultados de este estudio palinológico con los obtenidos en los otros análisis que integran el proyecto arqueológico intradisciplinario. Una vez hecho ésto se podrán realizar ajustes y modificaciones a las interpretaciones expuestas en esta tesis, a fin de lograr propuestas conjuntas mejor fundamentadas.

VIII LITERATURA CITADA

- Alatorre-Padilla, J. 1966. Estudio y operación del sistema de drenaje en suelos orgánicos de la ciénega de Zacapu, Mich. *Ingeniería hidráulica de México*. Vol XX (4):33-48. S.A.R.H. Talleres Gráficos de la Nación. México.
- Arnauld, M. C.; B. Faugere; D. Michelet; G. Migeon; S.Pincemin. 1983. Informe mensual sobre los trabajos arqueológicos realizados por el CEMCA en el estado de Michoacán entre el 08.06.83 y 19.06.83. Inédito (informe de circulación limitada).
- Arnauld, M. C.; G. Migeon; O. Paux; F. Rodríguez. 1984. Informe mensual sobre los trabajos arqueológicos de campo realizados por el CEMCA en el estado de Michoacán entre el 31.01.1984 y el 15.02.1984. Inédito (informe de circulación limitada).
- Berglund, B. E. (Ed.). 1986. Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology.. John Wiley and Sons. Great Britain. 869 pp.
- Birks, H.J.B. and H.H. Birks, 1980. Quaternary palaeoecology. Arnold. London, 289 pp.
- Brown, R. B. 1985. A summary of Late-Quaternary pollen records from Mexico west of the Isthmus of Tehuantepec. *Pollen Records of Late-Quaternary North American Sediments*:71-93. Ed. Vaughn N. Bryant and R.G. Holloway American Association of Stratigraphic Palynologist Foundations. Dallas.
- Caso, A. 1930. Informe preliminar de las exploraciones realizadas en Michoacán. *Anales del Museo Nacional de Antropología e Historia* 4^a. época. Vol 6(2): 446-452. México.
- CEMCA. 1986. Informe preliminar general del proyecto arqueológico Michoacán. México (CEMCA). Inédito (informe de circulación limitada).

- CEMCA. 1988. Informe sobre los trabajos realizados en la cuenca lacustre de Zacapu entre febrero y marzo de 1988. México. Inédito (informe de circulación limitada).
- Clisby, K. y P. Sears. 1955. Palynology in Southern North America. Part III: Microfossil Profiles under Mexico City correlated with the sedimentary profiles. *Bulletin of the Geological Society of America* 66: 511-520. Boulder.
- Correa-Perez, G. 1974. Geografía del estado de Michoacán. Tomo I: Geografía Física. Gobierno del Estado. Morelia.
- Chadwick, R. 1971. Archeological synthesis of Michoacan and adjacent regions. In Handbook of Middle American Indians Vol.10, Archeology of Middle American Indians, part 2 University of Texas Press, Austin: 657-693.
- D.D.F., 1975. Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo I. Talleres Gráficos de la Nación. México. 183 pp.
- Deevey, E. S. 1943. Intento para datar las culturas medias del Valle de México mediante análisis de polen. *Ciencia* 4 (4 y 5): 97-105. México.
- Deevey, E. S. 1944. Pollen analysis and Mexican archaeology: an attempt to apply the method. *American Antiquity* 10: 135-149. Washington, D.C.
- Deevey, E. S. 1957. Limnological studies in Middle American. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 39: 213-328. New Haven.
- Demant, A. 1981. L'axe Neo-volcanique Trans Mexicain étude volcanologique et pétrographique signification géodynamique. Thèse Université de droit d'économie et des sciences et techniques de St.Jérôme.
- Fairbridge, R.W. 1972. The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences: 309-337. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Pennsylvania.

- Fairbridge, R.W. and Bourgeois, 1978. The Encyclopedia of Sedimentology: 515-520. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Pennsylvania.
- Freddolino, M. K. 1973. An investigation into the "Pre-Tarascan" cultures of Zacapu, Michoacan, Mexico. Ph.D. Dissertation Yale University. University Microfilms, Ann Arbor.
- Ganguly, P. 1978. Dispersal behaviour of pollen of tropical plants with reference to melittopalynological studies. Proc. IVth Int. Symp. on Pollination. Md. Agric. Exp. Sta. Spec. Misc. Publ. 1: 477-481.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Ed. E. García. México.
- González-Quintero, L. 1986. Análisis polínico de los sedimentos. En: Tiapacoya: 35 000 años de historia del Lago de Chalco:157-166. Coordinadores: José Luis Lorenzo y Lorena Mirambell. Colección Científica 155, Serie Prehistoria, INAH. México.
- González-Quintero, L y M. Fuentes-Mata. 1980. El Holoceno de la porción central de la Cuenca del Valle de México. Memorias III Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología: 113-152. Colección Científica 86. Departamento de Prehistoria, INAH, México.
- González-Quintero, L. y F. Sánchez-Martínez, 1980. Determinación palinológica del ambiente en el que vivieron los mamutes en la Cuenca de México. Memorias III coloquio sobre paleobotánica y palinología: 195-200. Colección Científica 86. Departamento de Prehistoria, INAH.
- Hernández, A., G. Ibarra, F. Lorea-Hernández y E. Martínez. 1987. Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la región de Los Azufres, Michoacán. *Trace*. No 12: México.
- Hutchinson, G.E., R. Patrick and E. S. Deevey. 1956 Sediments of Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Bulletin Geological Society of America* 67: 1491-1504. Boulder.
- Labat, J. N. 1985. Estudio bioclimatológico del estado de Michoacán,

México, según la clasificación de Bagnouls Gausson. *Trace* No.8: 36-45 (CEMCA). México.

Labat, J. N. 1987a. Le fourré subtropical et la forêt tropicale caducifolée du nord-ouest de l'état du Michoacan, Mexique: structure et affinités floristiques. *Trace* No. 12: 3-11 (CEMCA). México.

Labat, J. N. 1987b. Structures et dégradations de la forêt mésophile de pins de la Sierra Tarasque-Michoacan, Mexique. *Bull. Ecol.*, t. 18,3:97-106.

Labat, J. N. 1988. Vegetation du nord-ouest de Michoacan (Mexique): ecologie, composition floristique et structure des groupements végétaux. Thèse de doctorat de l'Université Paris 6.

Lorenzo, J.L. y L.Mirambell. 1986. Tlapacoya: 35 000 años de historia del Lago de Chalco. Colección Científica 155. INAH. 297 pp.

Lumholtz, C. 1986. El México Desconocido. Instituto Nacional Indigenista Tomo II : 413-428 (Charles Scribner's Sons. New York, 1904).

Lumholtz, C. and A. Hrdlicka. 1998. Marked human bones from a Prehistoric Tarasco indian burial place in the state of Michoacan, Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 5: 61- 79.

Lozano-García, S. 1989. Palinología y paleoambientes pleistocénicos de la Cuenca de México. *Geof. Int.* Vol. 28-2 : 335-362.

Martínez-Hernández, E., B. Ludlow-Wieches, M. Sánchez-López. 1980. Palinología y sus aplicaciones geológicas. Cuenca carbonífera de Fuentes-Río Escondido, Coahuila. Comisión Federal de Electricidad.

Mehringer, P.J., E. Blinman, . y K.L. Petersen. 1977. Pollen influx and volcanic ash. *Science* 198 (No. 4314):257-261.

Metcalfe, S. E. 1985. Late Quaternary environments of central Mexico: a diatom record. Thesis D. Phil. Oxford. Michaelmas.

- Metcalf, S.E. 1986. Diatoms in a core from Laguna Zacapu, Michoacan, Mexico. 9th Diatom-Symposium.
- Metcalf, S. E. y S. P. Harrison. 1984. Cambio ambiental del Cuaternario tardio en depósitos lacustres en la Cuenca de Zacapu, Mich. Reconstrucción preliminar. *Bol. Inst. Geogr. UNAM* No.14: 127-150.
- Metcalf, S.E., F.A. Street-Perrott, R.B. Brown, P.E. Hales, R.A. Perrot and F.M. Steininger. 1989. Late Holocene human impact on lake basins in Central Mexico. *Geoarchaeology* 4: 119-141.
- Michelete, D., M.C. Arnaud y M.F. Fauvet-Berthelot. 1989. El proyecto del CEMCA en Michoacán. Etapa I: un balance. *Trace* 16:70-87. CEMCA. México.
- Mosser, F. 1987. Geología. En: Atlas de la Ciudad de México. D.D.F. México. p 23-26.
- Noguera, E. 1942. Exploraciones en "El Lopeño", Michoacán. *Actas y Memorias del XXVII Congreso Internacional de Americanistas* 1: 574-586. México.
- Ohngemach, D. 1973. Análisis polínico de los sedimentos del Pleistoceno reciente y el Holoceno en la región Puebla-Tlaxcala. *Comunicaciones* 7: 47-49. México.
- Ohngemach, D. 1977. Pollen sequence of the Tlaloqua crater (La Malinche, Tlaxcala, México). *Bol. Soc. Bot.mex.*36: 33-44. México.
- Oliver, J.E. 1973. Climate and man's environment. An introduction to applied climatology. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Oliveros, J.A. 1974. Nuevas exploraciones en El Lopeño, Michoacán. *The Archaeology of West Mexico* (B. Bell ed.): 182-201.
- Plancarte y Navarrete, F. 1893. Archaeologic explorations in Michoacan, Mexico. *American Anthropologist* 6: 79-84. Washington.

- Rzedowski, J. y G. Calderón. 1987. El bosque tropical caducifolio de la región mexicana del Bajío. *Trace* No.12: (CEMCA). México.
- S.A.R.H. 1982. Estudio agrológico detallado en la unidad Zacapu, Municipio de Zacapu, Estado de Michoacán. 3 Clasificación de suelos: 24-50. Informe de circulación limitada. Morelia.
- S.A.R.H. 1983. Informe condiciones generales del distrito de riego No.22. 1-20. Informe de circulación limitada. Morelia.
- Sears, P. B. 1951. Pollen profiles and culture horizons in the Basin of Mexico. En: *The Civilizations of Ancient America* (Selected papers of the XXIX th International Congress of Americanists): 57-69. University of Chicago Press. Chicago.
- Sears, P. B. 1952. Palynology in Southern North America I. Archaeological horizons in the basins of Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America* 63 (3): 241-254. Baltimore.
- Sears, P. B. 1955. Palynology in the Southern North America. *Bulletin of the Geological Society of America* 66: 471-474. Baltimore.
- Street-Perrott, F.A., R.A. Perrott and D.D. Harkness. 1989. Anthropogenic soil erosion around lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico, during the preclassic and late postclassic-hispanic periods. *American Antiquity* 54(4): 759-765.
- Takaki, T. F. 1972. Guías Botánicas de Excursiones en México .I Congreso Latinoamericano y V Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México: 175-182. México.
- Thompson, R. 1973. Palaeolimnology and Palaeomagnetism. *Nature* 242: 182-184
- Thompson, R.; R. W. Battarbee; P. E. O'Sullivan; F. Oldfield. 1975. Magnetic susceptibility of lake sediments. *Limnol. Oceanogr.* 20: 687-698.
- Thompson, R. and F. Oldfield. 1986. Environmental Magnetism. Allen and Unwin. London. 227 pp.

- Tricart, J. et M de los Rios. 1985. L'ancien lac de Zacapu, mise en évidence d'une transgression lacustre au quaternaire récent. *Trace* No.8: 46-51
- Velásquez-Gallardo, P. 1988. Diccionario de la lengua *phorhépecha*. Fondo de Cultura Económica. México
- Watts, W. A. and J.P. Bradbury. 1982. Paleocological studies at Lake Patzcuaro on the west-central mexican plateau and at Chalco in the Basin of Mexico. *Quaternary Research* 17(1): 56-70. New York.
- Waltz, P. 1943. Reseña geológica de la cuenca del Lerma. *Bol. Soc. Geogr. Estadist. Repub. mex.*58: 123-138.
- Xelhuantzi-López, M. S. 1987. El análisis polínico como fuente de información en los proyectos arqueológicos. *Antropología*. Nueva época No. 12: 33-37.

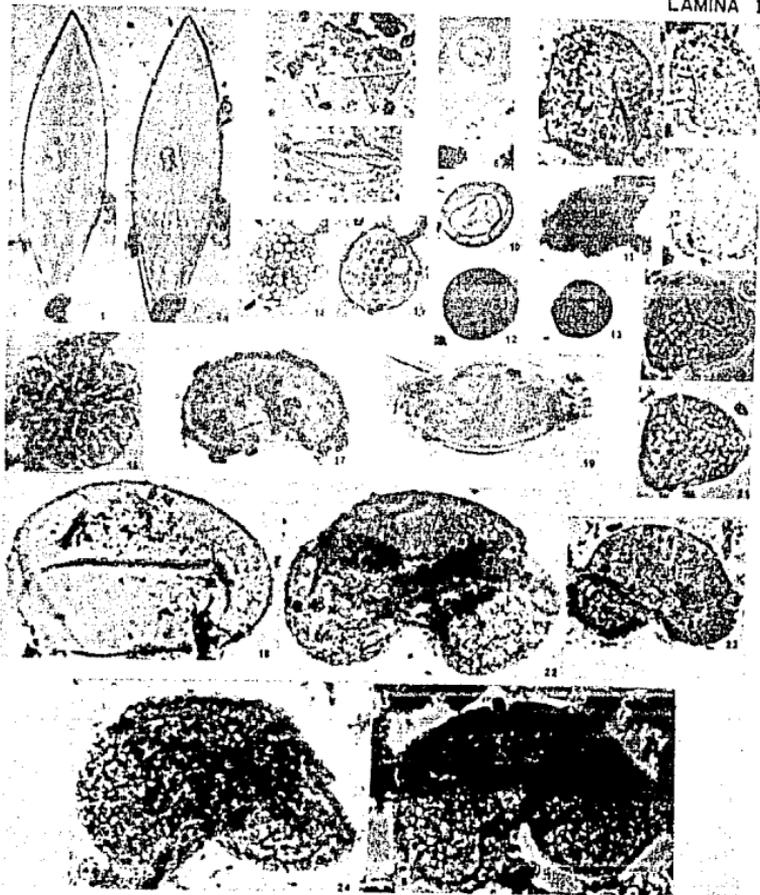
IX LAMINAS

IX.1 LAMINA I

FIGURA

- 1 y 2 Zygnemataceae (Chlorophyceae) tipo *Spirogyra*. 1000X
- 3 Zygnemataceae (Chlorophyceae) tipo *Mougeotia*. 400X
- 4 Zygnemataceae (Chlorophyceae) tipo *Spirogyra*. 400X
- 5 y 6 Acritarca tipo 1. 400X
- 7 Acritarca tipo 2. 1000X
- 8 y 9 Acritarca tipo 3. 1000X
- 10 Alga 1. 1000X
- 11 *Botryococcus*. 400X
- 12 Fungospora. 1000X
- 13 Fungospora. 1000X
- 14 y 15 Tecambino 1. 1000X
- 16 Desmidiaceae. 1000X
- 17 Polypodiaceae. 1000X
- 18 Monolete psilada. 400X
- 19 Tecambino 2. 1000X
- 20 y 21 Lycopodiaceae. 400X
- 22 *Pinus sp.* 1000X
- 23 *Pinus sp.* 400X
- 24 *Abies sp.* 400X
- 25 *Abies sp.* 400X

LAMINA I

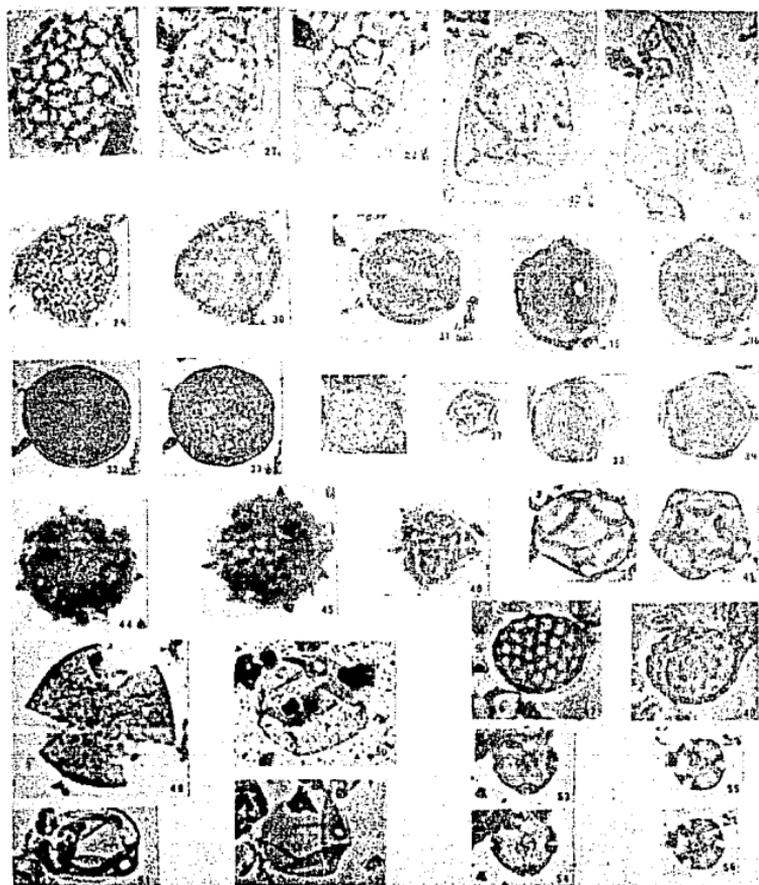


IX.2 LAMINA II

FIGURA

26	<i>Ruellia sp.</i> 1000X
27 y 28	<i>Ruellia sp.</i> 1000X
29 y 30	<i>Arenaria sp.</i> 1000X
31, 32 y 33	<i>Arenaria sp.</i> 1000X
34	Caryophyllaceae. 1000X
35 y 36	<i>Alnus sp.</i> 1000X
37	<i>Alnus sp.</i> 1000X
38 y 39	<i>Alnus sp.</i> 1000X
40 y 41	<i>Alnus sp.</i> 1000X
42	Cyperaceae (ángulo superior derecho). 1000X
43	Cyperaceae (ángulo superior derecho). 1000X
44	Compositae. 1000X
45	Compositae. 1000X
46	Compositae. 1000X
47 y 48	Cheno- Am. 1000X
49	<i>Quercus.</i> 1000X
50	Gramíneae. 1000X
51	Gramíneae. 1000X
52	Gramíneae. 1000X
53 y 54	<i>Mitrophyllum.</i> 1000X
55 y 56	<i>Cuphea.</i> 1000X

LAMINA II



IX.3 LAMINA III

FIGURA

57 y 58

Onagraceae. 1000X

59, 60, 61 y 62

Polygonaceae. 400X

63

Typha latifolia. 1000X

64

Typha latifolia. 1000X

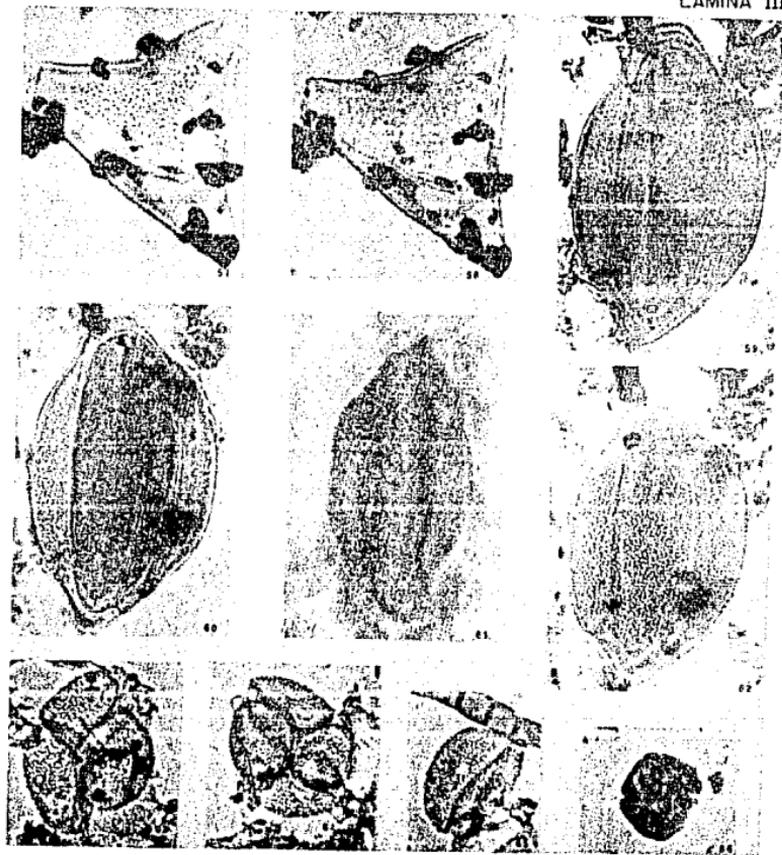
65

Typha latifolia (monada). 1000X

66

Tiliaceae. 1000X

LAMINA III



APENDICE 1
LISTADO DE TAXA

1	7
Marcadores	
2	1
<i>Pinus spp.</i>	
3	1
<i>Quercus spp.</i>	
4	1
<i>Alnus spp.</i>	
5	1
<i>Abies sp.</i>	
6	1
<i>Cupressus/Juniperus</i>	
7	1
<i>Alchornea sp.</i>	
8	1
<i>Calophyllum sp.</i>	
9	1
<i>Celtis sp.</i>	
10	1
Bombacaceae	
11	1
Tiliaceae	
12	2
Myrtaceae	
13	2
<i>Dodonaea viscosa</i>	
14	3
Poaceae	
15	3
Asteraceae	
16	3
Chenopodiaceae-Amaranthaceae	
17	3
<i>Arenaria sp.</i>	
18	3
<i>Ruellia sp.</i>	
19	3
Malvaceae	
20	3
Brassicaceae	
21	3
Cucurbitaceae	
22	3
Liliaceae	
23	3
<i>Gomphrena sp.</i>	
24	3
Onagraceae	
25	3
Euphorbiaceae	
26	3
Loranthaceae	

27 6
Sulcado Intectado
28 6
Sulcado reticulado
29 4
Polygonaceae
30 6
Tricolporado sulcoecuatorial
31 6
Tricolporado reticulado
32 6
Periporado
33 6
No identificados
34 3
Cyperaceae
35 3
Typha latifolia
36 4
Hydrocharitaceae
37 4
Myriophyllum sp.
38 4
Heteranthera sp.
39 4
Tecambino
40 8
Botryococcus sp.
41 8
Zygnemathaceae
42 8
Acritarca
43 8
Alga 1
44 8
Alga (otras esporas)
45 8
Desmidiaceae (*Micrasterias sp.*)
46 9
Monoletes
47 9
Triletes
48 9
Fungosporas
49 5
Musgos (esporas)
50 3
Lythraceae
51 2
Apocynaceae
52 3
Bromellaceae
53 3
Ambrosia sp.

54 3
Artemisia sp.
55 10
Blanco
56 10
Blanco
57 10
Blanco
58 10
Blanco
59 10
Blanco
60 10
Blanco
61 10
Blanco
62 10
Blanco
63 10
Blanco
64 10
Blanco
65 10
Blanco
66 10
Blanco
67 10
Blanco
68 10
Blanco
69 10
Blanco
70 10
Blanco
71 10
Blanco
72 10
Blanco

XI APENDICE 2 ARCHIVO DE VALORES

94

Polen fosil de Zacapu

2.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	62	17	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	103	3	48
16	0	0	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	6	0	1	0	1	0
3	0	7	2	0	2	1	24
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
6.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	72	11	5	0	1	0	0
0	0	0	0	0	126	12	60
6	2	1	6	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	25	2	0	0	0	11
0	1	4	0	1	0	0	59
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
12.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	43	10	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	63	4	7
5	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	3	5	1	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
16.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	30	11	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	41	2	7
4	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	9
1	0	1	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
22.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	39	24	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	62	2	0
2	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	9
6	0	0	0	0	2	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	49	7	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	38	4	2

0	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	28
0	0	0	0	104	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
32.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	32	6	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	140	5	1
17	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	0	2	0	0	0	7
2	0	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
36.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	26	11	4	0	1	0	0
0	0	0	0	0	103	3	3
8	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	7	2	2	0	0	0	7
2	0	16	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
42.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	31	11	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	24	3	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	4
1	0	28	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
46.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	22	5	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	20	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	4	0	0	0	2	2
0	0	14	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
52.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	105	31	7	1	0	0	0
0	0	0	0	0	89	5	12
1	5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
1	37	0	2	0	0	0	27
1	1	120	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
56.0	0.16918	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	118	26	4	4	0	0	0
0	0	0	0	0	73	4	1731
4	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	7	4	0	0
4	11	0	4	0	0	0	81
4	0	143	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
62.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	98	19	3	2	0	0	0
0	0	0	0	0	30	5	114
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0
1	4	0	1	0	0	0	80
1	1	31	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
68.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	18	3	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	1	340
4	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	198	0	0	0	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
74.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	163	22	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	23	1	84
9	6	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	7	0	0	0
5	1	0	0	0	0	1	60
10	0	31	5	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
80.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	185	15	7	1	1	0	0
0	0	0	0	0	41	9	186
22	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	3	0	1	0	0	100
4	0	32	0	0	0	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
86.0	0.1538	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	90	15	5	1	3	0	0
0	0	0	0	0	45	3	56

7	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	94
4	0	10	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
92.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	137	10	7	1	0	0	0
0	0	0	0	0	28	2	143
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	1	3	0	0	114
7	0	21	0	0	3	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
98.0	0.07769	1000.0	3990	60			
1000	54	10	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	14	2	3
3	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	160
2	0	0	0	0	1	0	28
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
104.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	58	9	4	2	0	0	0
0	0	0	0	0	20	2	2
4	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	1	0	0	0	36
0	0	6	0	0	5	0	13
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
107.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	63	4	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	35	2	91
4	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	5	0	0	0
0	4	7	1	0	0	0	36
1	0	39	0	0	1	1	4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
112.0	0.18456	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	75	20	4	1	0	0	0
0	0	0	0	0	33	27	322
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	31	0	0	0	0	206
7	1	2	1	0	0	1	348
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
117.0	0.1538	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	29	4	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	24	4	4
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	1	0	0	0	0	248
14	1	6	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
122.0	0.1538	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	59	13	5	1	0	0	0
0	0	1	0	0	46	2	19
12	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	3	1	0	0	0	161
4	2	12	1	0	1	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
127.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	56	9	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	41	4	17
7	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	3	0	0	0	0	284
5	0	11	0	0	4	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
132.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	60	8	5	1	0	0	0
0	0	0	0	0	29	4	21
14	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	2	0	0	0	1	155
6	0	8	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
137.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	67	17	4	1	0	0	0
0	0	0	0	0	40	6	27
2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	8	5	0	0	0	1	172
2	0	7	0	0	1	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
142.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	17	8	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	8	0	35

0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	2	1	0	0	0	181
1	0	14	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
147.0	0.21532	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	27	5	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	9	3	163
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	8	0	1	0	0	0	287
2	0	31	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
152.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	131	26	10	0	0	0	0
0	0	0	0	0	15	2	457
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	24	0	6	0	0	0	38
6	0	35	5	0	3	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
157.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	95	5	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	22	0	234
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	32	3	0	0	0	2	39
1	0	14	2	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
162.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	165	22	15	0	0	0	0
0	0	0	0	0	22	2	951
0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
7	26	0	4	0	0	0	43
0	0	5	2	0	7	2	9
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
167.0	0.18456	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	49	12	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	18	2	527
2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	0	3	0	0	0	22
0	1	0	0	0	1	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
172.0	0.1538	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	81	12	3	3	0	0	0
0	0	0	0	0	3	3	1833
3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	6	6	3	0	0	0	3
0	0	3	0	0	3	0	12
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
177.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	48	10	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	15	1	35
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	2	0	0	0	26
1	0	2	0	0	3	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
182.0	0.13842	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	130	8	12	1	0	0	0
0	0	0	0	0	10	0	106
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	11	14	0	2	0	43
2	6	9	4	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
187.0	0.04614	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	59	13	7	0	0	0	0
0	0	0	0	0	13	1	254
3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	3	1	1	0	0	0	13
1	0	4	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
192.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	75	16	2	0	1	0	0
0	0	0	0	0	26	3	304
2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	3	0	0	0	0	0	0
1	1	14	2	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
197.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	38	12	10	0	0	0	0
0	0	0	0	0	26	2	118

1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0
0	27	1	0	0	1	0	49
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
202.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	9	8	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0	4
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	16
1	0	0	0	0	3	0	25
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
207.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	22	2	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	7	J	43
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	7	0	0	0	0	0	1
0	0	8	0	0	0	0	9
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
212.0	0.1538	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	33	14	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	7	2	16
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	0	3	1	0	0	0
1	1	4	1	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
217.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	63	12	3	0	1	0	0
0	0	0	0	0	8	0	90
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	5	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
222.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	16	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	8	0	5
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	0	0	0	1
2	0	3	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
227.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	14	8	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	0	0	0	0	0	3
0	16	7	0	0	2	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
232.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	8	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	4	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	5	6
1	2	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
237.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	3	2	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	9
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	2
0	21	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
242.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	4	3	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	4	0	11
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	2	0	0	0	0	7
0	6	2	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
247.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	25	8	9	0	1	0	0
0	0	0	0	0	26	2	122
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	0	0	0	0	0	0
0	4	17	2	0	2	0	39
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
252.0	0.0769	1000.0	6070	75			
1000	18	10	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	24

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	1	0	0	0	0	5
0	15	1	0	0	2	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
257.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	14	14	4	0	4	0	0
0	0	0	0	0	15	0	33
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	14	1	0	2	0	0	1
0	378	0	0	0	39	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
262.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	7	7	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	4	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	3	1	0	0	0	0	8
0	108	2	0	0	11	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
267.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	6	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	2	0	0	0	0	5
0	362	1	0	0	4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
272.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	5	2	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	9	0	0	0	0	0	4
0	85	3	0	0	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
277.0	0.10766	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	6	2	1	0	3	0	0
0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	0	0	0	0	0	9
0	32	1	0	0	5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
282.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	11	4	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	2	0	3
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	6	0	0	0	0	0	23
0	1	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
287.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	25	5	1	0	2	0	0
0	0	0	0	0	25	0	35
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	10	1	0	1	0	0	0
0	30	4	0	0	2	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
292.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	16	9	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	3	2	19
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	3	1	0	0	0	7
0	18	3	0	0	4	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
297.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	17	2	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	17	1	34
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	0
2	10	7	0	0	0	0	0
0	0	5	0	0	8	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
302.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	31	13	7	1	0	0	0
1	0	0	0	0	8	0	22
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	6	15	1	0	0	0	2
2	14	1	0	0	11	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
307.0	0.13842	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	51	31	12	2	0	0	0
2	0	0	0	0	13	2	77

1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	6	29	6	0	0	0	0
2	6	2	1	0	1	0	9
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
312.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	90	25	22	0	0	0	0
0	0	0	0	1	23	5	155
4	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	9	68	0	0	0	0	8
5	3	3	1	0	2	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
317.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	92	30	13	1	1	0	0
0	0	0	0	0	14	1	98
0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	9	51	1	1	0	0	20
3	1	8	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
322.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	68	33	14	1	1	0	0
0	0	0	0	0	24	3	71
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	6	27	1	0	0	0	18
2	0	3	1	0	2	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
327.0	0.13842	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	162	63	31	0	0	0	0
0	0	0	0	0	30	5	213
3	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0
5	11	126	1	0	0	0	18
5	1	2	0	0	9	2	14
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
332.0	0.10766	1000.0	7300	80			
1000	66	19	19	0	1	0	0
0	0	0	0	0	30	7	113
3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	13	2	0	0	0
8	23	32	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	3	0	0
11	3	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
337.0	0.0928	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	52	15	4	0	1	0	0
0	0	0	0	0	25	2	52
2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	36	0	0	0
3	28	34	0	2	0	0	0
0	0	4	4	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
342.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	52	30	15	0	2	0	0
0	0	0	0	0	25	1	55
1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	1	0	0	4
6	34	2	0	0	4	4	8
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
347.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	48	32	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	26	0	5
0	2	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	4	2	0	0	0	0
37	7	1	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
352.0	0.13842	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	117	31	15	0	0	0	0
0	0	0	1	0	33	0	44
2	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
3	2	11	2	0	0	0	4
1	1	1	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
357.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	171	52	28	0	0	0	0
0	0	0	0	0	43	3	5
17	1	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	5	0	2	0	0	4
0	0	4	1	0	5	3	5
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
362.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	105	20	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	54	9	2

3	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	6	3	1	0	0	4
0	1	8	0	0	4	0	9
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
367.0	0.12304	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	50	11	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	13	2	2
7	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	5	1	0	0	0	2
0	0	1	0	0	0	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
372.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	38	33	2	0	1	0	0
0	0	0	0	0	12	4	0
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
2	3	4	0	0	0	0	4
2	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
377.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	9	10	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	5	0	0	0	9
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
382.0	0.1538	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	17	7	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	4
0	6	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
387.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	45	12	12	0	0	0	0
0	0	0	0	0	25	0	18
5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	0	0	1	0	0	0
0	0	4	0	0	2	4	5
0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
392.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	31	8	0	6	0	0	2
0	0	0	0	0	13	0	12
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0
0	1	8	3	0	0	0	1
0	3	3	0	0	3	0	9
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
397.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	31	20	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	13	3	3
0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	4	3	0	0	2	0
0	0	2	0	0	4	0	14
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
402.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	9	4	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	9	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	5	0	0	2	0	14
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
407.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	32	12	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	11	1	3
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	4	0	0	8	1	16
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
412.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	24	7	11	0	0	0	0
0	0	0	0	0	14	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	2
0	0	5	0	0	2	0	14
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
417.0	0.0769	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	25	10	14	0	0	0	0
0	0	0	0	0	13	0	1

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	8	0	0	2	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
422.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	23	12	7	0	0	0	0
0	0	0	1	0	12	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	3	4	12
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
427.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	24	8	7	1	0	0	0
0	0	0	0	0	12	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	4	0	0	0	0
1	4	1	1	0	2	0	33
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
432.0	0.06152	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	24	12	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	5	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
437.0	0.09228	1000.0	-1.0	-1.0			
1000	258	41	47	3	13	0	0
0	0	0	0	0	43	39	10
26	5	5	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	2	0
8	61	0	0	0	0	0	6
59	0	1	0	0	2	14	1
0	0	0	0	2	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
442.0	0.1885	1000.0	8110	115			
1000	389	37	130	0	5	3	0
0	0	0	0	0	56	0	5
30	7	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	4	0
58	7	0	0	0	1	0	15
50	0	0	1	0	0	27	1
20	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
447.0	0.1535	1000.0		-1.0	-1.0		
1000	507	25	259	0	0	0	0
0	0	0	2	0	25	16	12
40	17	15	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	4	2	0
29	0	0	0	0	0	2	25
87	0	0	75	0	4	74	41
82	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
452.0	0.0769	1000.0		-1.0	-1.0		
1000	389	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	50	84	5
0	7	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	3
10	7	0	0	0	1	0	15
50	0	0	35	0	20	28	2
8	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
457.0	0.09228	1000.0		-1.0	-1.0		
1000	1758	31	159	0	12	0	0
0	0	0	0	0	1041	43	67
43	6	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	18	0	0
54	104	6	0	0	0	0	49
0116	18	110	6	0	0	18	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
462.0	0.12304	1000.0		-1.0	-1.0		
1000	1234	15	147	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1116	79	52
21	21	0	0	0	10	0	0
0	0	0	0	0	5	0	0
0	37	0	5	5	0	0	5
37	0	89	0	0	10	5	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
467.0	0.0769	1000.0		-1.0	-1.0		
1000	1568	22	201	0	5	0	0
0	0	0	0	0	1230	90	54
5	16	0	0	0	0	0	0
0	0	0	5	0	0	0	0
37	33	0	30	0	0	0	16
21	5	87	15	0	10	25	10
5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
471.0	0.16918	1000.0		-1.0	-1.0		
1000	1680	21	89	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1113	68	16

32	10	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	0	0
55	52	52	63	0	0	0	16
20	0	84	0	0	0	31	0
26	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

9

A

25.0

C

26.0

A-M

62

T

345.0

C

347.0

T

360.0

C

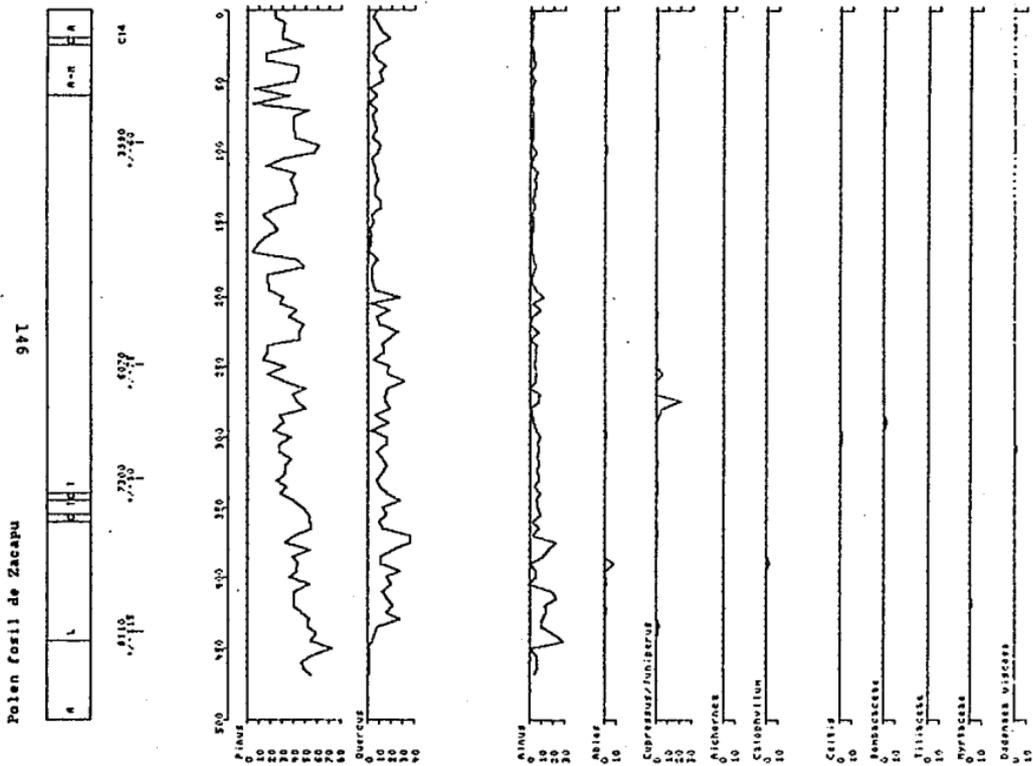
362.0

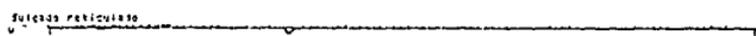
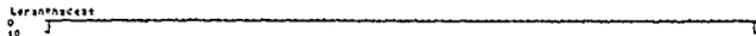
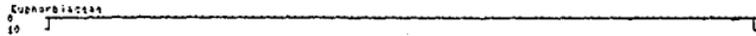
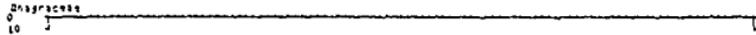
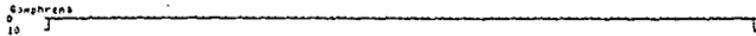
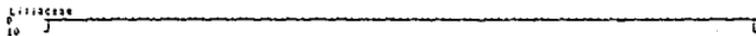
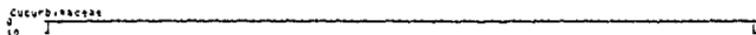
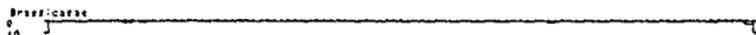
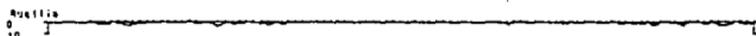
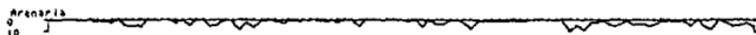
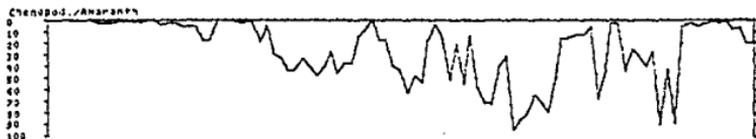
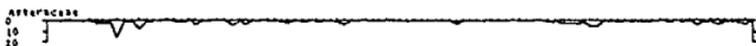
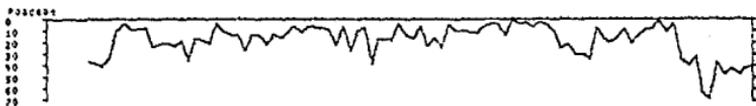
L

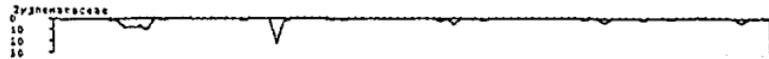
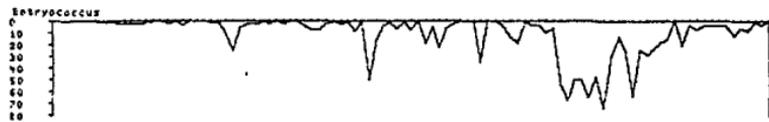
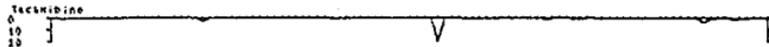
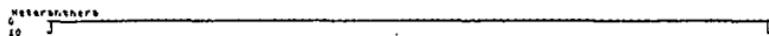
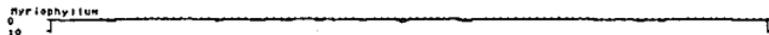
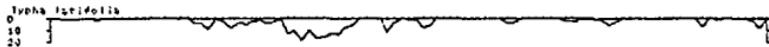
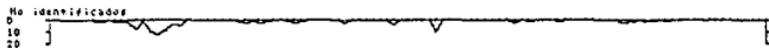
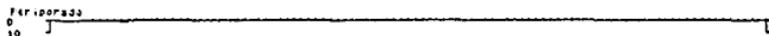
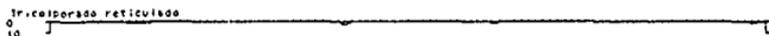
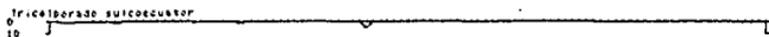
447.0

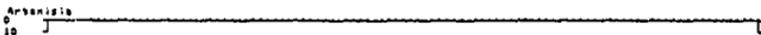
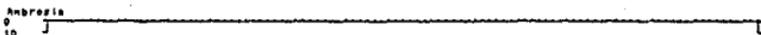
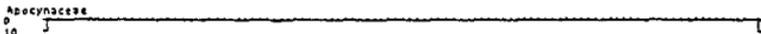
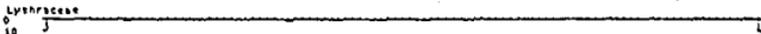
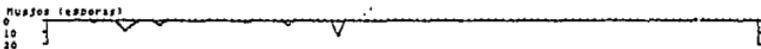
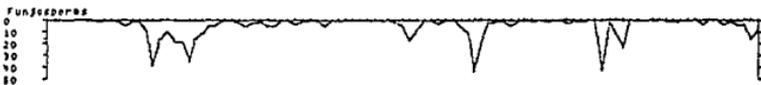
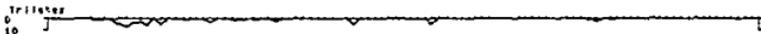
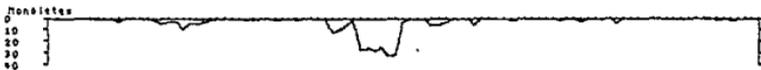
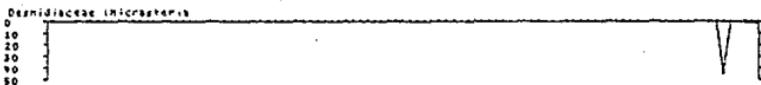
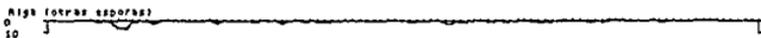
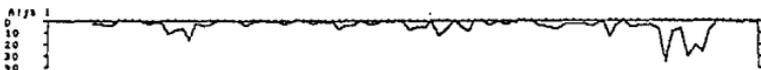
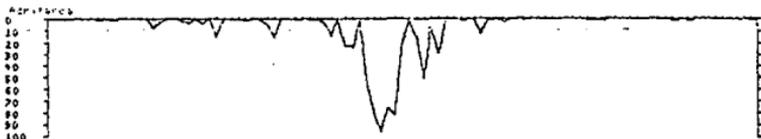
A

XII. APENDICE 3
XII.1 GRAFICAS DE PORCENTAJE

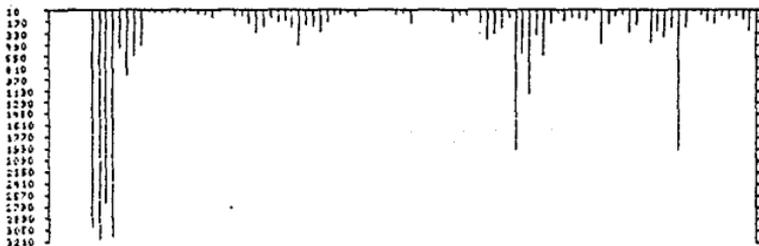




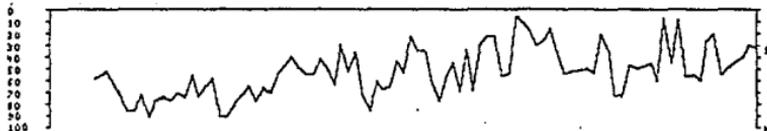




SUMA POLINICA BASICA



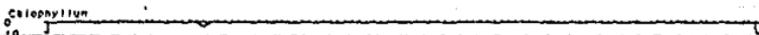
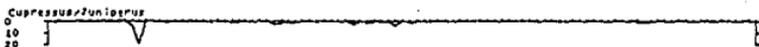
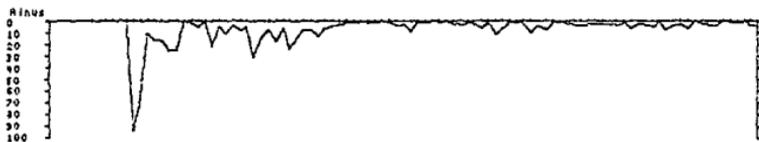
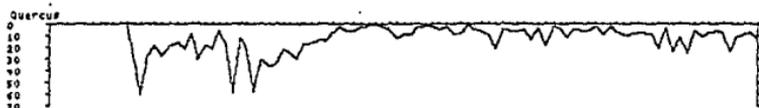
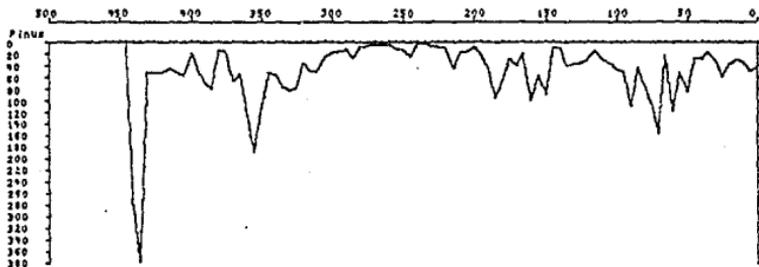
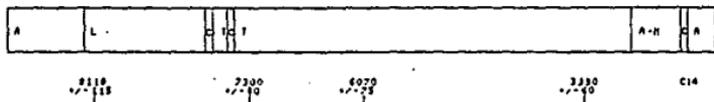
PORCENTAJE DE LA SUMA POLINICA BASICA



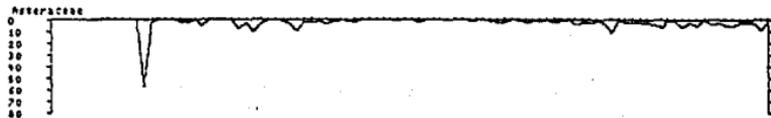
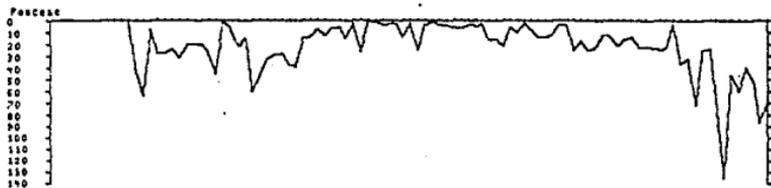
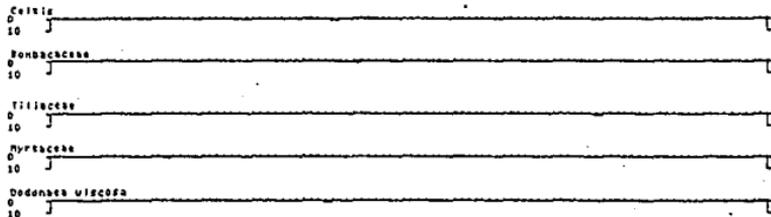
Tratados Herbarios Borbucivo

Polen fosil de Zacapu

151

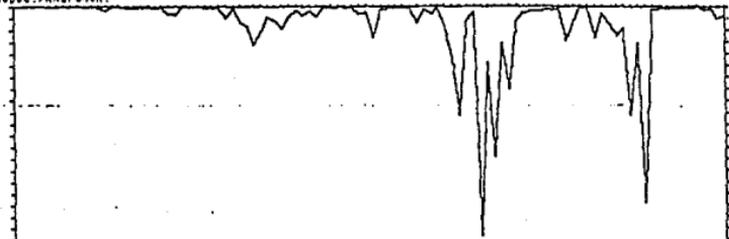


XII. 2 GRAFICAS DE CONCENTRACION



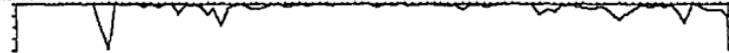
Chenopod./Amaranth.

0
 45
 90
 135
 180
 225
 270
 315
 360
 405
 450
 495
 540
 585
 630
 675
 720
 765
 810
 855
 900



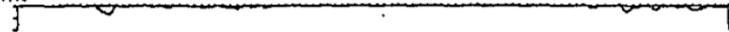
Arenaria

0
 10
 20
 30
 40



Ruellia

0
 10
 20



Miliaceae

0
 10



Brassicaceae

0
 10



Cucurbitaceae

0
 10



Liliaceae

0
 10



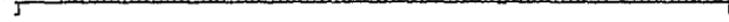
Gonolobus

0
 10



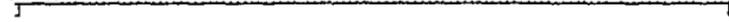
Onagraceae

0
 10



Euphorbiaceae

0
 10



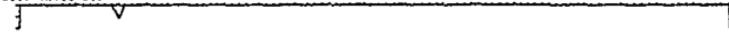
Loranthaceae

0
 10



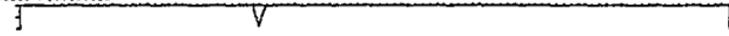
Sulcado intectado

0
 10
 20



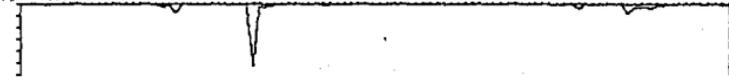
Sulcado reticulada

0
 10
 20



Polygonaceae

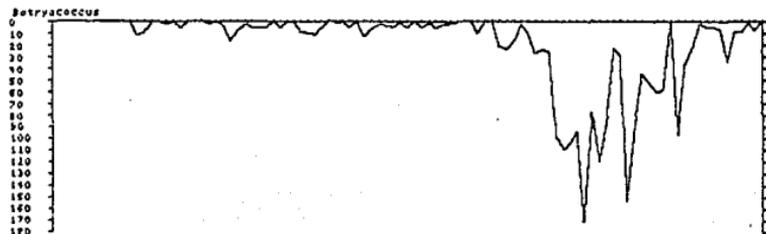
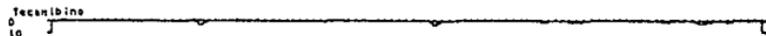
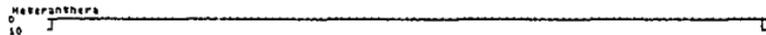
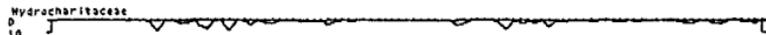
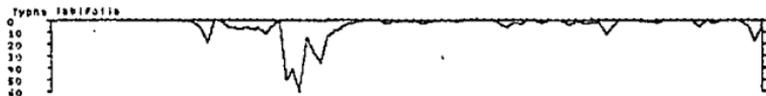
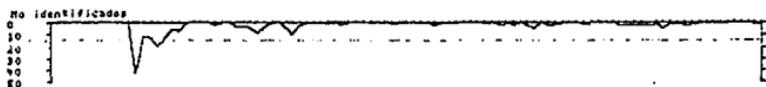
0
 10
 20
 30
 40
 50
 60



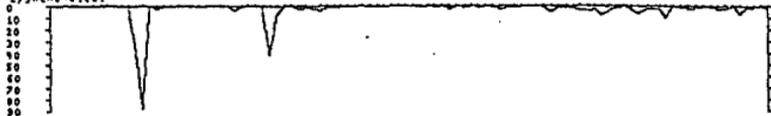
Tricolporado sulcoscutor

0
 10

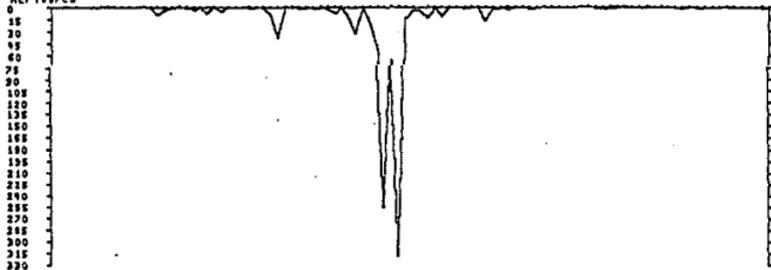




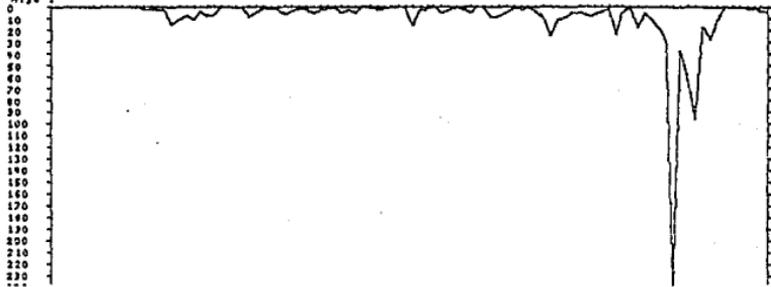
Zygomycetes



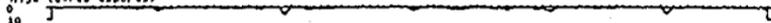
Actinobacteria



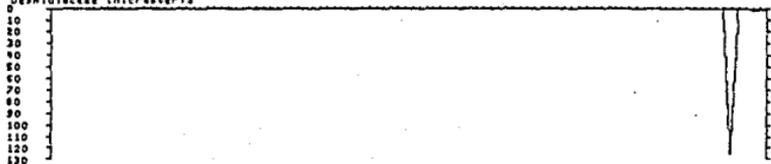
Alga 1



Alga (other species)



Desmidiaceae (Microsteria)



Renolobos

0
10
20
30
40

Triletes

0
10
20
30

Fundobas

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150

Muscos (asporas)

0
10
20

Lythraceae

0
10

Apocynaceae

0
10

Brenellaceae

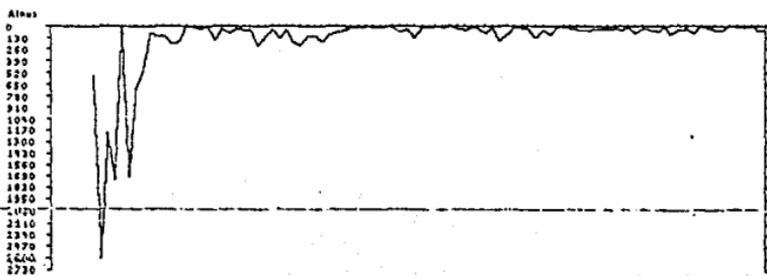
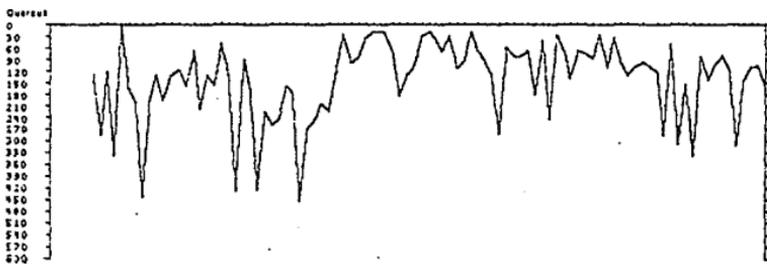
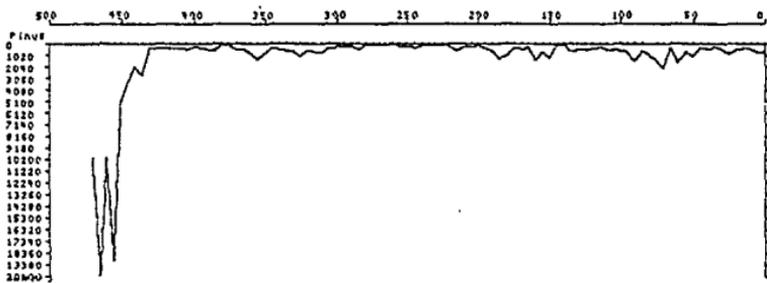
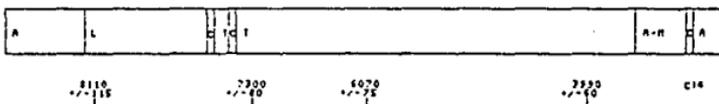
0
10

Ambrosia

0
10

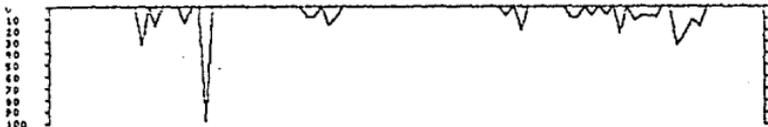
Artemisia

0
10

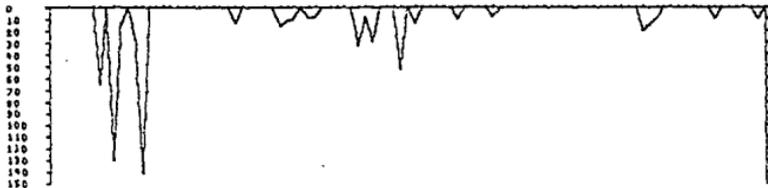


XII. 3 GRAFICAS DE TASA DE ACUMULACION

Abies



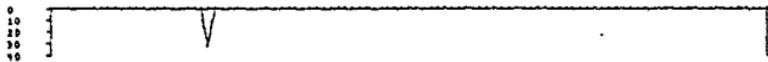
Cupressus/Zuniberus



Alchornea



Calophyllum



Celtis



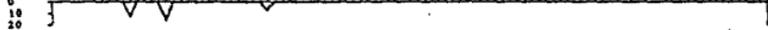
Bombacaceae



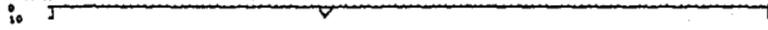
Tiliaceae



Myrtaceae

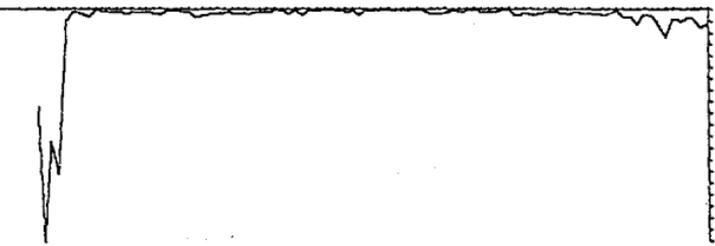


Dioscorea villosa



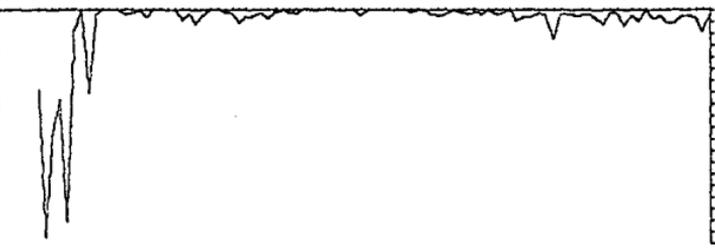
Passes

0
800
1600
2400
3200
4000
4800
5600
6400
7200
8000
8800
9600
10400
11200
12000
12800
13600
14400
15200
16000



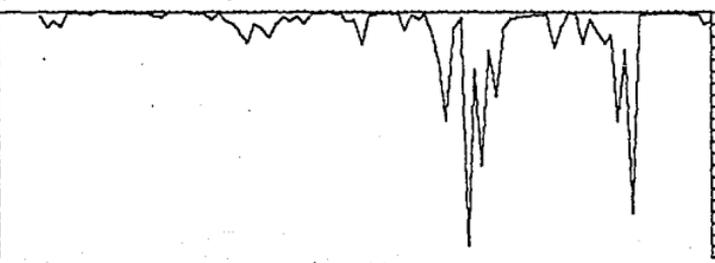
Asterisks

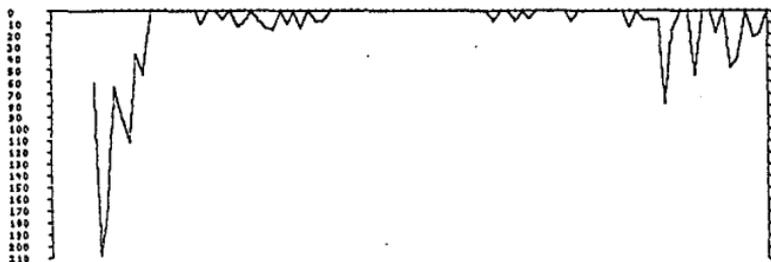
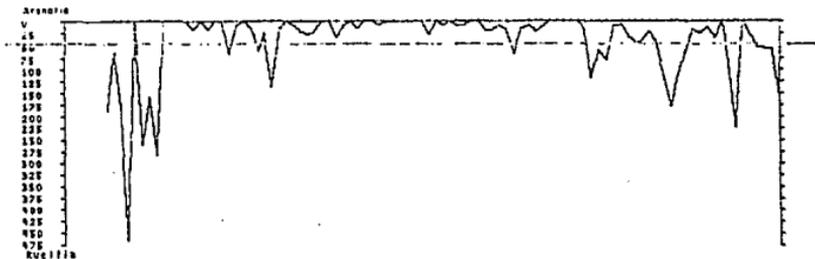
0
60
120
180
240
300
360
420
480
540
600
660
720
780
840
900
960
1020
1080
1140
1200



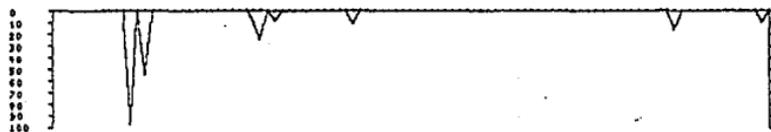
Consped. / Amaranth

0
888
1776
2664
3552
4440
5328
6216
7104
7992
8880
9768
10656
11544
12432
13320
14208
15096
15984
16872
17760

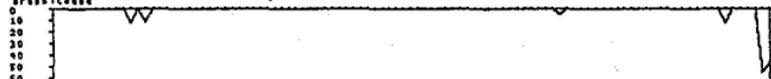




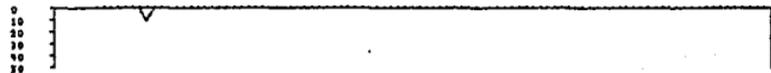
Melastomaceae



Brassicaceae



Cucurbitaceae



Liliaceae



Compositae

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

210

220

230

240

250

260

270

280

290

300

310

320

330

340

350

360

370

380

390

400

410

420

430

440

450

460

470

480

490

500

510

520

530

540

550

560

570

580

590

600

610

620

630

640

650

660

670

680

690

700

710

720

730

740

750

760

770

780

790

800

810

820

830

840

850

860

870

880

890

900

910

920

930

940

950

960

970

980

990

1000

1010

1020

1030

1040

1050

1060

1070

1080

1090

1100

1110

1120

1130

1140

1150

1160

1170

1180

1190

1200

1210

1220

1230

1240

1250

1260

1270

1280

1290

1300

1310

1320

1330

1340

1350

1360

1370

1380

1390

1400

1410

1420

1430

1440

1450

1460

1470

1480

1490

1500

1510

1520

1530

1540

1550

1560

1570

1580

1590

1600

1610

1620

1630

1640

1650

1660

1670

1680

1690

1700

1710

1720

1730

1740

1750

1760

1770

1780

1790

1800

1810

1820

1830

1840

1850

1860

1870

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

2060

2070

2080

2090

2100

2110

2120

2130

2140

2150

2160

2170

2180

2190

2200

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2300

2310

2320

2330

2340

2350

2360

2370

2380

2390

2400

2410

2420

2430

2440

2450

2460

2470

2480

2490

2500

2510

2520

2530

2540

2550

2560

2570

2580

2590

2600

2610

2620

2630

2640

2650

2660

2670

2680

2690

2700

2710

2720

2730

2740

2750

2760

2770

2780

2790

2800

2810

2820

2830

2840

2850

2860

2870

2880

2890

2900

2910

2920

2930

2940

2950

2960

2970

2980

2990

3000

3010

3020

3030

3040

3050

3060

3070

3080

3090

3100

3110

3120

3130

3140

3150

3160

3170

3180

3190

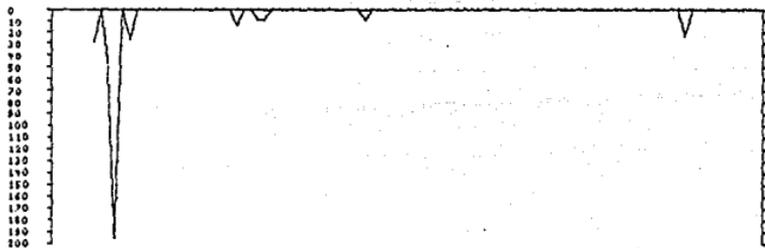
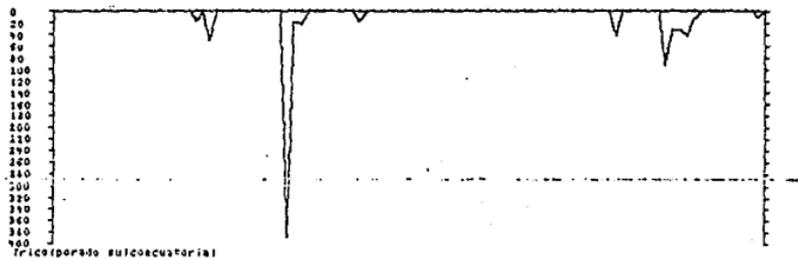
3200

3210

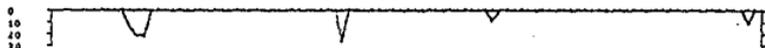
3220

3230

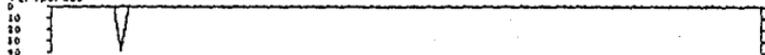
Polygonaceae



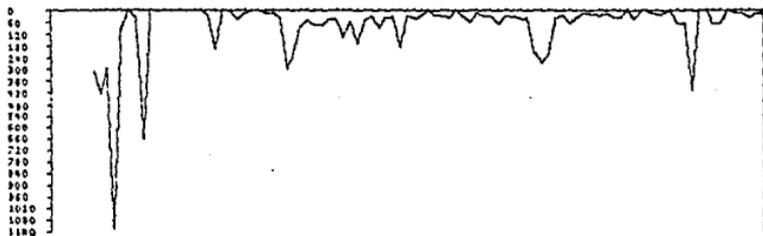
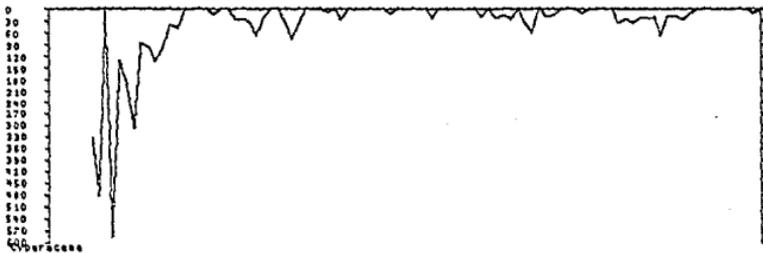
Tricolporato reticulato



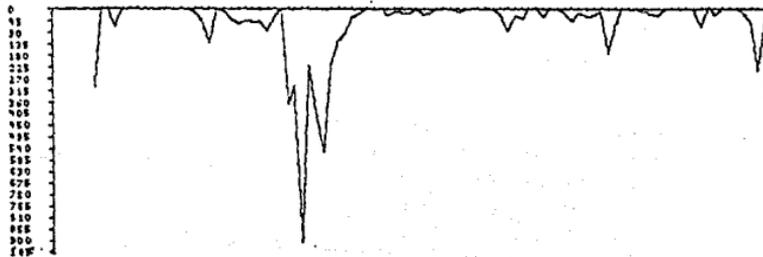
Periporato



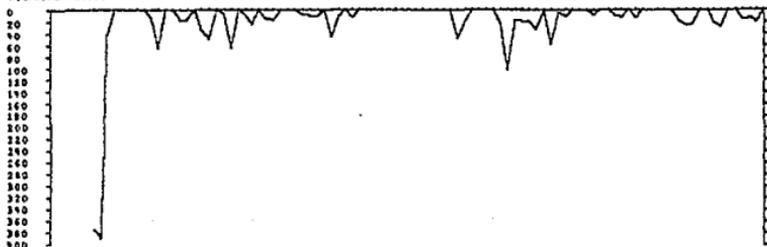
No identificades



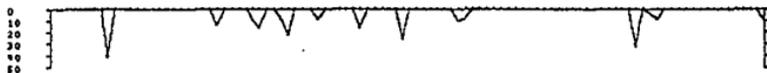
Trama històrica



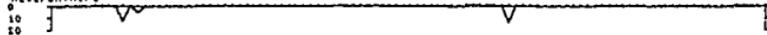
Hydrocharitaceae



Myriophyllum



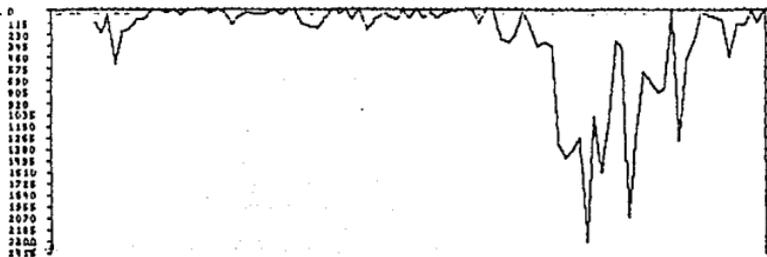
Heteranthera



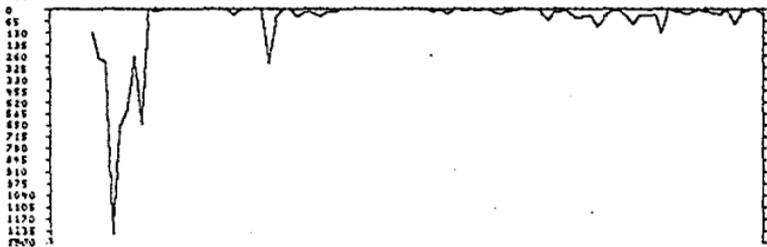
Tecoma lino



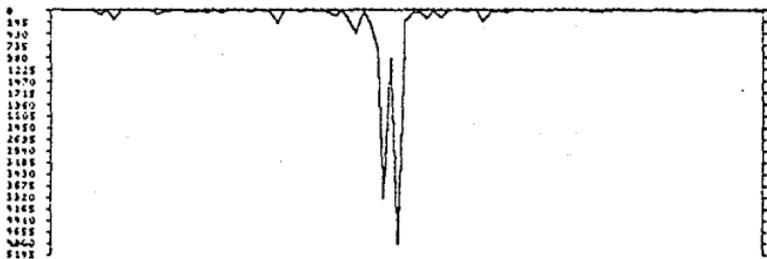
Psittacococcus



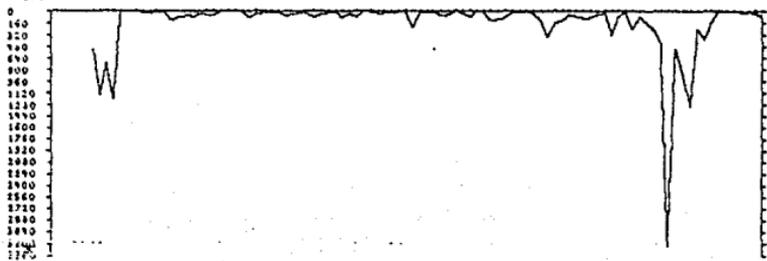
Zygnemataceae



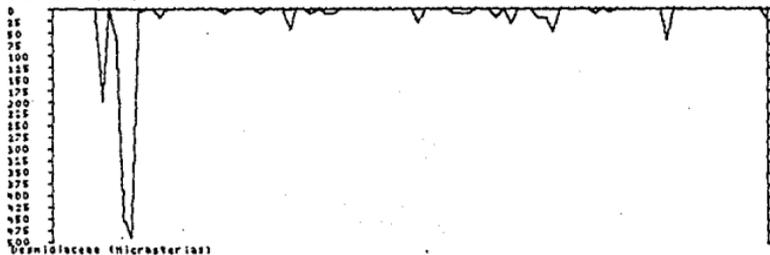
Acetabularia



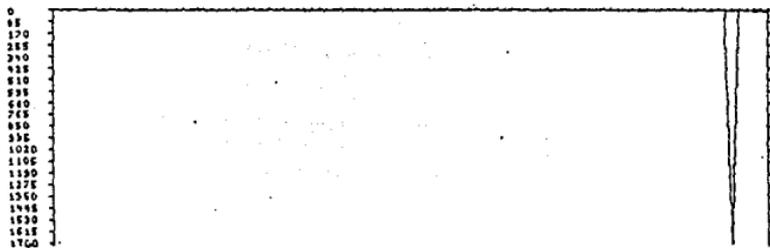
Alga 1



Alfa (otras especies)



Uranidaceae (Microbsterias)



Monsalva

