

117
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

***Estudio Sistemático y Biométrico de Helechos del tipo
Pecopteris (Marattiales; Pteridophyta) de la Formación
Matzitzi (Permo-Carbonífero), Estado de Puebla.***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

SUSANA AURORA MAGALLON PUEBLA

MEXICO D. F.

1991

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO 1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
I. Antecedentes y estudios previos	1
II. El género <u>Pecopteris</u>	2
III. Análisis numéricos	4
IV. Formación Matzitzi. Geología Regional	5
V. Area de estudio y localidades	10
VI. Objetivos	13
 CAPITULO 2. METODOLOGIA	 15
I. Técnica de análisis matemático	15
II. Análisis estadísticos y variables utilizadas	21
 CAPITULO 3. PALEOBOTANICA SISTEMATICA	 25
<u>Pecopteris</u> (<u>Asterotheca</u>) cf. <u>orientalis</u> (Schenk) Potonié sp. 1	26
<u>Pecopteris</u> (<u>Asterotheca</u>) cf. <u>orientalis</u> (Schenk) Potonié sp. 2	31
<u>Pecopteris</u> <u>cyathea</u> (von Schlotheim) Brongniart	37
<u>Pecopteris</u> cf. <u>ameromi</u> Stockmans & Willière	43
<u>Pecopteris</u> (<u>Asterotheca</u>) cf. <u>densifolia</u> (Goppert) Weiss	47
<u>Pecopteris</u> cf. <u>melendezi</u> Wagner	52
<u>Pecopteris</u> sp. A	56
<u>Pecopteris</u> cf. <u>unita</u> Brongniart	59
<u>Fascipteris</u> cf. <u>halei</u> (Kawasaki) Gu & Zhi	66
cf. <u>Fascipteris</u> sp. Gu & Zhi	72
Marattiales gen. et sp. indet. 1	75
Marattiales gen. et sp. indet. 2	79
 CAPITULO 4. RESULTADOS DE LOS ANALISIS NUMERICOS	 82
I. Análisis de agrupamientos para follaje estéril con venas laterales rectas	82
II. Análisis de agrupamientos para follaje fértil con hileras de sinangios continuas	84
III. Análisis de agrupamientos para follaje estéril con venas laterales cóncavas y follaje fértil con hileras de sinangios discontinuas	86
 CAPITULO 5. DISCUSION	 95
 CAPITULO 6. CONCLUSIONES GENERALES	 104
I. Sistemática	104
II. Análisis numérico	104
III. Alcance estratigráfico de la Formación Matzitzi y afinidad paleofitogeográfica de su flora	105
 LITERATURA CITADA	 108

Pecopteris subdolissima

Fig. XVIII



1. potatem
2. tematom
3. lepidom
4. pinnulom

5. Jaclucom
6. sporom
7. *Apidophacops festinatus* (is!)
8. *A. festinatus* (ea!)

W. H. H.

PF-1988

CAPITULO 1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS

I. Antecedentes y estudios previos.

La flora fósil de la Formación Matzitzi se conoce desde fines del siglo pasado a raíz de los estudios de exploración geológica realizados por J.G. Aguilera en 1896, quien acuñó el nombre de esta formación, y le asignó una edad de Triásico Superior (Aguilera, 1896). Las primeras colectas de plantas fósiles fueron realizadas en 1907 por T. Flores en afloramientos del Cerro Matzitzi, cerca de San Luis Atolotitlán. Las plantas fueron entonces identificadas como géneros y especies jurásicas, y los estratos de donde se obtuvieron fueron considerados rético-liásicos (Flores-Reyes, 1909). Burckhardt (1930) consideró a los estratos de la Formación Matzitzi como del Rético-Liásico-Dogger, y Müllerried (1933) los asignó al Jurásico temprano o medio. Más recientemente, Calderón-García (1956) redescubrió la Formación Matzitzi y la consideró jurásica, aunque expresó que su parte inferior quizás fuese triásica.

En 1966, los fósiles colectados a principios de siglo por Flores fueron estudiados formalmente por A. Silva-Pineda, quien en 1970 publicó el primer trabajo paleobotánico sobre la Formación Matzitzi. En este trabajo se diferenciaron 25 especies, mismas que quedaron asignadas a Lycophyta, Sphenophyta, Pteridophyta y Pteridospermophyta. Las especies identificadas por Silva-Pineda corresponden al Carbonífero Temprano y Tardío, o al Misisípico y Pensilvánico de los Estados Unidos de América, y tres de ellas se extienden al Pérmico en Europa. Por el estudio de las plantas fósiles, Silva-Pineda (1970) asignó una edad pensilvánica a los estratos de la Formación Matzitzi.

A partir de 1978, se encontraron en la Formación Matzitzi varias plantas fósiles no reportadas con anterioridad. Estos nuevos elementos sugieren que la secuencia estratigráfica de ésta formación al menos incluye una porción pérmica, o lo es en su totalidad. Las plantas

reportadas recientemente para la Formación Matzitzi son Taeniopteris sp., Holcospermum sp., cf. Pterophyllum sp., Glossopteridales gen. et sp. indet., Baiera sp. o Rhipidopsis sp., Gigantopteridales gen. et sp. indet. y Palaeophyllales gen. et sp. indet. (Bautista, 1989; Weber, Magallón-Puebla & Centeno-García, 1987; Weber, Centeno-García & Magallón-Puebla, 1987; Weber, Magallón-Puebla & Sour-Tovar, 1989; Weber & Magallón-Puebla, 1989; Weber & Magallón-Puebla, 1991).

II. El género Pecopteris.

El nombre Pecopteris fue utilizado por primera vez por Adolphe Brongniart en 1822 para "- especies cuya fronda es pinatifida, con pinulas unidas por su base hasta el raquis, con una vena media y venas secundarias pinadas" (Knight, 1985). Tomando en cuenta las restricciones impuestas al género por Sternberg en 1825, en 1849 Brongniart redefinió a Pecopteris bajo los siguientes términos: "Frondas bi- o tri- pinadas, con las pinulas unidas por su base al raquis y frecuentemente unidas entre sí en una extensión mayor o menor de su longitud, no decurrentes y contiguas o casi contiguas. Todas las venas laterales surgen de la vena media, y son usualmente bifurcadas, raramente trifurcadas" (Dalínval, 1960, en Knight, 1985). Esta definición corresponde en términos generales al follaje estéril que subsecuentemente ha sido atribuido a Pecopteris, y está basada en la disposición de las venas y en la forma de las pinulas. El término en la actualidad se restringe casi exclusivamente a fósiles del Paleozoico.

Las estructuras reproductoras que han sido encontradas en conexión orgánica con Pecopteris confirman que este tipo de follaje corresponde a helechos verdaderos. Bertrand (1934, en Knight, 1985) dividió a Pecopteris con base en el tipo de estructura reproductora asociada, distinguiendo a los órganos reproductores Senftenbergia y Asterotheca. Sin embargo, el nombre Pecopteris es utilizado para frondas fértiles

cuando no es posible determinar el tipo de sinangio, o cuando estos están mal preservados.

La amplia gama de follaje estéril que se atribuye a Pecopteris ha propiciado que se intente subclasificarlo con base en características del mismo follaje estéril. Se han emprendido varios intentos en este sentido, (v. gr. Bertrand, 1934), siendo el más exitoso el de R.H. Wagner (1959a, 1959b). Mediante el análisis del patrón de venación y del desarrollo de las bifurcaciones en las venas laterales en relación con la forma de la pinula, Wagner delimitó dos nuevos géneros-forma: Lobatopteris y Polymorphopteris. Ambos poseen pinulas con bordes de superficial a profundamente ondulados, formando lóbulos que luego constituyen pinulas nuevas y la (antes) pinula a partir de la cual se formaron, queda como una pina de último orden. Para cada especie, el grado de lobulación de las pinulas va en relación con la etapa de ramificación de las venas laterales.

Lobatopteris se lobula con mayor frecuencia y cerca de los ápices de pinas, constituyendo nuevas pinulas a partir de lóbulos independizados cuando la ramificación de las venas laterales es todavía sencilla. El patrón de ramificación de las venas laterales fue descrito de la siguiente manera: "...cada nervio que se separa de la vena media casi inmediatamente se divide en dos ramas iguales, de las cuales, la superior se dicotomiza después de un corto intervalo. Subsecuentemente, las tres ramas ... se dividen nuevamente, siguiendo el siguiente orden: la rama del centro primero, y luego la inferior, y la superior." (Wagner, 1959a, p. 10). Respecto a las estructuras reproductoras, el mismo autor reporta dos hileras de sinangios del tipo Asterotheca, situados espaciadamente.

En Polymorphopteris la lobulación de los bordes de la pinula inicia cuando los sistemas de ramificación son complejos. El patrón de ramificación de las venas laterales es como sigue: "...después de la primera bifurcación, la rama superior ... se divide primero, después lo

hace la rama inferior, y después, las cuatro ramas pueden subdividirse una vez más." (Wagner, 1959b, p. 29)

Ambos géneros-forma están definidos bajo los mismos criterios que Pecopteris (forma de las pinulas y venación), y tienen la misma jerarquía.

El género-forma Pecopteris ha sido conservado para agrupar a todas aquellas especies que no pueden ser asignadas a Lobatopteris o a Polymorphopteris, es decir, todas aquellas especies cuyas pinulas no se lobulan y sus venas laterales son simples o se ramifican solamente una o dos veces.

Las especies relacionadas con Pecopteris unita, que presentan pinulas fusionadas y venas laterales simples en forma de U constituyendo fascículos se agrupan en el género-forma Fasciapteris, que incluye formas de edad permica encontradas principalmente en China y en el sureste asiático (Gu & Zhi, 1974).

III. Análisis numéricos

La utilización de métodos estadísticos para la clasificación de individuos o taxa ha adquirido amplia difusión aproximadamente desde 1957, cuando se establecieron la teoría y las primeras técnicas de la taxonomía numérica (Sneath & Sokal, 1973). La variedad de técnicas y los tipos de análisis existentes son innumerables por su abundancia (Valencia-Ramirez, 1988, com. pers.).

En el área de paleobotánica, la utilización de métodos estadísticos ha sido limitada. Los trabajos de Mosbrugger (1986) y Mosbrugger y Vogellehner (1986) referentes a especies del género Pecopteris han sido de importancia para el estudio de relaciones de similitud entre grupos de especies y para la diferenciación de individuos de especies distintas con base en caracteres cuantitativos respectivamente.

El método de análisis numérico es una herramienta que permite

establecer el grado de similitud en forma entre un ente y otro (ya sean cualquiera de estos individuos o conjuntos), lo cual proporciona un criterio importante para identificarlos como integrantes de una misma especie, o cada uno como representante de especies distintas. Mediante esta técnica se puede lograr la evaluación simultánea de una gran cantidad de variables y de un número amplio de individuos.

Al ser un procedimiento cuantitativo, el método numérico tiene un mayor poder de discriminación a lo largo de un espectro de características continuas, y es más sensible en la delimitación de grupos. Puede revelar los límites entre dos o más taxa, que a simple vista no son evidentes. También permite el reconocimiento de variantes en los caracteres considerados, existiendo la posibilidad de identificar subconjuntos dentro de un grupo (o especie).

Los análisis estadísticos indican el grado de similitud entre individuos de una misma especie, de diferentes especies o de taxa superiores con respecto a las características tomadas en consideración, y en circunstancias determinadas, muestran la capacidad de un conjunto de variables para distinguir entre un grupo de especies en particular.

IV. Formación Matzitzi. Geología regional.

A. Localización geográfica.

La Formación Matzitzi se encuentra en el Estado de Puebla, aproximadamente 40 Km al SW de la ciudad de Tehuacán, cercana a Los Reyes Metzontla, San Francisco Xochiltepec, San Luis Atolotitlán, Caltepec y Santiago Coatepec, en los municipios Caltepec y Zapotitlán Salinas (Figura 1-1). Se encuentra entre 1800 y 2000 m.s.n.m., y sus coordenadas son: N 18°10'; W 97°30' (Morán-Zenteno, 1986). La localidad tipo se encuentra en las faldas del Cerro Matzitzi (Aguilera, 1896).

B. Relaciones tectónicas

Un Complejo Basal Cristalino, constituido por el Complejo Daxaqueño



FIGURA 1-1: Mapa general de México, en el que se indica la localización del estado de Puebla. Mapa del estado de Puebla, en cuyo extremo Sur se indica la localización aproximada de los afloramientos de la Formación Matzitzzi (recuadro negro).

del Terreno Oaxaca (o Zapoteco), y según la mayoría de los autores, también por el Complejo Acatlán del Terreno Mixteco, subyacen a la Formación Matzitzi.

Varios autores (De Cserna, 1970; Pacheco & Ortiz, 1983; Torres, et al., 1983; Ortega-Gutiérrez, 1978, 1981a y 1981b; Ramírez, 1984 y Morán-Zenteno, 1986) sugieren que la Formación Matzitzi sobreyace en discordancia erosional a los Complejos Acatlán y Oaxaqueño. Sin embargo, Bermúdez y colaboradores (1986 y 1987), así como autores citados en el segundo trabajo consideran que la Formación Matzitzi sobreyace solamente al Complejo Oaxaqueño, y que está en contacto tectónico con el Complejo Acatlán.

Sobreyaciendo a la Formación Matzitzi se encuentra una unidad de conglomerados rojos sin nombre (Lechos Rojos), que se ha considerado como perteneciente a la Fm. Huizachal del Triásico (Hernández, 1980) o a la Fm. Tecomazuchil del Jurásico Medio (Centeno-García, según Ortega Gutiérrez y Corona-Esquivel, com. pers., 1989). El conglomerado rojo a su vez subyace transicionalmente a una secuencia marina con fauna del Cretácico Inferior (Valaginiano; Castro-Mora & Pacheco-Gutiérrez, 1986, en Morán Zenteno, 1986), que forma la base de la Fm. Zapotitlán.

La Figura 1-2 muestra un mapa geológico general para la región.

C. Litología

Morán-Zenteno (1986) estudió la sección completa de la Formación Matzitzi, que aflora a lo largo del Río Coatepec. Menciona que está constituida por tres miembros:

a) inferior, de aproximadamente 250 m, formado por arcosa y litarenita intercaladas, con capas de limolita y lutita, intervalos carbonosos y abundantes restos de plantas fósiles.

b) medio, constituido por aproximadamente 100 m de conglomerado formado principalmente por fragmentos de gneiss.

c) superior, representado por capas gruesas de arcosa y litarenita con

MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE LOS REYES METZONTLA-COATEPEC

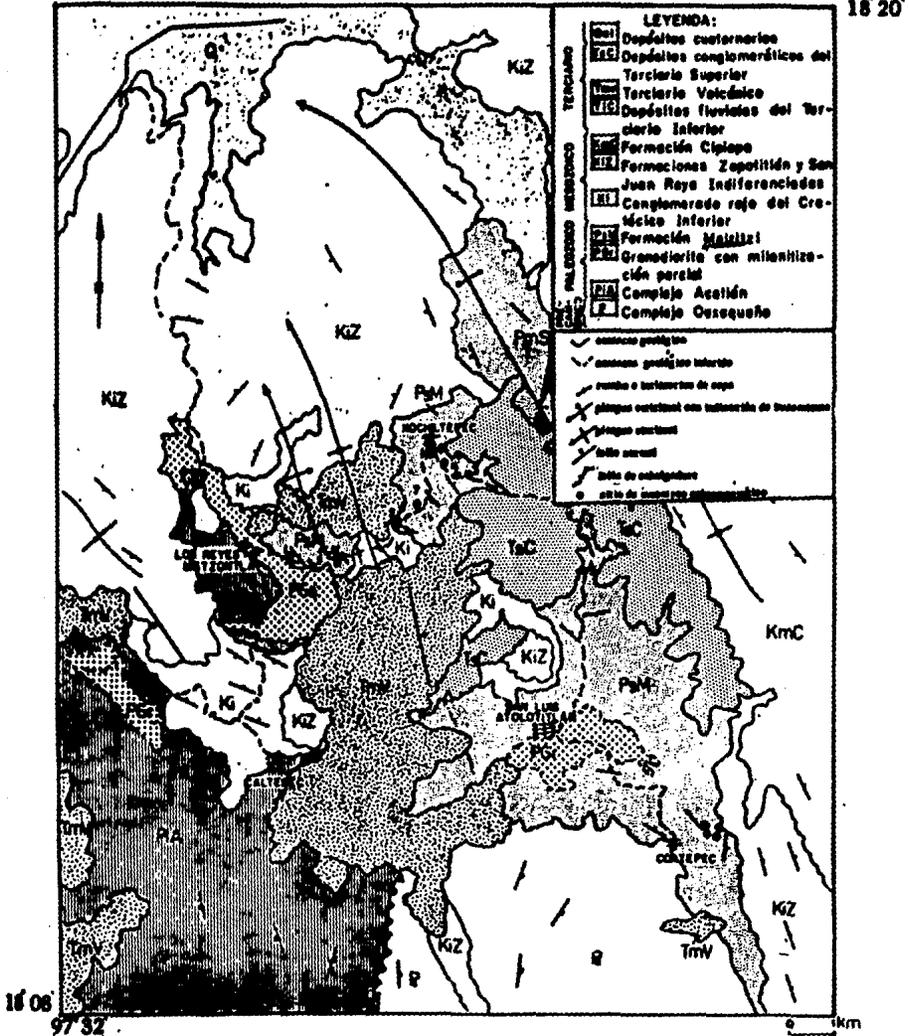


FIGURA 1-2: Mapa geológico de reconocimiento del área de Los Reyes Metzontla-Coatepec. Cartografía geológica por D. J. Morán Zenteno, 1986.

intercalaciones delgadas de limolita y lutita.

Las secciones de la Formación Matzitzi se encuentran plegadas y afectadas por intrusiones, por lo que el cálculo de su espesor total es difícil. Morán-Zenteno (1986) propone un espesor mínimo de 510 m.

Aunque varios autores han hecho descripciones litológicas de la Formación Matzitzi (v.gr. Calderón-García, 1956; De Cserna, 1970; Bermúdez, et al., 1987 y Morán-Zenteno, 1986), falta una integración de las secuencias locales en una secuencia estratigráfica completa, o la correlación de las secuencias locales con aquellas de otros sitios. Esto no es del todo sencillo, ya que la Formación está sumamente plegada y fallada. Centeno-García (1989, com. pers.) menciona que hay metamorfismo de muy bajo grado. En contraste, Wagner opinó que no hay metamorfismo (Weber, 1991, com. pers.). En la mayoría de los sitios donde aflora, las secuencias son más bien cortas, lo que dificulta la identificación y localización de estratos individuales en la secuencia general.

La necesidad de llevar a cabo estudios litológicos y estratigráficos detallados e integrativos para la Formación Matzitzi es una opinión generalizada.

D. Ambiente de Depósito

La presencia de moldes de plantas (Calamites sp.) in situ (Carrillo-Martínez y Martínez-Hernández, 1978), la observación por parte de Centeno-García y Weber de abundantes raíces fósiles in situ (paleosuelos) cortando los estratos, así como la observación por parte de la que escribe y Weber, de la base de un tronco de helecho cerca de San Francisco Xochiltepec, indica que al menos, parte de la Formación Matzitzi es continental, y no es un flysch, como antes se había sugerido (De Cserna, 1970).

Morán-Zenteno (1986) señala que las características petrológicas y estratigráficas de la Formación indican que la sedimentación se desarrolló probablemente en el marco de un complejo fluvial con depósitos

de llanura de inundación, de canal y de abanico fluvial en un clima cálido y sin variaciones estacionales.

E. Paleogeografía

Para el periodo Pensilvanico-Permico, Morán-Zenteno (1986) considera que gran parte del área del Terreno Mixteco era una plataforma marina de aguas cálidas y someras con comunicación al mar abierto. Hacia el Oriente, había una porción emergida con sedimentación fluvial, correspondiente a la Formación Matzitzi. La porción marina está representada por la Formación Los Arcos-Olinalá, en Guerrero. La línea de costa tenía dirección Norte-Sur, y estaba localizada aproximadamente en el límite con el Terreno Oaxaca (Morán-Zenteno, 1986).

Según las reconstrucciones paleogeográficas, la zona donde se encontraba la Formación Matzitzi durante la época de depositación corresponde al extremo SW de Laurasia, separada del paleocontinente de Gondwana por un mar estrecho (Scotese, et al., 1979).

V. Área de estudio y localidades

El material utilizado para este trabajo fue obtenido de las colectas provenientes de varias localidades de la Formación Matzitzi. La mayoría de las localidades están situadas cerca de Los Reyes Metzontla, San Francisco Xochiltepec y San Luis Atlotitlán (Figura 1-3).

A continuación se enumeran las localidades de colecta, su ubicación geográfica aproximada, los colectores y las fechas de recolección del material.

ZONA DE LOS REYES METZONTLA LRM

LRM-1: (18°13'11''N; 97°28'12''W) 2.3 Km E de Los Reyes Metzontla, sobre el camino a San Francisco Xochiltepec, lado meridional. Equivale a la 3ª localidad de Z. de Cserna, 1970. Colectores: E. Martínez-Hernández y M. Carrillo-Martínez, Biología de Campo, Facultad de Ciencias, UNAM, 1978.

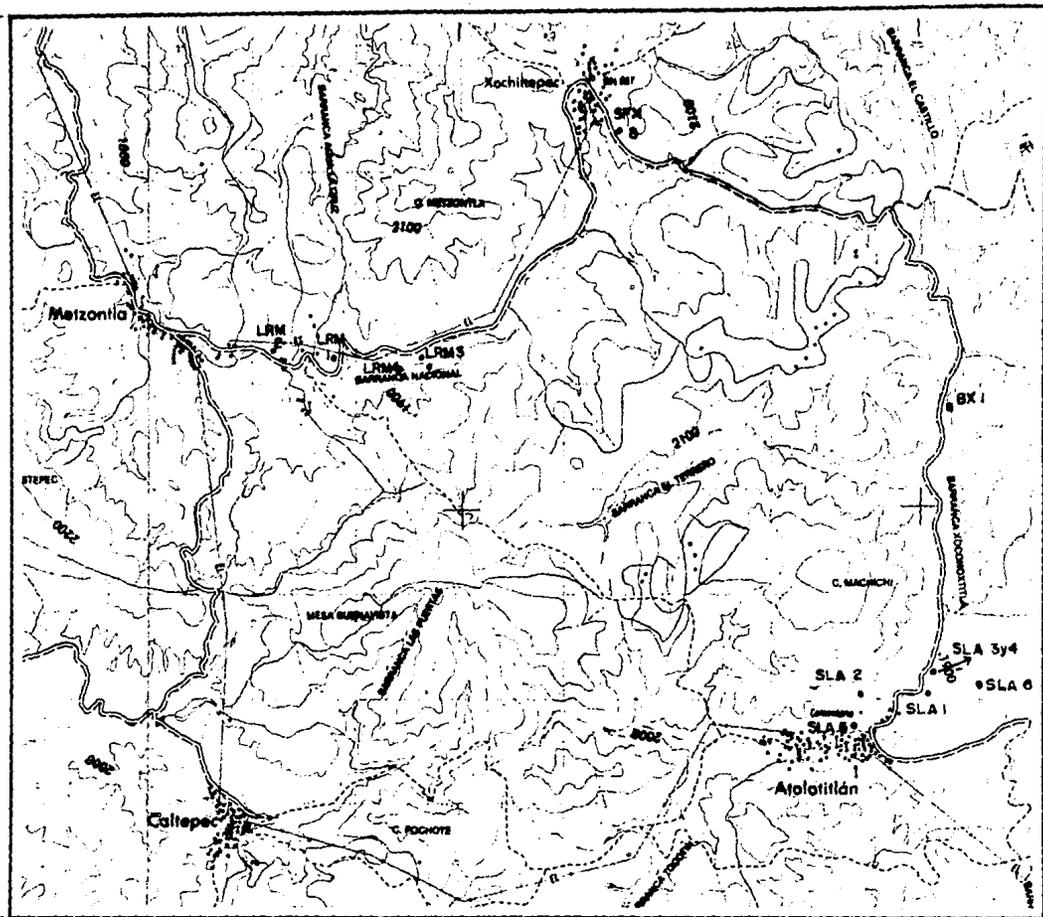


FIGURA 1-3: Localidades de colecta del material utilizado en el presente estudio. Las localidades se indican con las siguientes siglas, de acuerdo con el poblado o zona geográfica más cercano:

- LRM:** Localidades cercanas a Los Reyes Metzontla.
- SFX:** Localidades cercanas a San Francisco Xochiltepec.
- SLA:** Localidades cercanas a San Luis Atolotitlán.
- BX:** Localidad en la Barranca de Xoconoxtitla.

LRM-2: (18°13'17''N; 97°28'29''W) A la altura del Km 17.8 de la terracería hacia San Luis Atolotitlán, lado norte. Colectores: F. Sour-Tovar y S. Quiroz-Barroso. Materia de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1983.

LRM-3: (18°13'11''N; 97°27'43''W) 2.5 Km E de Los Reyes Metzontla. Lecho seco del río, lado norte. Colectores: P. García-Barrera. Materia de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1987. Personal del Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1988.

LRM-4: (18°13'09''N; 97°27'51''W) 100 m antes de la localidad anterior, lecho seco del río, lado sur. Colectores: Personal del Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, UNAM, 1988.

ZONA DE SAN FRANCISCO XOCHILTEPEC SFX

SFX-1 Localidades cercanas a San Francisco Xochiltepec, a lo

SFX-2 largo del arroyo de San Francisco. Colector: A.

SFX-3 Zambrano-García. Materia de Botánica III, Facultad

SFX-4 Ciencias, UNAM, 1979.

SFX-5: (18°14'19''N; 97°26'37''W) 24.15 Km sobre la terracería a San Luis Atolotitlán, lado W. Colectores: A. Zambrano García, materia de Botánica III, 1979. Personal del Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, y R. Weber, Instituto de Geología, UNAM, 1987 y 1988.

ZONA DE SAN LUIS ATOLOTLITLÁN SLA

SLA-1: (18°11'30''N; 97°24'57''W) Km 33.3 de la terracería a San Luis Atolotitlán, lado E, borde del arroyo. Colectores: R. Weber y R. Bracamontes, Instituto de Geología, UNAM, 1980.

SLA-2: (18°11'30''N; 97°25'18''W) Km 33.3 de la terracería a San Luis Atolotitlán, lado W. Colectores: R. Weber y R. Bracamontes, Instituto de Geología, UNAM, 1980. R. Weber y E. Centeno García, Instituto de Geología, 1985 y 1986. Personal del Museo de Paleontología, Facultad de

* El personal del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias son Francisco Sour-Tovar, Sara Quiroz-Barroso, Pedro García-Barrera y Susana Magallón-Puebla.

Ciencias y R. Weber, Instituto de Geología, UNAM, 1987 y 1988.

SLA-3: (18°11'36''N; 97°24'57''W) Antes de la localidad anterior, lado E del camino. Afloramiento en corte de carretera. Colectores: R. Weber y R. Bracamontes, Instituto de Geología, UNAM, 1980.

SLA-4: (18°11'36''N; 97°24'57''W) Material rodado sobre el camino; junto a localidad SLA-3. Colectores: R. Weber y R. Bracamontes, Instituto de Geología, UNAM, 1980.

SLA-5: (18°11'20''N; 97°25'20''W) Adelante del Km 33.3, lecho seco del río; lajas expuestas, lado E del camino. Colectores: R. Weber y E. Centeno García, Instituto de Geología, UNAM, 1985.

SLA-6: (18°11'31''N; 97°24'39''W) Km 33.3, lado W del camino, ladera de cerro. Colectores: Personal del Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias y R. Weber, Instituto de Geología, UNAM, 1988 y 1989. Los fósiles obtenidos de esta localidad no fueron empleados para los análisis estadísticos, sólo para la descripción de algunas especies.

ZONA DE BARRANCA DE XOCONOXITLA BX

BX-1: (18°12'56''N; 97°24'49''W) Antes de Barranca de Xoconoxtitla, lado E del camino. Colectores: E. Centeno García y R. Weber, Instituto de Geología, UNAM, 1985.

VI. Objetivos

El objetivo primario de este trabajo es la descripción detallada e identificación de las especies de helechos pecopteridios de la Formación Matzitzi. Después de su identificación (o descripción como especies nuevas), se podrá, como objetivo adicional, reconstruir su distribución paleogeográfica y su alcance estratigráfico en la Formación Matzitzi, lo que será elemento de juicio de gran valor para el posterior estudio estratigráfico detallado de la misma.

La gran abundancia de estos helechos en la Formación Matzitzi acentúa su potencialidad para determinar la afinidad paleofitogeográfica de la

flora.

Con miras a la descripción de las especies, se utilizará un método numérico con la finalidad de facilitar el manejo simultáneo de gran número de especímenes. Esto permitirá abarcar la variabilidad intraespecífica de los caracteres que se analicen.

Los caracteres que serán manejados estadísticamente se refieren a las dimensiones, proporciones y propiedades cuantitativas del follaje estéril y fértil. Los análisis estadísticos permitirán conocer el valor y la capacidad de ese tipo de datos para diferenciar y distinguir los helechos pteropteridios de la Formación Matzitzí.

CAPITULO 2 METODOLOGIA

El parecido en forma entre los helechos pectopteridios de la Formación Matzitzzi fue evaluado mediante un análisis de agrupamientos, preparado especialmente con miras a los requerimientos del presente estudio: asociar especímenes de acuerdo a su similitud en las variables consideradas.

El análisis estadístico, los cálculos matemáticos y el programa de computación necesarios para llevarlo a cabo fueron preparados en su totalidad por el Dr. Gustavo Valencia Ramirez, investigador del Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias, a quien se le agradece extensamente toda su ayuda.

I. Técnica del análisis matemático

Para los análisis estadísticos, las unidades básicas de estudio fueron pinulas maduras, estériles y fértiles de diferentes porciones de uña fronda. No fue posible considerar segmentos de mayores dimensiones, tales como pinas o frondas enteras debido al estado fragmentario del material fósil.

Los criterios bajo los cuales se eligieron las pinulas a medir fueron básicamente que éstas tuvieran un estado de preservación suficientemente bueno para permitir la observación de los caracteres a considerar, y que fueran especímenes completos, en los que se encontraran también bien tres o cuatro contiguas, así como el ráquis de último orden.

El número total de especímenes medidos fue 734. Algunas especies están más ampliamente representadas que otras, sin embargo, no se hizo un intento por reducir el número de unidades medidas para aquellas especies abundantes ya que, por un lado, para un estudio estadístico se recomienda usar tantos especímenes como sea posible (tomando en consideración las limitaciones impuestas por el programa de computación a utilizar), y por

otro, para evitar la reducción de la expresión de la variabilidad intraespecífica. Debido al modo en el que se calcula la similitud entre individuos o grupos (descrito adelante), el análisis utilizado no es afectado por estar algunas especies representadas más abundantemente que otras.

Caracteres Utilizados: Los caracteres son cada una de las variables medidas en cada unidad y comparadas para obtener el grado de semejanza entre el conjunto de unidades. Los caracteres comparados, definidos más adelante, se refieren a las dimensiones, proporciones y propiedades cuantitativas de las pinulas estériles o fértiles.

La cantidad de datos que es posible obtener de follaje fósil conservado por el proceso de impresión-compresión es limitada; más aún si el estado del material es fragmentario. Adicionalmente, ciertos caracteres son inadmisibles en un análisis numérico. Por tanto, el número de variables adecuadas y observables es pequeño.

Para cada análisis se utilizó un juego de cuatro variables (descritas adelante). En todos los casos, los datos son de tipo multiestado (cada carácter tiene tres o más estados), cuantitativos (cardinales o magnitudes, que miden relaciones cuantitativas en sentido estricto) y continuos (expresan cualidades cuya variabilidad se distribuye en una escala continua). En algunos casos, estos datos reflejan magnitudes directamente (longitud o anchura de las pinulas); en otros expresan relaciones de tamaño (longitud-anchura), o número de dicotomizaciones en las venas secundarias. En este último caso, el valor se expresa como una división entre dos datos discretos (Número de venas en el borde/Número de venas que salen de la vena media). El resultado de este cálculo es con frecuencia un número fraccionario.

En todos los casos, los caracteres tuvieron un valor semejante, es decir, a ninguno se le asignó mayor importancia que a los otros. Esto significa que no existió ponderación de caracteres.

Matriz Básica de Datos: En esta, cada renglón está ocupado por una unidad en particular, y cada columna es un carácter. Se preparó una Matriz Básica de Datos para cada uno de los análisis estadísticos. Sin embargo, por la extensión de éstas, no aparecen en este trabajo.

Debido a que se consideraron variables expresadas en distintas unidades, se realizó un procedimiento llamado estandarización, que consiste en calcular la dispersión de los datos para cada variable, y expresarlos en unidades de desviación estándar, uniformizando así posibles diferencias causadas por el uso de distintas escalas de magnitud.

Coefficiente de Similitud: Para calcular la semejanza entre cada par posible de unidades, evaluando simultáneamente las variables consideradas, se utilizó un coeficiente de similitud que mide la distancia euclidiana que separa a dos unidades (OTU) en un hiperespacio de n -dimensiones, donde n = número de variables consideradas. La distancia obtenida refleja inversamente la semejanza entre un par de unidades: cuando la distancia es pequeña, la semejanza es grande, y viceversa.

Se eligió un coeficiente de similitud basado en la distancia euclidiana entre dos unidades en un espacio fenético debido a que éste expresa con claridad el grado de similitud entre las unidades, y es además, sumamente sencillo. Este tipo de coeficientes son adecuados en estudios en los que los caracteres son de tipo multiestado continuos.

Matriz de Similitud: Los resultados obtenidos de la aplicación del coeficiente de similitud se ordenan en forma de tabla, constituyendo así a la matriz de similitud. En esta, las OTU ocupan tanto los renglones como las columnas, siguiendo el mismo orden en ambas, comparando así a cada OTU con el resto. En la matriz de similitud se expresa el grado de semejanza existente entre cada par posible de OTU.

En una primera etapa, se examina la matriz de similitud, y se evalúa

cuál par de OTU muestra el mayor grado de semejanza entre sí. Una vez identificadas, ambas se unen, formando un primer grupo. A continuación se calcula el valor promedio entre los caracteres de este par de OTU, y el punto obtenido en el hiperespacio por la ubicación de los valores promedio de cada uno de los caracteres será considerado como el valor del grupo. Este nuevo valor representa el "promedio" de las OTU que constituyen el grupo y se llama centroide.

Al asignar un valor de centroide a un grupo formado por dos OTU implica que en cada evento de fusión de OTU para formar un grupo, la matriz de similitud fue recalculada, obteniéndose matrices derivadas. La primera matriz derivada difiere de la original en que el grupo formado será considerado como unidad respecto a las restantes OTU, y su valor está dado por su centroide. La matriz derivada tiene un renglón y una columna menos que la matriz de similitud original, o que la matriz anterior inmediata, en el caso de matrices derivadas subsecuentes.

En las primeras etapas del proceso de agrupamiento, hay formación de grupos nuevos, o la incorporación de una OTU a un grupo preexistente, mientras que en las etapas finales, hay fusión de grupos, hasta que todos los grupos estén unidos en uno solo, que incluya a la totalidad de las OTU.

Análisis de agrupamientos: La relación de semejanza entre la totalidad de las unidades estudiadas se expresa mediante una técnica llamada Análisis de Agrupamientos (Cluster Analysis).

A partir de la matriz de similitud original y las derivadas, el programa elabora un listado que expresa secuencialmente los grupos de OTU que se van constituyendo, así como la distancia euclidiana entre cada par de OTU que constituyen al nuevo grupo del siguiente modo:

333) LOS GRUPOS QUE SE UNEN SON: 18 Y 31

CON UNA DISTANCIA 0

332) LOS GRUPOS QUE SE UNEN SON: 21 Y 156

CON UNA DISTANCIA 0

... etc., hasta llegar a un punto donde se fusionan los últimos dos grupos, constituyendo la agrupación final, que incluye a todas las OTU:

1) LOS GRUPOS QUE SE UNEN SON: 1 Y 2

CON UNA DISTANCIA 3.517013788223267

En cada una de estas "frases", el número inicial indica el número de grupos resultantes después del evento de agrupamiento indicado en la misma; los nombres de cada uno de los grupos están dados por el número de la OTU de menor denominación que integra a ese grupo en particular, y la cifra del renglón inferior indica la distancia euclidiana entre los centroides de ambos grupos. El listado muestra la secuencia de aglomeración de las OTU en grupos cada vez más inclusivos.

La homogeneidad en cada conjunto es inversamente proporcional al número de unidades que lo constituyen. Se considera que un nivel de agrupación es adecuado cuando los conjuntos constituidos tienen un nivel alto de homogeneidad intragrupo, y simultáneamente, un nivel alto de heterogeneidad intergrupala. Es la función del investigador determinar cuando se ha alcanzado este nivel, ya que en las primeras fases del análisis, cada grupo es internamente muy homogéneo, pero también hay un nivel alto de similitud intergrupala. Ocurre lo contrario en las etapas finales del agrupamiento, donde los últimos grupos son muy distintos entre sí, pero también suelen tener un grado muy alto de heterogeneidad interna.

El Análisis de Agrupamiento utilizado tiene las siguientes características:

Es de tipo aglomerativo, ya que comienza considerando a un número n de entidades separadas (= OTU) a las que va uniendo con base en la similitud entre ellas, constituyendo sucesivamente un número menor que n de grupos, hasta terminar con un solo conjunto, que agrupa a todas las entidades.

Es un método de tipo jerárquico, ya que origina grupos que tienen categoría, en los cuales las unidades o conjuntos de grupos subsidiarios forman parte de un grupo mayor o inclusivo.

Es un método de tipo no sobrelapante (o exclusivo), pues las unidades pertenecientes a algún grupo no pueden ser miembros de otro grupo de la misma categoría o nivel.

La técnica utilizada es secuencial: cada grupo es formado uno por vez hasta que se agota el conjunto total.

También es un Método de Grupo-Par (Pair-Group Method); una sola unidad o conjunto de unidades puede ser admitida como parte de otro grupo a un determinado nivel.

De acuerdo al modo en el que nuevas unidades se incorporan a un agrupamiento preexistente, se utilizó el método de Ligamiento Promedio (Average Linkage), donde el valor de comparación de un grupo está dado por el promedio de los estados de carácter de las unidades que lo constituyen (centroide).

En este análisis, al considerar la existencia de un centroide, tienen igual importancia la OTU o el grupo que se van a fusionar, y el grupo preexistente que lo va a recibir. Esto significa que las OTU o grupos que se fusionan tienen igual importancia, independientemente del número de unidades que constituyan a cada uno.

Cuando se usan centroides puede ocurrir un fenómeno llamado reversión: una OTU o grupo se une a un grupo preexistente a un nivel de similitud menor al que este último se constituyó.

Representación de la distribución de las unidades estudiadas: Los resultados de los análisis de agrupamientos se expresaron en forma de dendrogramas. En los dendrogramas, los valores de similitud están expresados en unidades propias para cada estudio, y no son comparables a los valores de otros análisis. También es posible expresar el valor de similitud como un porcentaje, en el que el 100% corresponde a la máxima

distancia euclidiana de separación entre dos centroides.

II. Análisis estadísticos y variables utilizadas.

El total de formas de helechos pecopteridios de la Formación Matzitzí se dividió en tres conjuntos, cada uno de los cuales con un tipo particular de follaje, cada uno fue analizado por separado:

1. Follaje estéril con venas laterales rectas.
2. Follaje fértil con hileras de sinangios continuas.
3. Follaje fértil con venas laterales cóncavas y follaje fértil con hileras de sinangios discontinuas.

Los conjuntos 1 y 2 agrupan follaje estéril y fértil respectivamente; aunque ambos incluyen fases distintas de tres especies, fueron separados debido a que el agrupar fases estériles con fértiles impide la utilización de caracteres clasificatorios que no sean comunes a ambas (tales como aquellos relacionados con la venación, ya que ésta no se puede observar en el follaje fértil).

La asignación de fases estériles y fértiles a una misma especie se hizo con base en la conexión orgánica entre ambas en las muestras fósiles.

El grupo 3 incluye follaje de especies relacionadas a Pecopteris unita, que tienen venas secundarias simples, en forma de U, y sinangios en hileras discontinuas en las fases fértiles. Ambos tipos de follaje han sido encontrados en conexión orgánica, lo cual indica que pertenecen al menos a una misma especie biológica. En estas especies, los caracteres evaluados pueden medirse sin importar el estado reproductivo del follaje.

Variables utilizadas:

La manera en que se midieron algunas variables aparece ilustrada en la Figura 2-1.

1. Análisis para follaje estéril con venas laterales rectas.

- i. Longitud de la pinula: medida desde la base hasta el ápice de la pinula, al nivel de la vena media.
- ii. Anchura de la pinula: tomada a la mitad de la longitud total de la pinula, perpendicularmente al eje longitudinal de la pinula o de la vena media.
- iii. Longitud - anchura: expresión que refleja la relación entre las dos variables anteriores, implicando el tamaño absoluto de la estructura.
- iv. Número de venas en el borde de la pinula/Número de venas que salen de la vena media: indican cuantas veces se dicotomizan las venas laterales. Se considera sólo un lado de cada pinula.

2. Análisis para follaje fértil con hileras de sinangios continuas.

- i. Longitud de la pinula: desde la base hasta el ápice, medido por la parte central de la pinula.
- ii. Anchura de la pinula: tomada a la mitad de la longitud total de la pinula, perpendicularmente a su eje longitudinal.
- iii. Distancia ocupada por las bases de 4 pinulas contiguas: indica la anchura de las pinulas, la separación existente entre pinulas contiguas, así como la posible diferencia en anchura de las pinulas entre la base y la zona media.
- iv. Longitud - anchura: indica las proporciones de las pinulas, tomando en cuenta su tamaño absoluto.

3. Análisis para follaje estéril con venas laterales cóncavas y follaje fértil con hileras de sinangios discontinuas.

- i. Longitud de la pinula: medida sobre la parte central de la pinula.
- ii. Distancia entre las venas medias de dos pinulas contiguas: esta

variable fue elegida como un acercamiento al valor de anchura de la pinula. Debido a que con frecuencia las pinulas están fusionadas lateralmente, no es posible medir directamente su anchura.

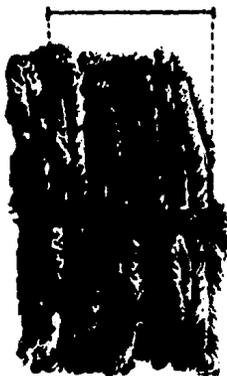
- iii. Distancia entre las bases de cinco venas medias contiguas: esta variable es un acercamiento al valor de "Distancia ocupada por las bases de cuatro pinulas", que por las mismas razones que en (b), no puede medirse directamente.
- iv. Longitud - Distancia entre dos venas medias contiguas: indica las proporciones de las pinulas, considerando su talla absoluta.



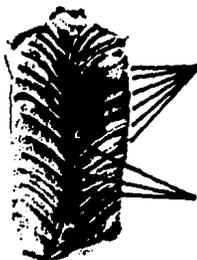
Longitud de la pínula



Anchura de la pínula



Distancia entre las bases de
cuatro pínulas contiguas



Venas en el borde
de la pínula

Venas que salen
de la vena media



Distancia entre cinco venas medias
contiguas



Distancia entre venas medias
de dos pínulas contiguas

FIGURA 2-1: Se ilustra la manera en que se midieron las variables utilizadas.

CAPITULO 3
PALEOBOTANICA SISTEMATICA

Independientemente del agrupamiento numérico, los helechos pecopteridios de la Formación Matzitzi fueron agrupados de la manera tradicional, con base en características cualitativas, formando grupos candidatos para ser considerados como especies.

Al final de la descripción de cada especie se ponen los datos cuantitativos de la misma. Esos datos fueron obtenidos a partir de los datos individuales de los especímenes utilizados para hacer la descripción correspondiente. Tales datos son independientes de aquellos de los grupos obtenidos de los análisis de agrupamientos.

Además de las especies de Pecopteris Brongniart (sensu Wagner), se describen dos especies de Marattiales cuya afinidad aún no es clara, a diferencia de las dos formas de Fasciopsis Gu & Zhi, que también se incluyen.

En muchos casos se ha seguido la costumbre de llamar al follaje estéril por el nombre genérico del órgano reproductor con el que ha sido encontrado en asociación orgánica. Este procedimiento no se adopta en esta tesis, ya que el material de la Formación Matzitzi contiene únicamente impresiones de las frondas, mientras que para la identificación de la gran mayoría de los géneros de helechos pecopteridios fértiles se requiere material preservado con estructura anatómica.

En las especies donde se conocen las fases reproductivas, la fronda estéril y la fértil se describen por separado. Para nombrar a estas especies, se pone el nombre del sinangio (de material en compresión-impresión) en paréntesis después del género-forma: Pecopteris (Asterotheca) sp.

Al final de la descripción de cada especie de la Formación Matzitzi, se hace una comparación con especies con las que tiene semejanza. Se

enlistan las especies con las que se hizo la comparación, el autor, año y obra consultada.

Las especies que no pudieron asignarse a alguna especie previamente conocida, son referidas con el nombre de la especie a la que más se parecen, anteponiendo la abreviación "cf." (confer), que indica similitud general. Convencionalmente, la inicial del género es repetida después de "cf." (por ejemplo, Pecopteris cf. P. melendezi), ya que el epíteto específico no existe por sí solo. Sin embargo, en algunos casos se usa la forma corta: Pecopteris cf. melendezi. En este trabajo se utilizará la forma corta.

División: Pteridophyta
Orden: Marattiales

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis (Schenk) Potonié sp. 1
Láminas 1 y 2

i. FASES ESTERILES: Lámina 1; Figuras 1 a 8.

Descripción

Frondas al menos bipinadas. Ráquis de penúltimo orden de 3 a 5 mm de ancho. En algunos casos hay una costilla longitudinal de grosor variable (Figura 1).

Pinas de último orden insertas al ráquis bajo ángulos promedio de 64°. Ráquis de último orden no decurrentes; aproximadamente de 1.8 mm en la zona de inserción, adelgazándose gradualmente hacia la parte distal, con una costilla longitudinal central. Apice de la pina constituido por una pinula apical independiente muy corta y ancha, de forma romboidal, con bordes rectos (Figura 1). El ráquis llega a la base de la pinula apical, y se descompone en numerosas venillas laterales.

El primer par de pinulas laterales son independientes de la apical. Las pinulas están separadas entre sí desde su base, y por lo general no

quedan espacios entre ellas. Son de tamaño y proporciones uniformes, siendo las de porciones apicales más cortas. El rquis de último rden tiene anchura promedio de 1.3 mm.

Pinulas insertas al rquis con un ángulo aproximado de 75; más agudos distalmente; bordes rectos y paralelos, aún entre las pinulas distales. Apices redondeados oblicuos. sólo a veces un poco agudos (Figuras 5 y 3 respectivamente). Pinulas separadas lateralmente de las vecinas hasta el rquis. Bases generalmente rectas, a veces la basiscópica ligeramente decurrente y la acrospica un poco constricta (Figura 1). La relación de longitud/anchura (= L/A) es de 1.9 en promedio.

La vena media se separa de la costilla longitudinal del rquis con una curvatura pronunciada. Sigue un curso recto hacia la parte apical de la pinula y cerca del ápice se descompone en venas laterales a veces dicotomizadas.

Venas laterales una vez bifurcadas, las más distales en la pinula son simples. La bifurcación se produce en una regin muy cercana a la vena media (Figuras 4 y 5), a veces entre las venas distales, la bifurcación es más lejana de la vena media (Figura 3). La porcin antes de la dicotomia es ascendente; el derivado acrospico continúa la curvatura de la parte basal o es recto. El derivado basiscópico va de recto hasta ligeramente cncavo. La divergencia entre ambos derivados es amplia.

Las venas laterales se separan de la vena media bajo ngulos abiertos; siendo más agudos en las venas distales. La densidad de venación promedio es de aproximadamente 21 venas en el borde de la pinula por centimetro (= V.b./cm).

Características Cuantitativas:

Número de especímenes de Pecopteris cf. orientalis sp. 1 estériles utilizados para el análisis estadistico y la descripción morfológica: 42.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b.\V.l. * (mm)
Valor Máximo	7.6	4.0	4.4	2.2
Valor Mínimo	3.2	2.0	1.2	1.09
Media	5.55	2.91	2.64	1.80
Desv. Est.	0.78	0.42	0.72	0.19

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-1	4	9.5%
SFX-1	1	2.4%
SFX-4	1	2.4%
SFX-5	35	83.3%
SLA-2	1	2.4%

ii. FASES FERTILES: Lmina 2; Figuras 1 a 9.

Descripción

Fronδας cuando menos bipinadas. Rquis de penúltimo rden desde 2.5 mm hasta 16.5 mm, con una media de 7.1 mm. Muestran costilla longitudinal central de grosor mediano y no siempre evidente (Figuras 1 y 5).

Bases de las pinas de último rden no decurrentes y separadas de las contiguas por distancias desde 12 mm hasta 18 mm; las pinulas de pinas contiguas no se tocan, y éstas últimas están insertas al rquis bajo ngulos desde 53° hasta 87°, con 69° en promedio. Son subopuestas, subalternas o alternas.

Rquis de último rden con 1.4 mm de ancho en promedio, con un surco fino o mediano longitudinal central (Figuras 2, 3, 4 y 8). Pinulas de tamaño homogéneo, sólo las subapicales más cortas. Pinula apical redondeada y ensanchada perpendicularmente al eje longitudinal de la pina. Esta estructura es completamente independiente de una de las pinulas del primer par lateral y fusionada con la base de la otra pinula, aunque ambas estn diferenciadas (Figura 4). Rquis de último rden llega sólo a la base de la pinula apical. Puede haber sinangios sobre la pinula apical. El ápice de la pina es bruscamente atenuado (Figuras 2, 3 y 4).

* Las variables cuantitativas son explicadas en el capítulo de metodología.

Pinulas insertas al rquis bajo ngulos de 70° en promedio; que se mantienen en pinulas distales. La relación L/A es de 2.2 en promedio.

Pinulas atenuadas; de cortas y relativamente anchas, a un poco alargadas. Bordes rectos, a veces el basiscópico ligeramente convexo (Figura 3), y convergentes acropetamente, sobre todo entre las pinulas distales. Apices atenuados y ligeramente redondeados; bases rectas, o la basiscópica un poco decurrente; separadas por completo de las contiguas, o ligeramente confluentes, sobre todo en las subapicales. Los espacios entre pinulas vecinas aparecen desde la zona del rquis, donde son muy estrechos, y distalmente son más amplios. A veces no hay separación entre las pinulas a nivel del rquis, sino en niveles más distales.

Pinulas fértiles en todas las regiones de la pina; aún el ápice. Sólo ocasionalmente hay pinulas estériles y fértiles ocupando la misma pina (Lamina 1, Figura 8).

Sinangios dispuestos uno junto al otro, constituyendo hileras continuas. Cada pinula fértil con dos hileras longitudinales de sinangios, cada una sigue el contorno de uno de los márgenes de la pinula. Sinangios ubicados inmediatamente internos al mrgen sin dejar espacio libre, a menos de que sean muy pequeños (inmaduros).

Hileras de sinangios desde la base hasta el ápice de la pinula, quedando un espacio de separación muy reducido entre las dos filas de sinangios en el ápice de la pinula. Las hileras siguen el contorno de la base de la pinula: pueden ser rectas, ligeramente decurrentes o confluentes. Las filas de sinangios estn completas, por lo que no se puede inferir la dirección de su desarrollo en la pinula.

El número de esporangios en cada sinangio es poco evidente. Cuando los sinangios conservan su posición original respecto a la lmina de la pinula, los esporangios aparecen dispuestos alrededor de una cavidad central.

Características Cuantitativas

Número de especímenes de Fecopteris (A.) cf. orientalis sp. 1 fértiles que fueron usados para el análisis estadístico y la descripción morfológica: 85.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	D4p mm (mm)	L - A (mm)
Valor Máximo	7.4	3.6	16.0	5.0
Valor Mínimo	3.6	1.8	9.0	1.0
Media	5.73	2.67	12.60	3.07
Desv. Est.	0.83	0.36	1.36	0.85

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
SFX-5	84	98.8%
BX-1	1	1.2%

Comparación con especies parecidas

1927 Fecopteris (Asterotheca) orientalis (Schenk) Potonié. HALLE: p. 73-77; lám. 16 (1-7?, 8-9); lám. 17 (1-5). Pérmico (Superior), Shanxi Central, China.

Fecopteris (Asterotheca) orientalis (Schenk) Potonié tiene similitud con la especie descrita para la formación Matzitzi. Esta similitud radica en el ángulo de inserción de las pinas de último orden y de las pinulas, en la forma general y proporciones anchas de las pinulas, en las venas secundarias una vez bifurcadas, con la división ubicada a una distancia muy corta de la vena media. Las pinulas fértiles tienen márgenes ligeramente convergentes y hay interespecios estrechos entre vecinas.

A pesar del parecido superficial, hay diferencias que indican que son especies distintas. En F. (A.) orientalis las pinas de último orden son más extensamente atenuadas, hay una pinula apical triangular fusionada a las laterales; el aumento basipeto de tamaño de las pinulas laterales en las pinas es muy gradual. A veces hay interespacios marcados entre pinulas contiguas, y éstas son de mayor tamaño; pueden ser decurrentes o confluentes y a veces el margen anádromo es basalmente constricto y con

un abultamiento, o convexo. Los ápices son menos oblicuos. Las pinulas a veces son ligeramente falcadas y un poco heterogéneas entre sí. Las venas laterales son claramente ascendentes u oblicuas, formando ángulos obtusos con el margen de la pinula. Las pinulas son proporcionalmente más anchas que aquellas de la especie de Matzitzi.

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis sp. 1 tiene un parecido grande con P. (A.) cf. orientalis sp. 2, descrita a continuación. Hay semejanza mayor entre estas dos, que entre cualquiera de ellas y la especie descrita e ilustrada por Halle (1927).

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis (Schenk) Potonié sp. 2
Láminas 3 y 4

1. FASES ESTERILES: Lámina 3; Figuras 1 a 10.

Descripción

Fronδας al menos bipinadas. Râquis de penúltimo orden desde 3 hasta 7 mm de ancho, con 5 mm en promedio. En tres de ellos hay una costilla longitudinal gruesa, y en otro hay estriaciones longitudinales paralelas. Finas de último orden alternas o subalternas, separadas de las vecinas y las pinulas respectivas no se tocan.

Râquis de último orden no decurrentes, insertos bajo ángulos de 64° en promedio, de anchura uniforme en toda su longitud, con una media de 1.4 mm. Hay costilla longitudinal central mediana y estriaciones paralelas poco evidentes (Figuras 7, 8, 9 y 10). Pinulas de tamaño homogéneo y por lo general sin interespacios.

Apice de la pina cortamente atenuado. Pinula apical redondeada a ligeramente aguda, basalmente forma lóbulos pronunciados a cada lado, que constituyen el primer par de pinulas laterales (Figura 4). Râquis de último orden alcanza la base de la pinula apical y distalmente se descompone constituyendo conjuntos de venas laterales. El primer par de

pinulas laterales son más cortas que el resto y pinulas situadas inmediatamente hacia la base son totalmente independientes.

Pinulas subopuestas, subalternas, y a veces alternas; insertas bajo ángulos en promedio de 75°. Bordes laterales siempre rectos y paralelos; separados de los de pinulas vecinas hasta la zona del raquis o muy levemente confluentes. Sólo a veces hay espacios estrechos entre éstas, por lo regular no los hay. Bases rectas, o la basiscópica un poco decurrente y la acroscópica ligeramente constricta. Apices de redondeados obtusos a truncados. La relación L/A es de 1.9.

La vena media parte de la costilla longitudinal del raquis con una curvatura fuerte. A veces ligeramente decurrente; sigue curso recto hasta cerca del ápice, donde se ramifica constituyendo venas laterales.

Venas laterales por lo regular una vez bifurcadas. A veces las más distales simples y ocasionalmente con una o dos bifurcaciones de segundo nivel.

La dicotomía de las venas laterales es próxima a la vena media, o encima de ésta. Antes de la bifurcación, la vena es ascendente (Figuras 5, 8 y 9); esta porción basal es sumamente reducida (Figuras 6 y 7). El derivado acroscópico es convexo; el basiscópico es levemente cóncavo, recto, o ligeramente convexo. Estas diferencias aparecen en venas secundarias de la misma pinula (Figura 5).

Rara vez venas laterales con una o dos dicotomías de segundo nivel. Venas con una sola dicotomización de segundo nivel (estado de 3 terminales) ubicadas en las zonas basales de las pinulas, sólo a veces situadas en partes medias o apicales, por lo general aisladas, rodeadas por venas una vez bifurcadas. Las venas secundarias con dos dicotomizaciones de segundo nivel (estado de 4 terminales) siempre son proximales.

La primera dicotomización de segundo nivel se produce en el derivado acroscópico de la primera dicotomización, en una zona correspondiente a

media distancia entre la vena media y el borde de la pinula, o ligeramente más próximo a la vena media. Ambos derivados secundarios son convexos paralelos, o el basiscópico es recto (Figuras 8 y 10).

Cuando hay dos bifurcaciones de segundo nivel, ambos derivados de la primera ramificación se bifurcan, produciendo así un estado de 4 terminales simétrico, correspondiente al descrito por Wagner (1959a) para el género Polymorphopteris*. Ambas bifurcaciones de segundo nivel se forman aproximadamente a media distancia entre la vena media y el borde de la pinula, o un poco más cerca del borde. Los derivados acroscópicos son convexos y los basiscópicos rectos o levemente cóncavos (Figura 10). Las pinulas con venas secundarias dos o más veces bifurcadas se encuentran en zonas medias o apicales de la pina.

La densidad de venación es aproximadamente 15 V.b./cm.

Características Cuantitativas:

Número de especímenes de Pecopteris cf. orientalis sp. 2 estériles usados en el análisis estadístico y la descripción morfológica es 47.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b./V.1
Valor Máximo	13.2	6.2	7.2	2.17
Valor Mínimo	4.4	3.0	1.0	1.43
Media	8.54	4.44	4.10	1.89
Desv. Est.	1.75	0.90	1.24	0.16

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-2	4	8.5%
LRM-3	1	2.1%
LRM-4	3	6.4%
SFX-3	2	4.3%
SFX-5	1	2.1%
SLA-1	4	8.5%
SLA-2	26	55.3%

* A diferencia del género Lobatopteris Wagner, 1959b, en el cual el derivado proximal de la dicotomía de segundo nivel se bifurca, produciendo así una dicotomía de tercer nivel, y alcanzando un estado de cuatro terminales asimétrico.

SLA-4
BX-1

5
1

10.6%
2.1%

ii. FASES FERTILES: Lamina 4; Figuras 1 a 8.

Descripción

Fronδας al menos bipinadas. Râquis de penúltimo orden con anchura promedio de 7.2 mm. Hay una costilla central gruesa, o estriaciones longitudinales finas. Pinas de último orden no decurrentes, separadas por 14 mm hasta 22 mm; sus pinulas no tocan las de pinas contiguas, insertas al râquis bajo ângulos en promedio de 80°. Son alternas o subalternas.

Râquis de último orden con una anchura promedio de 1.5 mm, adelgazándose muy poco acropetamente. Hay una vena longitudinal central, o estriaciones finas. A veces la superficie aparece lisa o con rugosidades o punteaduras muy ligeras. Pinulas de longitud homogénea, casi sin separaciones laterales. Sólo distalmente son más cortas. Apice con pinula apical independiente, corta y redondeada, o alargada con âpice redondeado. En este último caso, es ligeramente asimétrica, o está, inclinada lateralmente (Figuras 4, 7 y 8). Râquis de último orden llega a la base de esta estructura.

Pinulas insertas bajo ângulos de 69° en promedio. Son de forma un poco variable: las del primer tipo con âpices redondeados o un poco agudos; bordes laterales rectos; paralelos o ligeramente convergentes hacia el âpice, bases rectas, ocasionalmente la basiscópica ligeramente decurrente. A veces la separación lateral entre pinulas contiguas no alcanza el râquis. Estas pinulas son de aspecto similar al de las pinulas estériles de la especie.

Las del segundo tipo con bordes convergentes, âpices un poco agudos o muy ligeramente redondeados, bases rectas, separadas de las contiguas hasta el râquis o levemente confluentes. Hay espacios entre pinulas contiguas; en la zona de la base sumamente estrechos o ausentes, y distalmente son más pronunciados, debido a la disposición de los bordes.

El ángulo de inserción de estas pinulas es por lo general más cerrado que entre las pinulas con bordes paralelos o entre las estériles; además, son más estrechas y agudas que las anteriores.

La relación L/A es en promedio de 2.1.

Puede haber pinas totalmente fértiles, o las pinulas fértiles pueden ocupar sólo las porciones proximales de la pina, o las porciones medias y distales.

Sinangios dispuestos uno junto al otro, constituyendo hileras continuas, una a cada lado de la vena media. Tienen posición intramarginal, o un poco más interna. Los sinangios de mayores dimensiones están a medio camino entre la vena media y el margen, quedando un espacio libre entre los sinangios y el borde de la pinula.

Hileras de sinangios rectas, van desde la base de la pinula hasta la zona en la que los márgenes empiezan a aproximarse para constituir el ápice. Sólo en unos cuantos casos las hileras de sinangios se extienden distalmente a esta zona, siguiendo el contorno del margen. A veces, las filas de sinangios están incompletas, encontrándose sólo en la región basal de la pinula, por lo que el desarrollo de las hileras de sinangios es acrópeto.

Cuando los sinangios conservan su posición original, se distinguen aproximadamente 5 esporangios dispuestos radialmente, aparentemente alrededor de una cavidad central. En otros casos, los sinangios están doblados, y se les ve lateralmente.

Características Cuantitativas

Se utilizaron 86 especímenes de Fecopteris (A.) cf. orientalis sp. 2 fértiles para el análisis estadístico y para la descripción.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	D4p mm (mm)	L - A (mm)
Valor Máximo	11.6	5.2	23.6	8.0
Valor Mínimo	4.0	2.4	10.0	1.4
Media	7.76	3.72	17.37	4.04
Desv. Est.	1.58	0.69	2.64	1.44

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-2	5	5.8%
LRM-4	5	5.8%
SFX-5	3	3.5%
SLA-1	1	1.2%
SLA-2	59	68.6%
SLA-3	7	8.1%
SLA-4	6	7.0%

Comparación con especies parecidas

1927 Pecopteris (Asterotheca) orientalis (Schenk) Potonié. HALLE: p. 73-77; *lan.* 16 (1-7?, 8-9); *lan.* 17 (1-5). Périco (Superior), Shansi Central, China.

La especie descrita para la Formación Matzitzi tiene similitud sólo con Pecopteris (Asterotheca) orientalis (Schenk) Potonié. El parecido radica en la forma general, tamaño y disposición de las pinulas, en las características de la venación, en la forma y tamaño de las pinulas fértiles, y en el tipo de sinangios.

Sin embargo, en Pecopteris (A.) orientalis (Schenk) Potonié el ápice de las pinas de último orden es más alargado; las pinulas son de longitud un poco menor; con frecuencia hay espacios (pequeños) entre estas. Las pinulas más pequeñas tienen márgenes acropetamente convergentes. En algunos casos, son ligeramente falcadas, o el lado superior a veces es ligeramente convexo. Ocasionalmente, la base anádroma de la pinula es constricta. Aunque la venación es similar, en algunos casos la vena media está arqueada hacia adelante. Las venas laterales presentan bifurcaciones de segundo nivel con mayor abundancia que las de la Formación Matzitzi, y pueden tener venas laterales que salen de la porción decurrente de la vena media. En las pinulas fértiles, las hileras de sinangios son más

extensas.

Las fases estériles de Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 2 fueron colectadas e identificadas con anterioridad como Pecopteris anderssonii Halle (Silva-Pineda, 1970; pag. 13-14; lam. 2; lam. 3, figs. 1, 3, 4; lam. 4, figs. 1, 2; lam. 14, figs. 1, 2). Sin embargo, la especie de Halle presenta pinulas usualmente falcadas y con bordes lobulados, vena media decurrente y venas laterales finas y abundantes que se dicotomizan mas de una vez. Estas características están ausentes en el material de la Formación Matzitzi.

Pecopteris orientalis (Schenk) Potoniè es parecida a dos especies distintas de la Formación Matzitzi, mismas que a su vez son semejantes entre si. A pesar del parecido general en forma y tipo de venación, ambas han sido interpretadas como especies distintas; las razones se exponen en el capítulo de Discusión.

Pecopteris cyathea (von Schlotheim) Brongniart
Lámina 5; Figuras 1 a 15.

Descripción

Frondas al menos bipinadas. Ráquis de penúltimo orden de 2.5 mm a 7 mm de anchura. A veces con una costilla longitudinal recta y gruesa, o estriaciones débiles. Finas de último orden opuestas o subopuestas, no decurrentes, separadas de las contiguas por 11 a 14 mm; las pinulas de pinas vecinas no se tocan, o sólo ligeramente cerca del ápice de la fronda.

Ráquis de último orden insertos bajo ángulos en promedio de 55°, pero más agudos acropetamente. Tienen 1 mm de grosor en promedio; sólo se adelgazan un poco distalmente. A veces hay una costilla longitudinal fina, o estriaciones muy delgadas (Figura 7).

Pinulas con longitud relativamente uniforme. No hay espacios entre las

pinulas medianas o grandes, o son muy estrechos, pero presentes entre las pequeñas.

Par de pinulas basales en cada pina insertas bajo ángulos más abiertos, y son de mayor tamaño que el resto, siendo más notorio en la pinula basiscópica. A veces su lámina cubre parcialmente al râquis (Figura 10).

Apice de la pina con una pinula apical redondeada o ligeramente alargada; a veces confluyente con el primer par de pinulas laterales, o con lóbulos profundos, que representan las primeras pinulas laterales (Figuras 4, 5 y 6). El râquis llega cerca del ápice de la pinula apical; a partir de éste se desprenden basipetamente venas laterales simples y sistemas laterales sin vena central dominante (vena media). Las pinulas laterales confluentes son vascularizadas por una vena media con laterales simples. El primer par de pinulas independientes son más grandes que los lóbulos o pinulas confluentes con la apical.

Pinulas insertas bajo ángulos en promedio de 79° u 80° . Son de forma variable. En algunas, los bordes son rectos paralelos o ligeramente convergentes acropetamente. A veces, están curvados hacia el ápice de la pina; la pinula es ligeramente asimétrica, con la basiscópica un poco más ancha (Figura 14).

En otros casos, los bordes están curvados hacia el interior de la pinula; su porción media es más angosta que la distal y la proximal (Figura 8). Los ápices varían de ligeramente redondeados a agudos o acuminados. Las pinulas están separadas de las contiguas hasta el râquis; a veces las subapicales basalmente confluentes y ocasionalmente un poco decurrentes.

Algunas pinulas con bordes convergentes acropetamente. Bases confluentes o separadas entre pinulas vecinas. Apices redondeados o levemente agudos. Son más o menos triangulares y atenuadas. Hay separación lateral entre pinulas contiguas, es más estrecha basalmente,

ensanchándose distalmente (Figura 15).

Aunque se encuentran estas formas extremas, la mayoría de las pinulas son transicionales. La relación L/A es 2.5 en promedio.

Vena media recta; ocasionalmente un poco decurrente. Se adelgaza distalmente y cerca del ápice se ramifica, dando el par de venas secundarias más distales.

Venas laterales rectas y predominantemente simples; su inserción a la vena media varía en una misma pinula, siendo más cerrada entre las proximales o en las distales.

Las pinulas con bordes paralelos a veces con venas laterales bifurcadas dispersas entre las simples.

En algunos especímenes de tamaño grande, con bordes son paralelos y ápice redoneado o levemente agudo, las venas laterales bifurcadas son abundantes (Figuras 6 y 11). Las venas se dividen cerca de la vena media, pero en las pinulas apicales se dividen casi a medio camino entre la vena media y el borde. Los derivados de la bifurcación son rectos, o el acrocóptico levemente convexo y el basiscóptico un poco cóncavo. Las venas de porciones medias de la pinula se dicotomizan; las distales y el 1° y 2° par proximales son simples.

La densidad de venación promedio es aproximadamente 21 V.b./cm.

PORCIONES TERMINALES DE LAS FRONDAS:

Dos especímenes corresponden a la parte terminal de una fronda o pina de penúltimo orden (Figuras 12 y 13). Sólo uno fue analizado estadísticamente

En ninguno se observa el ápice. Ráquis de penúltimo orden de 4 mm de ancho proximalmente, adelgazándose acropetamente, donde solo tiene 1 mm de anchura: superficie rugosa, en la que no se distinguen costillas ni estriaciones.

Pinas de último orden insertas bajo ángulos entre 62° y 68°; opuestas a subalternas, y separadas por 12 mm en porciones proximales hasta 6 mm

en zonas distales. A veces, las pinulas de pinas contiguas se tocan (Figuras 12 y 13).

Finas de último orden aumentan basipetamente en longitud, desde 22 mm, hasta 50 mm en la última pina completa. Son atenuadas, con ápices redondeados, atenuados y bordes de aspecto crenado, debido a los ápices redondeados libres de las pinulas. Râquis de último orden con 1 mm de ancho, sin costillas ni estriaciones, pero a veces con rugosidades o punteaduras.

El par de pinulas basales en las pinas están insertas bajo ângulos más abiertos, y en uno de los especimenes son de longitud mayor que el resto, en especial la catâdroma. La fusión lateral entre las pinulas aumenta acropetamente, sólo quedando sus ápices libres, para luego presentar fusión lateral total. El âpice de la pina es atenuado y ligeramente redondeado. El râquis se extiende casi al âpice de la pina; aparentemente se descompone en venas laterales. La parte apical fusionada es proporcionalmente más extensa en las pinas distales.

Pinulas insertas bajo ângulos de 82° en promedio, con bordes rectos, paralelos o ligeramente convergentes hacia el âpice, sobre todo en las más pequeñas. No hay espacios entre pinulas, o son reducidos entre las pinulas con bordes convergentes. Apices de redondeados a ligeramente agudos; bases de pinulas medias y proximales con ligera confluencia, que es progresivamente más extensa entre las pinulas distales.

Vena media rectas que no llegan al âpice de la pinula. Venas laterales simples y rectas.

Las pinulas de mayores dimensiones que aparecen en estos especimenes son semejantes a las descritas para las fases maduras de esta especie. Por tanto, estos fragmentos han sido identificados como porciones terminales de frondas de esta especie. Ninguno de los especimenes correspondientes a esta especie ha sido encontrado en conexi3n orgânica con pinulas fértiles.

Características Cuantitativas:

El número de especímenes de Pecopteris cyathea usados para el análisis estadístico y para la descripción morfológica es 100.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b./V.1
Valor Máximo	7.6	2.4	5.6	2.0
Valor Mínimo	2.4	1.2	0.8	1.0
Media	4.47	1.81	2.67	1.19
Desv. Est.	0.96	0.26	0.86	0.22

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-2	26	26%
LRM-3	3	3%
LRM-4	22	22%
SFX-5	32	32%
SLA-1	6	6%
SLA-2	8	8%
SLA-3	2	2%
SLA-4	1	1%

Comparaciones con especies parecidas

- 1828 Pecopteris cyathea. BRONGNIART: p. 307-309; lám. 101 (1-4).
 1925 Pecopteris cyathea Schlotheim. CARPENTIER: sin descripción; lám. 13 (1). Estefaniense. Poillé (Sarthe), Francia.
 1938 Eupecopteris (Asterotheca) cyathea (Schlotheim). BELL: p. 75; lám. 76 (2). Westfaliense C y D. Nueva Escocia, Canadá.
 1959 Pecopteris cyathea Schlotheim. REMY & REMY: p. 150-152; fig. 127. Carbonífero Superior.
 1965 Pecopteris cyathea Schlotheim. STOCKMANS & WILLIERE: sin descripción; lám. 23 (3,3a,4,4a). lám. 27 (10,10a). Estefaniense A y B. NW España.
 1974 Pecopteris cyathea (Von Schlotheim) Brongniart. BLAZEY: p. 13; lám. 8 (26, 27). Arizona central.
 1985a Pecopteris cyathea (Von Schlotheim) Brongniart. WAGNER: sin descripción; lám. 3 (1-4). Estefaniense C. Cifera-Matallana, España.
 1986 Cyathocarpus cyatheus (Brongniart) Mosbrugger. MOSBRUGGER & VOGELLEHNER: p. 111-113; lám. 2 (4), lám. 3 (1); textfig. 7. Estefaniense. Hohengeroldseck, Alemania.
 1990 Pecopteris cyathea (Schlotheim) esend. Stur, non Brongniart. ZODRON: p. 25-34; lám. 1 (1), lám. 2 (3), láms. 5-8; textfigs. 1b, 5b, 12-15, 16a-b, 17, 19. Perno-Carbonífero.

Pecopteris cyathea presenta una variabilidad amplia en los ejemplares así identificados de la Formación Matzitzi. Son similares en la forma y tipo de ápice en las pinas de último orden, ángulo de inserción de las pinulas y en la posición de la pinula basal basiscópica en cada pina. También existe similitud en la variación de longitud entre pinulas de una

misma pina, en la separación ligera entre pinulas vecinas y en su tamaño y proporción. La forma de las pinulas y la venación son semejantes (Bell, 1938; Zodrow, 1990).

Brongniart (1828) señala que en las pinulas pequeñas dominan venas laterales simples y en las grandes hay mayor número de dicotomicadas. Las pinulas ilustradas por Carpentier (1925) son muy parecidas a aquellas con venas laterales dicotomicadas abundantes de la Formación Matzitzi.

Pecopteris cyathea tiene un alto grado de variabilidad intraespecífica. Los ejemplares de la Formación Matzitzi presentan algunas diferencias respecto a aquellos de otros lugares del mundo: a veces los ápices de las pinas de último orden son más extensamente atenuados (Wagner, 1985a; Zodrow, 1990); la inserción de las pinulas al rãquis es más abierta (Carpentier, 1925; Wagner, 1985a); hay mayor separación entre pinulas contiguas (Bell, 1938; Stockmans & Williére, 1965); las discontinuidades en longitud entre las pinulas son más evidentes; a veces las pinulas pequeñas tienen bordes paralelos (Wagner, 1985a). Con frecuencia las pinulas son muy alargadas (Bell, 1938). Blazey (1974) reporta pinulas con bases un poco constrictas; con ápices más agudos (Mosbrugger & Vogellehner, 1986) o confluentes (Remy & Remy, 1959).

Las diferencias mencionadas se refieren a la proporción relativa de ciertos caracteres, y en ningún caso representan una divergencia importante con los rasgos reportados para Pecopteris cyathea.

Material de esta especie ha sido descrito e ilustrado con anterioridad por Silva-Fineda (1970) como Pecopteris cyathea (pag. 14-16; lam. 4, fig. 3; lam. 5; lam. 6; lam. 7; lam. 8, figs. 1, 2; lam. 13, fig. 3; lam. 14, fig. 3) y como Pecopteris permica (pag. 16-17; lam. 8, figs. 3, 4). Pecopteris permica Nemejc ha sido considerado como equivalente a Pecopteris cyathea. Wagner (1985a) señala que "una examinación detallada de los topotipos de la especie de Nemejc ha permitido, a Barthel (1980)

situar a esta especie en sinonimia con Pecopteris cyathea (von Schlotheim) Brongniart". Zedrow (1990) es de la misma opinión; encontró igualdad entre Pecopteris cyathea y los ejemplares tipo de Nêmejc.

Pecopteris cf. anerozi Stockmans & Willière
Lámina 6: Figuras 1 a 10

Descripción

Fronδας al menos bipinadas. Râquis de penúltimo orden de 2.5 a 6 mm de anchura, con 4 mm en promedio, con costilla longitudinal gruesa, de curso recto. Pinas de último orden opuestas a subalternas, separadas de las contiguas por 1 cm aproximadamente, los âpices de sus pinulas casi tocandose. Los ângulos de inserción son de 82° en promedio.

Râquis de último orden de 0.2 a 1.6 mm de ancho, con 0.85 mm en promedio, y con costilla longitudinal fina (Figuras 3, 7, 8 y 9). Pinulas de tamaño uniforme y sin espacios entre ellas, por lo que el contorno de la pina es de aspecto crenado. Disminuyen gradualmente en longitud acropetamente, formando pinas extensamente atenuadas. El par de pinulas basales de la pina, en especial la catâdroma, son de mayor tamaño y parte de su lâmina cubre parcialmente al râquis.

Apice de la pina es triangular, agudo y extensamente atenuado, con pinula apical. El râquis llega hasta el nivel donde se empiezan a notar las primeras ondulaciones del borde de la pinula apical; distalmente se descompone en venas secundarias simples. Las primeras ondulaciones ligeras del borde estân innervadas por sistemas de venas con vena central y laterales simples, constituyendo la venación del primer par de pinulas laterales, que estân totalmente fusionadas con la pinula apical. Hacia la base, la separación entre las pinulas es gradualmente mäs profunda, y los sistemas de venas que las innervan tienen mayor número de venas laterales simples.

Pinulas insertas bajo ángulos de 76° en promedio, siendo más agudos acropetamente. Con bordes rectos y paralelos; sin interespecio entre pinulas vecinas, o pequeño. Apice redondeado; bases rara vez confluentes en bajo grado, pero más comunmente entre pinulas apicales. Relación L/A es 2 en promedio.

Vena media recta; cerca del ápice de la pinula se adelgaza y se descompone en venas laterales simples. Conforme las pinulas se aproximan al ápice, la vena media tiene una decurrencia leve (Figura 7).

Venas laterales casi siempre simples y rectas, a veces el par proximal muy ligeramente arqueadas (Figura 6). Rara vez son bifurcadas (Figura 10), la ramificación situada aproximadamente a medio camino entre la vena media y el borde. Ambos derivados rectos. Las venas laterales bifurcadas son más abundantes en las pinulas de mayor tamaño.

Densidad de venación aproximadamente de 20 V.b./cm en promedio.

Características Cuantitativas:

Para el análisis estadístico se utilizaron sólo 23 especímenes de Pecopteris cf. ameromi. Sin embargo, para la descripción morfológica se utilizaron cerca del doble de especímenes, colectados en la localidad SLA-6, posteriormente a la realización de los análisis estadísticos.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b./V.1
Valor Máximo	5.6	2.8	3.4	1.8
Valor Mínimo	3.0	1.6	1.0	1.0
Media	4.28	2.16	2.12	1.21
Desv. Est.	0.81	0.28	0.70	0.21

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-2	5	21.7%
LRM-3	4	17.4%
LRM-4	4	17.4%
SFX-1	2	8.7%
SFX-5	6	26.1%
SLA-1	1	4.3%
SLA-2	1	4.3%

Comparación con especies parecidas

- 1828 Pecopteris arborescens. BRONGNIART: p. 310-311; lám. 102, lám. 103 (1).
- 1965 Pecopteris ameromi Stockmans & Willière. STOCKMANS & WILLIERE: diagnosis en piè de figura; lám. 29 (3,3a). Estefaniense B. NW España.
- 1985 Pecopteris ameromi Stockmans & Willière. KNIGHT: p. 31-33; lám. 7 (1-3a). Estefaniense A, B. Sabero, NW España.
- 1985b Pecopteris arborescens (Von Schlotheim) Brongniart. WAGNER: p. 209-210; lám. 7 (1-1a). Estefaniense. Puertollano, España Central.
- 1985 Pecopteris ameromi Stockmans & Willière. WAGNER, TALENS & MELENDEZ: p. 470; lám. 4 (2). Estefaniense C. Henarejos, España Central.
- 1985 Pecopteris jonquani Wagner. WAGNER, TALENS & MELENDEZ: p. 472-473; lám. 5 (2-3), lám. 6 (1), lám. 7 (1). Estefaniense C. Henarejos, España Central.
- 1986 Pecopteris paleacea Zeiller. MOSBRUGGER & VOGELLEHNER: p. 159-162; lám. 9 (1-2); textfig. 2B (a,b). Estefaniense. Hohengeroldseck, Alemania.
- 1990 Pecopteris paleacea Zeiller. ZODROW: p. 17-18; lám. 3; textfigs. 1d, 8. Permo-Carbonífero. NW España, Norteamérica.

Hay similitud entre los fósiles aquí descritos y Pecopteris ameromi, sobre todo como ilustrada por Stockmans y Willière en la descripción original de la especie. Se parecen en la forma de las pinas de último orden, en especial la porción apical, grosor del raquis de último orden, ángulo de inserción y disposición de las pinulas sobre éste. La forma y tamaño de las pinulas son similares, al igual que la venación, que es marcada. Las venas secundarias basales recuerdan un poco a las de Pecopteris unita, al ser ligeramente cóncavas o insertas oblicuamente. Esta característica, considerada como clave por Stockmans & Willière en la descripción original de Pecopteris ameromi, está presente en los fósiles de la Formación Matzitzi.

Hay diferencias que impiden el establecimiento de una identidad absoluta entre ambas: los ápices de las pinas de último orden de P. ameromi son un poco menos extensos (Stockmans & Willière, 1965) y la pinula apical es más corta. En P. ameromi reportada por Knight (1985), el ángulo de inserción de las pinulas al raquis es casi perpendicular, el ápice de las pinulas es más obtuso, y son de mayores dimensiones. En los ejemplares reportados por Wagner, Talens y Meléndez (1985) la venación lateral es menos fuerte, y las venas dicotomizadas (escasas) están mezcladas entre las simples. Aunque lo anterior también ocurre entre los

fósiles de Matzitzi, hay una frecuencia mayor de venas dicotomizadas en pinulas grandes. Aunque Stockmans y Williére (1965) no mencionan venas dicotomizadas en su descripción, éstas se observan en los especímenes ilustrados.

Los fósiles de la Formación Matzitzi se parecen a Pecopteris paleacea Zeiller en la regularidad del tamaño de las pinulas, el grosor del rquis de último rden, la forma de las pinulas y en la abundancia relativa de venas laterales simples vs. dicotomizadas.

Sin embargo, difieren en el ápice de la pina de último rden, que en P. paleacea termina abruptamente, es oblicuo y casi no hay fusión entre las pinulas subapicales. La inserción de las pinulas al rquis es muy abierta, las pinulas son más pequeñas y con pices oblicuos. Las venas laterales estn muy separadas, todas son rectas y las basales no difieren del resto. Las venas bifurcadas estn en las partes apicales o basales de las pinulas (Zodrow, 1970), y los derivados de la dicotomía son escasamente divergentes (Mosbrugger & Vogellehner, 1986; Textfig. 28 a, b).

La similitud con Pecopteris arborescens es superficial. En esta última, las pinulas son más chicas, cortas y anchas, con pices oblicuos, venas simples muy abiertas e insertas casi perpendicularmente al rquis. Los pices de las pinas de último rden terminan abruptamente.

Pecopteris jongmansii como reportada por Wagner, Talens y Meléndez (1985) es también comparable. Se parecen en el tamaño uniforme de las pinulas, en su forma, en la venación y en la inserción al rquis. Difieren en el ápice oblicuo de las pinas de último rden, rquis más delgado, menor tamaño de las pinulas e interespacios extensos entre éstas en P. jongmansii

El grupo de ejemplares de la Formación Matzitzi arriba descritos presentan mayor similitud con Pecopteris ameromi, sobre todo con los especímenes de la descripción original.

Pecopteris (Asterotheca) cf. densifolia (Göppert) Weiss
Láminas 7 y 8

i. FASES ESTERILES: Lámina 7: Figuras 1 a 9.

Descripción

Fronδας al menos bipinadas, de tamaño grande. Ráquis de penúltimo orden con 6.9 mm de ancho en promedio, con estriaciones longitudinales poco prominentes de curso ligeramente sinuoso (Figura 5).

Ráquis de último orden no decurrentes; insertos bajo ángulos de 66° en promedio y separados por 21.8 mm en promedio. Presentan una costilla longitudinal recta, o una superficie ligeramente rugosa (Figuras 5, 6, 7, 8 y 9). En promedio son de 1.8 mm de ancho.

No se conocen las porciones terminales ni el ápice de la pina de último orden.

Pinulas alargadas; la relación L/A es de 2.5 en promedio. Insertas bajo ángulos en promedio de 80°. Los bordes son rectos, paralelos o un poco convergentes, sobre todo en las pinulas distales (Figura 5). A veces, bordes cóncavos, siendo la parte media de la pinula más estrecha que la distal y la proximal (Figuras 2 y 9) o basalmente ensanchadas (Figura 8). Apices de redondeados a agudos; bases separadas de las contiguas, no decurrentes.

Hay un espacio estrecho entre pinulas vecinas, sólo se hace más ancho distalmente entre pinulas de bordes convergentes.

Vena media no decurrente, de curso recto, adelgazándose gradualmente hasta la zona apical de la pinula, ramificándose en dos venas laterales muy finas que alcanzan el borde.

Venas laterales una vez dicotomizadas, con la bifurcación muy cerca o junto a la vena media. Porción basal ascendente. Los derivados acroscópicos son convexos; los basiscópicos son rectos, a veces ligeramente convexos, y son divergentes entre sí. La densidad de venación es de 13 V.b./cm en promedio.

Características Cuantitativas:

Para la descripción morfológica y el análisis estadístico se usaron 11 especímenes estériles de Pecopteris (A.) cf. densifolia.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b./V.1
Valor Máximo	12.0	4.8	8.0	2.0
Valor Mínimo	8.4	2.8	4.4	1.33
Media	9.74	4.00	5.74	1.73
Desv. Est.	1.12	0.56	1.00	0.20

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-4	1	9.1%
SLA-2	10	90.9%

ii. FASES FERTILES: Lámina 8: Figuras 1 a 10.

Descripción

Pinulas fértiles en frondas cuando menos una vez pinadas, probablemente dos o más veces pinadas. En ninguno de los especímenes se encuentra preservado el ráquis de penúltimo orden.*

Ráquis de último orden con anchura promedio de 1.8 mm, con un haz vascular fino (Figuras 3, 4, 5 y 7), que a veces no se nota, y en su lugar hay rugosidades muy leves (Figura 8). No se conoce el ápice de las pinas de último orden.

Pinulas grandes y alargadas, con una relación L/A media de 2.6, insertas bajo ángulos en promedio de 69°. Bordes rectos o con una curvatura paralela cuya concavidad está orientada hacia el ápice de la pina (Figura 7), o convergentes hacia el ápice de la pinula (Figura 8), o ligeramente cóncavos (Figura 6). Apices redondeados o ligeramente agudos. Bases separadas de las de pinulas contiguas, a veces la basiscópica un poco decurrente. Usualmente hay un interespacio de anchura constante

* Para el follaje estéril que ha sido encontrado en conexión orgánica con las pinulas fértiles se conocen las características generales del ráquis de penúltimo orden.

entre pinulas contiguas. Vena media se adelgaza distalmente.

Pinulas fértiles a veces ocupan toda la pina, o sólo porciones de ésta (Lámina 7, Figura 9).

Sinangios dispuestos uno junto al otro, formando dos hileras continuas intramarginales en cada pinula. Sólo ocasionalmente hay un espacio entre la hilera de sinangios y el margen de la pinula y este es muy pequeño. Las hileras de sinangios son rectas y de extensión longitudinal variable. Se extienden desde la base hasta zonas subapicales, o sólo hasta tres cuartas partes, dos terceras partes o la mitad de la longitud total de la pinula. El ápice es siempre estéril. El desarrollo de las hileras de sinangios en las pinulas es acrópeto.

Sinangios compuestos por aproximadamente 5 esporangios dispuestos radialmente al rededor de una cavidad central.

Características Cuantitativas:

Número de especímenes de Pecopteris (A.) cf. densifolia fértiles usados en el análisis estadístico y la descripción morfológica fue de 11.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	D4p (mm)	L - A (mm)
Valor Máximo	13.8	4.8	20.4	10.2
Valor Mínimo	8.4	3.2	16.4	5.0
Media	10.70	3.87	18.78	6.87
Desv. Est.	1.59	0.49	1.22	1.58

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
SLA-2	10	90.9%
SLA-4	1	9.1%

Comparación con especies parecidas

- 1952 Pecopteris huichensis Hsü. HSB: p. 248-249; lám. 2 (21-24), lám. 3 (26-29, 30a-32, 36). Pénnico. NE Yunnan, China.
- 1965 Pecopteris densifolia Göppert. STOCKMANS & WILLIERE: sin descripción; lám. 34 (2, 2a). Estefaniense B. NW España.
- 1985 Pecopteris densifolia (Göppert) Weiss. KNIGHT: p. 49-54; lám. 12 (1-6); textfig. 6. Estefaniense. Sabero, NW España.

- 1985b Pecopteris cf. densifolia Göppert. WAGNER: p. 210; lám. 16 (6). Estefaniense. Puertollano, España Central.
- 1985 Pecopteris densifolia (Göppert) Weiss. LEMOS de SOUSA & WAGNER: sin descripción; lám. 3 (3, 3a). Estefaniense C. N. Portugal.
- 1986 Cyathocarpus pseudobucklandii (Andrae) Mosbrugger & Vogeliehner. MOSBRUGGER & VOGELLEHNER: p. 124-127; lám. 5 (1-3); textfig. 14 (a,b). Estefaniense. Hohengeroldseck, Alemania.

Las pinulas estériles y fértiles descritas tienen diferencias con las especies revisadas en la literatura.

Son similares a Pecopteris densifolia en el grosor y proporción de los rãquis de último orden, el ángulo de inserción, tamaño y forma de las pinulas y patrón de venación. Hay caracteres en común con P. densifolia como reportada o ilustrada por algunos autores en particular, pero aparentemente tales caracteres no son constantes: Existe separación lateral entre las pinulas (Lemos de Sousa & Wagner, 1985; Wagner, 1985b*), bases de las pinulas un poco ensanchadas (Stockmans & Willière, 1965), pinulas subfalcadas (Knight, 1985) con bordes distalmente convergentes y ápices acuminados o atenuados (Knight, 1985; Wagner, 1985b*).

Sin embargo, P. densifolia (Göppert) Weiss difiere de los fósiles de la Formación Matzitzi en las pinulas de tamaño homogéneo y la ausencia de separación lateral entre pinulas contiguas (Stockmans & Willière, 1965; Knight, 1985). Las pinulas siempre son más cortas y anchas; por lo regular con bordes paralelos, bases no abultadas y ápices redondeados. Las pinulas de P. densifolia ilustradas por Stockmans & Willière (1965) y por Knight (1985) tienen vena media más delgada o ésta termina muy cerca del ápice, y las venas laterales son más gruesas, con los derivados de la bifurcación muy divergentes entre sí. Knight (1985) observó venas laterales dos veces bifurcadas mezcladas entre las una vez dicotomizadas, o en las pinulas más grandes.

* Wagner (1985b) reporta a sus especímenes como conifer debido a que son incompletos. Sin embargo, explica que la forma y la venación de sus especímenes son similares a Pecopteris densifolia.

La especie descrita para Matzitzi es similar a Fecopteris huichensis Hsd., del Pérmico de Yunnan en el patrón de bifurcación de las venas laterales; las pinulas fértiles son de forma e inserción similar, y más estrechas que las estériles de la misma especie.

Hay diferencias entre ambas especies: las pinulas de F. huichensis Hsd. son más pequeñas, anchas y regulares, sin espacios entre una y otra, con márgenes paralelos y ápices redondeados. Las venas secundaria de las pinulas son más gruesas y abundantes.

Las fases estériles de la forma descrita para la Formación Matzitzi se parecen a Cyathocarpus pseudobucklandii (Fecopteris pseudobucklandii) como ilustrado por Mosbrugger y Vogellehner en 1986 respecto a la forma y venación secundaria de las pinulas.

Sin embargo, las pinulas ilustradas por estos autores difieren de las de Matzitzi al ser proporcionalmente más anchas, con bordes nunca ensanchados basalmente, ni cóncavos. Los derivados de la bifurcación de las venas laterales son muy divergentes entre sí.

Los fósiles descritos para la Formación Matzitzi presentan una combinación de caracteres bastante particular, que impide su asociación con especies previamente reportadas. Tienen sólo un parecido superficial con Fecopteris densifolia (Göppert) Weiss, aunque hay características consistentemente distintas entre ambas. Adicionalmente, no ha sido posible establecer una comparación para las fases fértiles respectivas.

Pinulas de forma y aspecto parecido a las de F. (A.) cf. densifolia fueron reportadas e identificadas con anterioridad como Fecopteris polymorpha (Silva Pineda, 1970: pag. 17-18: lam. 9). F. polymorpha tiene pinulas cuyos bordes se lobulan y segmentan gradualmente hasta formar nuevas pinulas (Brongniart, 1828; Bell, 1938; Wagner, 1959a; Knight, 1985; Mosbrugger & Vogellehner, 1986) y venas laterales con dos dicotomizaciones de segundo nivel sucesivas, formando sistemas de cuatro terminales simétricos según el patrón descrito por Wagner (1959a) para el

género Polymorphopteris (Wagner & Breimer, 1958; Bell, 1938; Wagner, 1959b, 1985a; Stockmans & Williére, 1965; Mosbrugger & Vogellehner, 1986; Wagner, Tàlens & Meléndez, 1985; Knight, 1985). Por lo anterior, el follaje de la Formación Matzitzi no es comparable con Pecopteris polymorpha.

Pecopteris cf. melendezi Wagner
Lámina 9; Figuras 1 a 8.

Descripción

Sólo se conocen pinas de último orden aisladas. Frondas al menos una vez pinadas; probablemente dos o más veces pinadas. No se conocen las características de la pina ni del rãquis de penúltimo orden.

Rãquis de último orden con 0.9 mm de anchura promedio; levemente rugoso (Figura 7) o con costilla longitudinal recta muy fina que a veces no se distingue (Figuras 1, 3 y 5). Pina con borde irregular debido a la longitud variable de las pinulas y los interespecies entre éstas. Finula apical triangular, asimétrica y de ápice redondeado. Uno de sus bordes es ligeramente sinuoso y basalmente separado de la primera pinula lateral. El borde del otro lado es más corto y recto, ampliamente fusionado con la primera pinula lateral (Figura 6). Rãquis de último orden termina próximo al ápice; a partir de este se separan venas laterales que inervan la pinula apical. El primer par de pinulas en dirección a la base son relativamente largas. Las pinulas basipetas a éstas aumentan rápidamente en longitud, de tal modo que pinulas muy cercanas al ápice son de tamaño y proporciones comparables a los de pinulas de porciones medias y basales. El ápice de la pina termina bruscamente.

Pinulas insertas al rãquis bajo ángulos de 80° en promedio, siendo más inclinadas acropetamente. Bordes enteros, usualmente paralelos, a veces cóncavos (Figuras 5, 6, 7 y 8). Apice redondeado, rara vez un poco agudo.

Bases separadas de las de pinulas contiguas desde el raquis o ligeramente confluentes, no decurrentes. Pinulas alargadas y delgadas, con relación L/A de 3.5 en promedio.

Vena media recta y atenuada; proximalmente ancha, alcanza hasta tres cuartos de la longitud total de la pina. No es decurrente.

Venas laterales típicamente rectas y simples. Rara vez se bifurcan; entonces, la dicotomía ocurre cerca de la vena media. Los derivados son rectos y divergentes entre sí. La densidad de venación es en promedio de 16 v.b./cm.

No se conocen las fases fértiles de esta especie. No hay asociación orgánica o por estratos con follaje que tenga sinangios.

Características Cuantitativas:

Para Pecopteris cf. melendezi el número de especímenes medidos y utilizados para la descripción morfológica fue solamente 6.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b./V.l
Valor Máximo	10.6	2.8	8.2	1.86
Valor Mínimo	6.6	1.8	4.0	1.00
Media	7.83	2.27	5.57	1.20
Desv. Est.	1.44	0.32	1.51	0.31

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-3	6	100%

Comparación con especies parecidas

- 1952 Pecopteris sahnii Hsü. HSU: p. 250-251; lám. 3 (30c, 30d, 33). Péraico. NE Yunnan, China.
- 1957 Pecopteris pectinata Bertrand. VETTER: p. 113; lám. 12 (1). Estefaniense C. St. Pierre la Cour, Francia.
- 1959 Pecopteris heitelioides Brongniart. REMY & REMY: p. 232; Fig. 185 (a,b (esquina)). Westfaliense a Péraico. Kottlingendes.
- 1962 Pecopteris melendezi Wagner. WAGNER: Sin descripción. Lám. 32 (24, 25, 25a, 26). Estefaniense B. NW España.
- 1985 Pecopteris melendezi Wagner. KNIGHT: p. 59-61; lám. 14 (2-2a). Estefaniense. Sabero, NW España.
- 1986 Cyathocarpus heitelioides (Brongniart) Mosbrugger, MOSBRUGGER & VOGELLEHNER: p. 113-115; lám. 3 (1-2); textfig. B. Estefaniense. Hohengeroldseck, Alemania.
- 1990 Pecopteris cyathea (Schlotheim) emend. Stur, non Brongniart. ZODROW: p. 25-34; solo lám. 8 (2); textfig. 17c.

La especie descrita para la Formación Matzitzi tiene un parecido

remoto con varias especies, pero el conjunto de sus características es bastante único, lo que impide identificarla con alguna especie conocida.

Con Fecopteris melendezii Wagner comparte las pinulas delgadas y alargadas, ligeramente separadas entre sí, de longitud irregular e insertas abiertamente sobre un raquis grueso. Los ápices de las pinas de último orden son similares y las pinulas tienen patrón y tipo de venas parecidos.

Difieren en que en F. melendezii Wagner los espacios de separación entre pinulas son reducidos o inexistentes; las pinulas son más chicas y proporcionalmente más anchas; con bordes rectos o un poco convexos, nunca cóncavos; las bases no abultadas y ápices más agudos. En la descripción original de la especie, Wagner (1962) ilustra pinulas con venas laterales muy marcadas; usualmente las venas laterales dicotomizadas son más abundantes.

La especie aquí descrita presenta similitud con Fecopteris sahnii Hsu en el hábito rígido de las pinulas alargadas, lineares y con ápice ampliamente redondeado y en la venación principal y lateral.

Sin embargo, en la segunda especie hay pinulas más cortas, más inclinadas sobre el raquis y con espacios reducidos entre vecinas. Sus bordes son paralelos, la vena media no es atenuada, las venas laterales son abundantes, oblicuas y las basales son un poco arqueadas y hay una vena raquial bifurcada.

Fecopteris pectinata, como descrita por Vetter (1957) se parece a la especie de la Formación Matzitzi en las pinulas alargadas con bases un poco abultadas. Sin embargo, en la primera el raquis es más delgado, las pinulas muy separadas entre sí e insertas bajo ángulos más cerrados. Además, en F. pectinata hay una frecuencia mayor de venas laterales dicotomizadas.

Fecopteris hemitelioides Brongniart tiene bastantes diferencias con la especie de Matzitzi, pero hay cierto parecido con las pinulas de

mayor tamaño ilustradas por Mosbrugger y Vogellehner (1986). Los bordes de estas últimas van de rectos a subfalcados, ápices redondeados y un poco abultados. Sin embargo, las pinulas son más cortas y anchas, usualmente homogéneas, insertas bajo ángulos más cerrados, sin interespacios. Las pinulas usualmente no son falcadas, ni los ápices abultados. La vena media tiene grosor casi constante y la densidad de venación lateral es mayor.

Zodrow (1990, Lámina 8, Figura 2 y Textfig. 17c) reporta e ilustra una variante de Pecopteris cyathea que es notablemente similar a la especie descrita para la Formación Matzitzi. Ambas tienen pinulas muy alargadas, con interespacios pequeños, y tanto su longitud como el ángulo de inserción al raquis varían ligeramente entre contiguas. Bordes cóncavos, ápices y bases un poco abultadas. En ambas la vena media es recta y gruesa y las laterales son fuertes, oblicuas y simples. Difieren en un ligero estrechamiento apical, bordes levemente convergentes y una vena media de grosor casi constante entre las pinulas ilustradas por Zodrow (1990).

Aunque el parecido entre ambas es notable, Zodrow (1990) ilustró a un solo espécimen, que representa (en todo caso) un extremo morfológico de Pecopteris cyathea, y que ésta última generalmente muestra rasgos diferentes.

Aunque la especie descrita para la Formación Matzitzi es escasa y poco extendida, posee rasgos distintivos que permiten diferenciarla tanto de otras especies de la Formación Matzitzi, como de especies reportadas para otras localidades del mundo.

Pecopteris sp. A
Lámina 10; Figuras 1 a 10.

Descripción

Fronδας al menos bipinadas; solamente en un espécimen hay un fragmento del ráquis de penúltimo orden con anchura de 3 a 4.5 mm, superficie levemente rugosa y aparentemente con una costilla longitudinal.

Pinas de último orden insertas bajo ángulos de 51° en promedio; subalternas y separadas por 10.25 mm. Ráquis de último orden no decurrentes; de 1.2 mm de anchura promedio, adelgazándose gradualmente acropetamente, con costilla longitudinal central fina (Figuras 1, 5, 6 y 9).

Pinas atenuadas, triangulares y un poco agudas (Figuras 3 y 4). Pinula apical redondeada o un poco alargada, con bordes laterales crenados superficialmente, y basalmente fusionada en grado variable al primer par de pinulas laterales. El segundo par de pinulas en dirección a la base son independientes. Ráquis llega aproximadamente hasta el tercio basal de la pinula apical.

Pinulas largas y delgadas; relación L/A de 2.9 en promedio. Insertas al ráquis bajo ángulos de 77° en promedio, a veces cercanos a la perpendicular. Bordes laterales enteros, generalmente rectos y paralelos (Figuras 5 y 6), convergentes apicalmente (Figuras 4, 7 y 9), a veces cóncavos (Figuras 1 y 8). Bases separadas de las vecinas; con interespacio muy pequeño de anchura constante entre pinulas vecinas. Ocasionalmente las bases son confluentes, sobre todo entre pinulas subapicales. Apices de redondeados a agudos.

Vena media de curso recto hasta la porción subapical de la pinula; no decurrente, adelgazándose sólo un poco distalmente.

Venas secundarias una vez dicotomizadas; las distales simples. La bifurcación es muy cercana a la vena media, o a veces encima de ésta. Basalmente son rectas o ligeramente ascendentes; derivados acroscópicos

rectos o siguen la curvatura de la porción basal, ligeramente convexos; derivados basiscópicos de ligeramente cóncavos (divergentes con respecto al distal), rectos o convexos (paralelos al distal). Los derivados divergen poco entre sí.

Densidad de venación promedio aproximada: 21 V.b./cm.

No se conocen las fases fértiles de esta especie.

Características Cuantitativas:

Número de especímenes medidos y usados en la descripción morfológica de Pecopteris sp. A: 66.

	Longitud (mm)	Anchura (mm)	L - A (mm)	V.b./V.1
Valor Máximo	10.8	3.4	8.0	2.17
Valor Mínimo	4.0	1.6	2.0	1.00
Media	6.47	2.21	4.26	1.51
Desv. Est.	1.52	0.36	1.35	0.31

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-3	1	1.5%
LRM-4	1	1.5%
SFX-1	3	4.5%
SFX-5	60	90.9%
BX-1	1	1.5%

Comparación con especies parecidas

- 1959 Pecopteris lepidorachis Brongnart. REMY & REMY: p. 156; Fig. 133 (a, b, c). Carbonífero Superior; Westfaliense D. Rotliegendes.
- 1985 Pecopteris dubrezi Zeiller. KNIGHT: p. 48-49; sin figuración. Estefaniense. Sabero, NW España.
- 1985 Pecopteris apicalis Knight. KNIGHT: p. 34-37; lám. 8 (1-9), lám. 9 (1-3a); textfig. 5 (a-c). Estefaniense. Sabero, NW España.
- 1985 Pecopteris dubrezi Zeiller. WAGNER, TALENS & MELENDEZ: p. 471-472; lám. 7 (2). Estefaniense C. Henarejos, España Central.
- 1985 Pecopteris apicalis Knight. WAGNER, TALENS & MELENDEZ: p. 470-471; lám. 6 (b). Estefaniense C. Henarejos, España Central.
- 1986 Cyathocarpus lepidorachis (Brongnart) Mosbrugger. MOSBRUGGER & VOGELLEHNER: p. 116-120; lám. 4 (1-4); textfig. 10 (a, b). Estefaniense. Hohengeroldseck, Alemania.

Pecopteris sp. A tiene cierta similitud con especies del tipo de Pecopteris lepidorachis; sin embargo, el conjunto de sus características

indica que probablemente se trata de una especie distinta.

La especie de la Formación Matzitzi es comparable a Pecopteris daubreei Zeiller dado que ambas poseen pinulas delgadas y alargadas, ligeramente separadas entre sí, con bordes rectos, de paralelos a ligeramente convergentes, bases rectas, ápices de redondeados a agudos; râquis medianamente gruesos. La vena media es recta y las laterales son (usualmente) una vez bifurcadas.

Aunque quizás P. daubreei es la especie más parecida a la de Matzitzi, hay diferencias importantes entre ambas. En P. daubreei la inserción de las pinulas al râquis es más abierta, las bases de las pinulas varían desde confluentes hasta constrictas (Wagner, Tâlens & Meléndez, 1985) y los ápices siempre son redondeados. La densidad de venación es comparativamente alta, las venas laterales son muy arqueadas, se bifurcan a cierta distancia de la vena media, y llegan a tener una dicotomía de segundo nivel, alcanzando una etapa de tres terminales. Una diferencia muy importante radica en la presencia en P. daubreei de bordes lobulados en las pinulas de mayores dimensiones (Zeiller, 1906 [Flora de Comentry], en Wagner, Tâlens & Meléndez, 1985) o consistentemente en los dos tercios basales de cada pinula (Knight, 1985).

Hay también cierta semejanza con Pecopteris apicalis Knight en la forma de las pinulas, los márgenes paralelos o ligeramente convergentes en las pinulas más largas, y en la venación (Knight, 1985). Sin embargo, en P. apicalis la inserción de las pinulas al râquis es muy abierta, y éste es delgado. Las pinulas son de menor tamaño y más anchas: sus bordes no son convergentes; sólo a veces ligeramente cóncavos (Wagner, Tâlens & Meléndez, 1985) y con ápices redondeados. Las venas laterales son marcadas y oblicuas.

La especie de la Formación Matzitzi puede compararse lejanamente con Pecopteris lepidorachis como ilustrado por Mosbrugger y Vogellehner (1986, llamado Cyathocarpus lepidorachis (Brongniart) Mosbrugger). Ambas

presentan pinulas de forma y proporción similar, insertas a rãquis medianamente grueso y con venas laterales una vez bifurcadas. Sin embargo, las pinulas ilustradas por Mosbrugger & Vogellehner (1986) se parecen solamente a las pinulas más largas de la Formación Matzitzi. El parecido entre estas últimas y P. lepidorachis como ilustrada o descrita en otras publicaciones es limitado (o nulo).

Aunque Pecopteris sp. A se parece a varias especies en la forma general de las pinulas y el tipo de venación, las diferencias con cada una de ellas son numerosas e importantes.

Aparentemente, pinulas como las de Pecopteris sp. A fueron ilustradas con anterioridad como las pinulas no lobuladas de Pecopteris miltoni (Artis) Brongniart (Silva Pineda, 1970; pag. 21-22; lam 11. fig. 3). En esta última especie hay transición entre pinulas pequeñas con bordes enteros hasta pinulas con bordes profundamente lobulados, que pasan a constituir nuevas pinulas (Brongniart, 1828; Remy & Remy, 1959; Wagner, 1959b), y la ramificación de las venas laterales sigue un patrón lobopteroide (Bell, 1938; Remy & Remy, 1959; Wagner, 1959b). Ningun pecopteridio de la Formación Matzitzi presenta estos rasgos.

Pecopteris cf. unita Brongniart

Lamina 11: Figuras 1 a 11.

Descripción

Frondas cuando menos bipinadas. No se conocen especímenes con pinas de último orden maduras unidas a rãquis de penúltimo orden. Pinas de último orden paralelas y próximas a las contiguas, con pinulas respectivas casi tocándose.

Rãquis de último orden de 1.5 mm de ancho en promedio, con vena mediana a gruesa de curso recto, en este último caso ligeramente aplanada (Figuras 2, 3 y 7); a veces hay estrias delgadas o rugosidades y

punteaduras finas; en otros casos, no se notan ninguna de estas estructuras.

Región subapical de pina de último orden con pinulas cortas con fusión lateral que aumenta acropetamente. La estructura apical redoneada es el resultado de la fusión entre las pinulas más distales. Râquis se descompone en dos venillas cerca del ápice; una llega al borde de la lâmina, mientras que la otra se dicotomiza una vez a una distancia muy corta del râquis.

Hacia niveles basales, las venas que se separan del râquis se dicotomizan una o varias veces hasta constituir los sistemas que innervan a las pinulas maduras. El patrón de ramificación, así como el grado de fusión entre las pinulas contiguas es como sigue:

DISTAL

- Venas simples (1 solamente). Pinulas totalmente fusionadas.
- Venas una vez dicotómicas (1 par, o dos de un lado del râquis y una del otro). Lâmina totalmente fusionada.
- Venas con una dicotomización de 2° nivel en el derivado acrocópico producido en la 1° dicotomización (etapa de tres terminales). (1 par). Lâmina totalmente fusionada.
- Dicotomización de tercer nivel a partir del derivado basicópico de la dicotomización de 2° nivel (etapa de cuatro terminales como en *Lobatopteris*). (1, solamente en un lado del râquis). Lâmina totalmente fusionada.
- Sistema de venas con cinco terminales, dado por la ramificación de la vena distal producida en la etapa anterior (1 par). Empieza a manifestarse una vena central. Lâmina fusionada por completo.
- Hacia niveles inferiores, en los sistemas de venas que se separan del râquis hay una vena media, de la que se desprenden venas laterales simples cóncavas, cuyo número aumenta basipetamente. Estos sistemas corresponden a la venación de las pinulas maduras. A partir de la aparición de sistemas con vena media, comienza a manifestarse separación lateral entre pinulas, al principio superficialmente, pero rápidamente haciéndose profunda.

PROXIMAL

Aunque la fusión lateral entre pinulas es limitada, usualmente no quedan interespacios. Pinulas insertas al râquis bajo ângulos en promedio de 80°, pero más abiertos en las pinulas basales de cada pina. Bordes rectos y paralelos; fusionados basalmente con los de vecinas sólo en la

región inmediatamente distal al ráquis (sobre todo entre pinulas de mayores dimensiones), o pueden extenderse hasta $1/3$ de la longitud total de la pinula (Figura 6). Rara vez hay separación lateral estrecha entre pinulas vecinas. Apices libres redondeados oblicuos o trancos.

Vena media basalmente recta, sólo ocasionalmente un poco decurrente (Figuras 5 y 6 respectivamente). Sigue un curso recto hasta casi el ápice de la pinula, a veces tocándolo.

Venas laterales simples y cóncavas, la curvatura y el ángulo respecto a la vena media varían según el nivel en la pinula: el par de venas basales son simétricas, con curvatura pronunciada, con ángulo de inserción a la vena media cercano a la perpendicular; las venas proximales son cóncavas, insertas abiertamente a la vena media. Sus partes terminales son casi paralelas al borde de la pinula a lo largo de un tramo muy corto, y sobrelapan las bases de 1 o 2 venas superiores. Acropetamente, las venas tienen una curvatura cóncava menos pronunciada, de tal modo que aquellas de la porción media de la pinula son casi rectas o rectas. El ángulo de inserción a la vena media es más cerrado que en las proximales. Las venas distales pueden ser rectas o ligeramente ascendentes. En este último caso, tienen una curvatura convexa muy leve, opuesta a la que se encuentra en las venas proximales (Figura 5). Los ángulos que forman con la vena media son más cerrados que en las venas proximales.

Sólo en un caso se han observado venas laterales dicotomizadas: se trata de un par de venas contiguas que están en la región subapical de una misma pinula. Ambas se bifurcan aproximadamente a medio camino entre la vena media y el borde, y los derivados son rectos y divergentes (Figura 11).

No se han encontrado pinulas fértiles asociadas orgánicamente al follaje estéril.

PORCIONES TERMINALES DE FRONDAS:

Porciones terminales de frondas (o de pinas de penúltimo orden) con rãquis de 1 a 2 mm de anchura. Pinas de último orden insertas bajo ángulos de 68° en promedio, con bases separadas de las contiguas por 6 a 8 mm, no decurrentes, y pinula basal catàdroma de mayor tamaño e inclinaciòn diferente, a veces tapando parte del rãquis. Pinas mäs distales formadas por pinulas fusionadas, tienen el aspecto de pinulas de grandes dimensiones y con un patròn de venaciòn complejo (Figura 10). Hacia la base, sólo en la regiòn apical de las pinas hay pinulas fusionadas, haciendose estas porciones mäs reducidas conforme las pinas son de mayores dimensiones (Figura 9).

Pinas de último orden cercanas al ápice con 12 a 14 mm de longitud; tienen mårgen recto y ápice redondeado. Rãquis de último orden se bifurca en la regiòn subapical, de èste se desprenden venas o sistemas laterales homólogos a aquellos que innervan a pinulas maduras. Las venas laterales dispuestas sucesivamente hacia la base de la pina exhiben el siguiente patròn de ramificaciòn:

DISTAL

- Venas simples (2 pares).
- Venas laterales una vez bifurcadas (4 pares).
- Venas laterales con una dicotomia de 2° nivel en el derivado acroscóptico de la primera dicotomia (etapa de 3 terminales) (varios pares, ocupando las zonas proximales de la pina).
- Venas laterales con una dicotomia de 3° nivel en el derivado basicóptico de la dicotomia de 2° nivel, formando una etapa de 4 terminales asimétrica, tipo Lobatopteris (sólo un sistema de venas laterales cerca de la base de la pina con pinulas fusionadas alcanza este grado de ramificaciòn).

PROXIMAL

No se observan sistemas de venas laterales de mayor complejidad en estas pinas; quizá las porciones proximales tengan sistemas de 5 terminales.

Pinas inmediatamente basicópticas de 20 a 23 mm de largo, con porcion subapical fusionada, pero con separaciòn incipiente entre las pinulas

proximales; margen de la pina superficialmente crenado. Ramificación de los sistemas de venas similar al descrito arriba. Hasta la zona donde los sistemas de venas tienen 4 terminales, la fusión entre pinulas es completa. Cuando hay sistemas de 5 terminales (que incluyen una vena central), hay separación incipiente entre las pinulas, siendo el margen de la pina crenado. En pinulas más cercanas a la base, aumenta el número de venas laterales que salen de la vena media, y la separación entre vecinas es más profunda. La pinula basal catàdroma es de mayor tamaño y con una inclinación distinta que el resto.

En pinas inmediatamente basipetas sólo sus ápices tienen pinulas fusionadas: los márgenes son crenados. Pinulas innervadas por vena media y venas laterales cóncavas.

Las pinas situadas hacia la base sólo tienen pinulas fusionadas en su ápice; el resto son libres. Estas últimas son semejantes a las maduras descritas para la especie, pero de menor tamaño y están innervadas por sistemas similares, pero con menor número de venas laterales. Tal similitud ha permitido identificar estos fragmentos como ápices de fronda de P. cf. unita.

Características Cuantitativas:

Número de especímenes de Pecopteris cf. unita medidos para el análisis estadístico: 33. Para la descripción morfológica se tomó en cuenta un número mayor de ejemplares.

	Longitud (mm)	D.v.m. (mm)	D5vm. (mm)	L - D.v.m. (mm)
Valor Máximo	12.0	4.2	17.2	9.0
Valor Mínimo	4.8	2.0	8.0	2.0
Media	7.79	3.13	12.87	4.67
Desv. Est.	1.55	0.59	2.36	1.37

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
SFX-2	1	3%
SFX-5	26	78.8%
SLA-2	5	15.2%
SLA-4	1	3%

Comparación con especies parecidas

- 1828 Pecopteris unita. BRONGNIART: p. 342; lám. 116 (1-5).
 1869 Pecopteris (Cyath.) unita Brongniart. SCHIMPER: p. 505; sin ilustraciones.
 1910 Ptychocarpus unita Brongniart. SEWARD: p. 397-(398); fig. 291 (a, b) [dibujo de fructificación].
 1925 Pecopteris unita Brongniart \ Ptychocarpus unita (Brongniart) Weiss. NOË: p. 15 (solo mención); lám. 34 (1, 2), lám. 35 (1-2). Pensilvánico. Illinois, Norteamérica.
 1927 Pecopteris (Ptychocarpus) unita Brongniart. HALLE: p. 95-96; lám. 23 (14-15?), lám. 25 (10). Pérmico (Superior). Serie Shihotse, Shansi Central, China.
 1938 Ptychocarpus unitus (Brongniart). BELL: p. 77; lám. 72 (2), lám. 73 (4-6). Westfaliense C y D. Nueva Escocia, Canadá.
 1954 Pecopteris (Ptychocarpus) unita Brongniart. MENENDEZ AMOR & JONGMANS: p. 311 (solo mención); lám. 43 (1) [dibujo]. Carbonífero. Asturias, España.
 1958 Pecopteris unita Brongniart. WAGNER & BREINER: sin descripción; lám. 1 (5-5a). Estefaniense Inferior. Palencia, España.
 1959 Pecopteris unita Brongniart. RENVY & RENVY: p. 152; Fig. 129 (a, c, d) [dibujos]. Westfaliense a Pérmico. Kotliengendes.
 1963 Ptychocarpus unitus (Brongniart) Kidston. CRIDLAND, NORRIS & BAXTER: sin descripción; lám. 20 (40). Pensilvánico. Kansas, Norteamérica.
 1965 Pecopteris unita Brongniart. STOCKMANS & WILLIERE: sin descripción; lám. 26 (2, 2b), lám. 28 (4, 4a). Estefaniense, NW España.
 1965 Pecopteris unita Brongniart. WAGNER: p. 129-130; lám. 19 (41). Carbonífero Superior. NW España.
 1985b Pecopteris unita Brongniart. WAGNER: p. 206; lám. 17 (3). Estefaniense. Puertollano, España Central.
 1986 Ptychocarpus unitus (Brongniart) Zeiller. MOSBRUGGER & VOGELLEHNER: p. 140-143; lám. 7 (3-4); textfig. 20. Estefaniense. Hohengeroldseck, Alemania.

Las pinulas de Pecopteris unita Brongniart tienen grados variables de fusión lateral, desde solamente confluentes, hasta completamente fusionadas. La especie de la Formación Matzitzi tiene cierta similitud con aquellas en las que la fusión es muy reducida. A veces P. unita muestra rãquis de último orden grueso (Noë, 1925), al igual que en los fósiles de Matzitzi. En ambas especies las pinulas son de tamaño uniforme, (aunque en la segunda son de tamaño absoluto mayor), y cuando libres, los ápices a veces son redondeados oblicuos. La característica fundamental que establece la relación entre ambas especies es la presencia de venas laterales cóncavas. La vena media y las laterales son de grosor casi igual. En ciertos casos, se ha reportado venación marcada para P. unita (Stockmans & Willière, 1965; Mosbrugger & Vogellehner,

1986). Halle (1927) presenta pinulas parecidas a las partes terminales de la frondas de la especie de Matzitzi: la constitución de pinulas a partir de lóbulos es similar.

P. unita y la especie de la Formación Matzitzi difieren en varios rasgos importantes. En la primera con frecuencia hay pinulas fusionadas y el margen de la pina es recto, o a veces denticulado (Menéndez-Amor & Jongmans, 1954); aún cuando la fusión no es total, es más extensa que entre las pinulas de Matzitzi. En P. unita, el ápice de la pina de último orden termina abruptamente y en ciertos casos (Wagner, 1965 y 1985b) es un poco acuminado. Ráquis de último orden más delgado, con las pinulas bastante inclinadas sobre éste; casi nunca perpendiculares. Pinulas más pequeñas, más cortas, finas y angostas. Apices, cuando libres, regularmente redondeados. Venación menos marcada y más fina: vena media decurrente, arqueada y oblicua; venas laterales con inclinación y curvatura similar entre sí: no tienen punto de inflexión y sólo a veces las más distales son rectas. Son oblicuas, largas y separadas entre sí.

Respecto a las partes terminales de las frondas, P. unita presenta pinas de último orden (lobuladas) de menor longitud, con pinulas (lóbulos) más inclinadas sobre el ráquis que la especie de Matzitzi. Las pinulas en la primera tienen vena media decurrente inclinada, al igual que las laterales sobre la vena media; son un poco arqueadas y muy oblicuas (Halle, 1927).

Aunque la especie de la Formación Matzitzi es parecida a Pecopteris unita, no puede ser identificada como tal, pues hay diferencias importantes entre ambas. Tampoco puede relacionarse con el género-forma Fasciapteris: si bien éste incluye formas con venación del tipo de P. unita, hay fusión total entre las pinulas laterales, caracter ausente entre la especie aquí descrita.

Silva-Pineda (1970; pag. 18-20; lam. 10, figs. 1-3) identificó a fósiles como los descritos como Pecopteris unita.

Fasciopsis cf. hallei (Kawasaki) Gu & Zhi
Láminas 12 y 13

1. FASES ESTERILES. Lámina 12; Figuras 1 a 11.

Descripción

Fronδας cuando menos bipinadas. No se han encontrado pinas de último orden insertas al raquis de penúltimo orden. Raquis de último orden de 0.4 mm a 1.6 mm de ancho, en promedio de 0.8 mm, con un haz vascular fino o mediano de curso recto (Figuras 3, 5 y 9). A veces hay estriaciones finas, pero en algunos casos ninguna de estas estructuras es evidente.

Pina de último orden con márgenes rectos cuando las pinulas están totalmente fusionadas, o superficialmente crenados, cuando los ápices de las pinulas quedan libres. Porción subapical con pinulas laterales cortas fusionadas; pinula apical con venación como la de las laterales, con las que está totalmente fusionada, siendo el ápice de la pina atenuado y triangular oblicuo (Figura 2).

Raquis de último orden llegan casi al ápice de la pinula apical, bifurcándose terminalmente. Forma venas simples que constituyen la venación de la pinula apical. El tercero o cuarto par de venas contando del ápice a la base son una vez bifurcadas; básipetamente, las venas se dicotomizan dos o más veces, siguiendo un patrón lobatopteroide (Wagner, 1959b), constituyendo muy rápidamente sistemas con una vena media y laterales simples de curvatura cóncava, que innervan las pinulas laterales. En pinulas situadas progresivamente hacia la base de la pina, aumenta el número de venas laterales, constituyendo los sistemas de venación típicos de las pinulas maduras.

La fusión lateral entre las pinulas maduras puede ser total (Figuras 2, 3, 5, 6 y 9) o disminuir un poco, quedando sólo sus ápices redondeados libres (Figuras 1 y 4). Angulo de inserción de las pinulas es de 72° en promedio. Relación L/A de 2.6.

Vena media decurrente, de grosor uniforme (Figura 6); antes de

alcanzar el ápice de la pinula se bifurca, constituyendo el par más distal de venas laterales.

Venas laterales siempre simples, con curvatura cóncava característica, pronunciada entre las proximales y menos fuerte en las medias y distales, siendo estas últimas a veces rectas (Figura 8). Las venas cóncavas opuestas en una misma pinula parecen formar una U.

El par de venas basales en cada pinula son más largas que el resto y asimétricas entre sí: la catádróma tiene una curvatura suave, sin inflexiones o es casi recta, y es casi perpendicular al raquis. En comparación, la vena basal anádróma es fuertemente curvada, a veces con un punto de inflexión. Inicialmente forma un ángulo agudo cerrado con el raquis, para luego arquearse bruscamente hacia arriba, siendo casi paralela a la vena media (Figuras 3 y 5). Ambas venas, así como los pares en posición inmediatamente acrópeta, son oblicuos; sobrelapan las bases de pinulas de niveles distales, y en su parte distal son casi paralelas a la vena media.

Los pares de venas laterales medias y distales son levemente cóncavas sin inflexión; insertos a la vena media bajo ángulos más cerrados que las venas basales, y forman ángulos oblicuos respecto a la zona que corresponde al borde de la pinula.

Este patrón de venación puede tener modificaciones ligeras: las venas basales pueden ser más simétricas, más cortas y sobrelapan en grado menor las bases de venas distales. Por lo general, en los especímenes con este tipo de venación, la fusión lateral de las pinulas no es total (Figuras 1, 4 y 8).

PORCIONES TERMINALES DE FRONDAS:

Fragmentos de porciones apicales de frondas o de pinas de penúltimo orden de esta especie han sido identificados dado que sus pinulas de mayores dimensiones son de forma y venación semejante a las descritas anteriormente. Nunca han sido encontradas en conexión orgánica (Figuras

10 y 11).

Pinas de último orden de 23 a 27 mm de largo; triangulares y atenuadas, con ápices agudos. Raquis alcanza el ápice de la pina; produce venas o sistemas de venas laterales de complejidad variable, que se bifurcan en varios niveles de acuerdo al patrón descrito para Lobatopteris (Wagner, 1959b), y que procede basipetamente de la siguiente manera:

DISTAL

- Venas laterales simples; rectas o levemente cóncavas (2 o 3 pares).
- Venas laterales con una dicotomía de 2° nivel en el derivado distal de primer nivel (etapa de 3 terminales) (2 pares).
- Venas con una dicotomización de 3° nivel en el derivado proximal de la dicotomización de 2° nivel (etapa de 4 terminales asimétrica, tipo Lobatopteris) (2 pares, o 1 de un lado y 2 del otro).
- Dicotomización de 4° nivel en el derivado distal de la bifurcación de 3° nivel. En este punto es posible distinguir una vena media en este sistema de venas, por lo que se considera que está innervando a una pinula, totalmente fusionada a las contiguas.
- Aumento en el número de venas laterales simples que salen de la vena media, con la venación de las pinulas maduras.

PROXIMAL

Características Cuantitativas:

Para la descripción morfológica y el análisis estadístico de las fases estériles de Fasciopteris cf. hallei fueron tomados en cuenta 93 especímenes.

	Longitud (mm)	D.v.m. (mm)	D5vm. (mm)	L - D.v.m. (mm)
Valor Máximo	10.8	4.0	17.2	8.4
Valor Mínimo	2.8	1.2	6.0	0.8
Media	6.62	2.59	10.80	4.03
Desv. Est.	1.90	0.62	2.30	1.61

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-1	1	1.1%
LRM-2	1	1.1%
LRM-3	7	7.5%
LRM-4	64	68.8%
SFX-5	6	6.5%
SLA-1	10	10.8%
SLA-2	4	4.3%

ii. FASES FERTILES. Lámina 13; Figuras 1 a 6.

Descripción

Pinas de último orden completa o parcialmente fértiles; las pinulas fértiles ocupan porciones de extensión variable. Pueden ubicarse distalmente a las estériles, aunque la posición inversa es más frecuente (Figura 1), o pueden ocupar sólo un lado de la pina, el opuesto siendo estéril.

Râquis de último orden de 1.1 mm de anchura promedio. Pinulas con forma similar a las estériles, insertas bajo ángulos de aproximadamente 77°. Pueden estar fusionadas entre sí, o sólo sus ápices quedar libres. Relación L/A de 3.4 en promedio.

Vena media decurrente; con una hilera sinangios separados entre sí, dispuesta paralelamente en cada flanco de la vena media. Hileras de sinangios situadas aproximadamente a medio camino entre la vena media y la zona del borde; se extienden desde la base hasta aproximadamente 3/4 de la longitud total de la pinula. Los sinangios en cada hilera van de 3 a 5. La densidad promedio de sinangios en cada pinula es de 6.6 sinangios/cm (en cada lado de la pinula).

A cada sinangio en un lado de la pinula le corresponde uno en la hilera del otro lado, en posición opuesta, por lo que las pinulas y las hileras son simétricas bilateralmente. En todas las pinulas, los sinangios ocupan el mismo nivel, formando líneas de sinangios paralelas al râquis (Figuras 2, 3, 5 y 6). Hacia las partes terminales de la pina,

el número de sinangios en cada pinula disminuye, perdiéndose primero los más distales, hasta que en las zonas apicales sólo permanecen los proximales (Figura 2). Desarrollo acrópeto de las hileras de sinangios en las pinulas.

Sinangios formados aproximadamente por 5 esporangios dispuestos radialmente, posiblemente al rededor de una cavidad central, aparentemente muy pequeña. Cada sinangio es contorno circular, o cuando la preservación es muy buena, se delinean los bordes exteriores de los esporangios, siendo entonces el contorno del sinangio ondulado, y de aspecto estrellado (Figuras 1, 3, 5 y 6).

Pedicelo basal ausente o muy corto, dado que los sinangios casi nunca aparecen doblados sobre la lámina de la pinula.

Características Cuantitativas:

Número de especímenes de Fasciopsis cf. halleti fértiles usados en el análisis estadístico y en la descripción fue 21.

	Longitud (mm)	D.v.m. (mm)	D5vm. (mm)	L - D.v.m. (mm)
Valor Máximo	9.6	3.6	14.2	7.6
Valor Mínimo	3.2	1.2	5.6	1.8
Media	7.09	2.20	9.53	4.89
Desv. Est.	1.89	0.67	2.27	1.57

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-4	18	85.7%
SLA-1	3	14.3%

Comparación con especies parecidas

- 1927 Pecopteris arcuata Halle. HALLÉ: p. 80-84; lám. 19 (1-12), lám. 20 (1-3, 8-147, 4-7). Pérmico (Superior). Serie Shihhotse, Shansi Central, China.
- 1932 Pecopteris arcuata Halle. SZE: p. 3; lám. 1 (8). Pérmico. Kueichow, China.
- 1952 Pecopteris arcuata Halle. HSB: p. 250; lám. 3 (30B, 35)?. Pérmico. NE Yunnan, China.
- 1974 Fasciopsis halleti (Kawasaki) Gu & Zhi. GU & ZHI: p. 99 (página con traducción del chino por los autores); lám. 68 (8-12). Paleozóico de China. venillas parten

Halle describió en 1927 a Fecopteris arcuata. Posteriormente, Kawasaki (1934) cambió el nombre de esta especie, llamándola Fecopteris hallei, y Gu y Zhi (1974) establecieron la nueva combinación Fasciapteris hallei (Kawasaki) Gu & Zhi.

En la descripción de Fecopteris arcuata, Halle menciona e ilustra una especie de características variables, y con tipos transicionales entre extremos morfológicos, considerándolos a todos como partes de la misma especie. Existe una similitud notable entre el follaje aquí descrito para la Formación Matzitzi y sólo aquél de Fecopteris arcuata con pinulas fusionadas lateralmente, ilustrado en la lámina 20, figuras 8 a 12 y 14 del trabajo de Halle (1927): Pinas con márgenes superficialmente crenados o totalmente rectos; los sistemas de venas que innervan las pinulas fusionadas constituyen fascículos independientes, la vena media es un poco decurrente y de grosor similar al de las laterales; éstas últimas son oblicuas y un poco arqueadas. La disposición y la asimetría del par de venas laterales basales de cada fascículo en F. arcuata es similar a la que se encuentra en la especie de la Formación Matzitzi.

Los especímenes ilustrados para F. arcuata por Sze (1933) tienen fascículos formados por vena media ligeramente decurrente, al igual que en los fósiles de Matzitzi. Sin embargo, en la primera especie, las venas laterales no se notan con claridad. Hsü (1952) describe formas que coinciden con F. arcuata de Halle, y con los fósiles de Matzitzi, pero en la ilustración aparecen especímenes que no coinciden con la descripción dada por ese autor, quizás tratándose de un error de ilustración.

Fasciapteris hallei (Kawasaki) Gu & Zhi en Gu y Zhi (1974) corresponde en gran medida con las formas estériles de la especie de Matzitzi. Hay pinas con pinulas enteramente fusionadas, innervados por fascículos de venas formados por una vena media un poco decurrente y venas laterales oblicuas, con el par basal asimétrico. Difieren al presentar Fasciapteris hallei venas más finas, y carecer de pinulas parcialmente fusionadas.

No ha sido posible hacer una comparación entre las fases fértiles de Fasciapteris hallei y aquellas de la Formación Matzitzi.

Estos últimos pueden sin duda alguna ser asignados al género Fasciapteris, y están relacionados muy cercanamente con Fasciapteris hallei.

En un trabajo anterior, aparentemente las fases estériles de Fasciapteris cf. hallei fueron ilustradas como Neuropteris jugosa Crook. (Silva Pineda, 1970; pag. 24-25; lam. 5, fig. 3; lam. 12, figs. 5-6).

cf. Fasciapteris sp. Gu & Zhi
Lamina 13, Figuras 7 a 12

Descripción

Pinulas fértiles con lámina reducida constituyendo pinas de último orden fértiles; no se han encontrado especímenes con pinulas fértiles con lámina reducida y pinulas estériles maduras en la misma pina, pero hay dos especímenes con el ápice de la pina conservado. Tanto el ápice como la región subapical son estériles, con lámina parcialmente dividida, y la forma y patrón de venación del follaje estéril de Fasciapteris cf. hallei (Figura 8).

Vena media inserta al raquis bajo ángulos de 69° en promedio. Anchura promedio del raquis cercana a 1 mm.

La reducción lateral de la lámina puede ser incipiente, faltando sólo la porción que está entre el margen de la pinula y la hilera de sinangios; siendo el borde recto, o puede estar reducida casi por completo. Los ápices de las pinulas son redondeados o ligeramente agudos cuando la lámina foliar no está totalmente reducida, o el ápice sigue el contorno de los sinangios más distales.

Longitudinalmente, la reducción puede alcanzar la zona del raquis. Otras veces sólo queda una franja paralela a éste, siendo entonces las

bases de las pinulas confluentes.

Vena media decurrente, se desprende del haz vascular del raquis y sigue un curso recto o ligeramente sinuoso, aparentemente debido a la separación de venas laterales de la vena media, mismas que llegan hasta la porción basal de cada sinangio. Vena media de grosor casi constante en toda su extensión; sólo se adelgaza un poco distalmente.

En cada pinula hay dos hileras discontinuas de sinangios, cada una a un lado de la vena media. No queda espacio entre ésta y los sinangios. Cuando la lámina no está totalmente reducida, las hileras de sinangios se extienden desde la base hasta un poco más de $3/4$ de la longitud total de la pinula. Cuando la reducción de la lámina es completa, queda sólo una pequeña porción de lámina estéril distal al par de sinangios terminales.

La posición de los sinangios en una de las hileras de cada pinula es opuesta respecto a los sinangios de la hilera del otro lado, por lo que estas, y las pinulas, son simétricas bilateralmente. El nivel en el que se encuentra un par de sinangios en una pinula corresponde al nivel en el que se encuentran los pares opuestos de sinangios en pinulas contiguas.

Hay de 3 a 5 sinangios en cada hilera (4 en promedio), y la densidad es de 7.2 sinangios/cm en cada mitad de la pinula.

Los sinangios son de contorno circular o ligeramente elípticos (Figuras 9, 10 y 11), esto último puede deberse a que la estructura se dobló durante el proceso de fosilización, y aparece lateralmente. No ha sido posible observar el número de esporangios que constituyen a cada sinangio. La apariencia de estas estructuras no es la común de un sinangio tipo Ptychocarpus como el que se encuentra en Fecopteris unita (cf. Jennings & Millay, 1979; Mosbrugger, 1986) o en las fases fértiles de Fasciopsis cf. halleri (cf. Lámina 13, Figuras 1 a 6). Casi nunca es posible apreciar el contorno de los esporangios, ni la presencia de una cavidad central.

Características Cuantitativas:

Para el análisis estadístico y la descripción morfológica de cf.

Fasciapteris sp. fueron tomados en consideración 22 especímenes.

	Longitud (mm)	D.v.m. (mm)	DSvm. (mm)	L - D.v.m. (mm)
Valor Máximo	8.4	3.6	14.0	5.0
Valor Mínimo	3.6	1.8	7.6	1.6
Media	5.61	2.66	10.49	2.94
Desv. Est.	1.02	0.48	1.55	0.83

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-1	2	9.1%
SLA-1	14	63.6%
SLA-2	6	27.3%

Comparación con especies parecidas

No ha sido posible establecer una comparación entre el follaje fértil descrito y alguna especie conocida. En dos especímenes (uno de ellos es ilustrado en la Figura 8 de la Lámina 12), se encuentran los ápices de las pinas de último orden, que son estériles, y tienen venación como la de Fasciapteris cf. hallei.

En la descripción original de Fasciapteris hallei (Pecopteris arcuata, Halle, 1927) y en el trabajo de Gu y Zhi (1974) no se reportan las fases fértiles ni el tipo de fructificación asociado a esta especie. Sin embargo, en la misma publicación (pag. 100), Gu y Zhi describen una nueva especie del mismo género, en conexión con sinangios de tipo Ptychocarpus (Fasciapteris (Ptychocarpus) densata). Ptychocarpus Zeiller nom. cons. prop. (Mosbrugger & Vogellehner, 1986, p. 101 y p. 143) es el órgano reproductor asociado a Pecopteris unita, especie relacionada con el género Fasciapteris.

Las fases fértiles hasta ahora conocidas de los pecopteridios (y del grupo "Unitae") tienen pinulas con lámina entera. El follaje fértil con

lámina reducida de la Formación Matzitzzi muestra en este aspecto características únicas, lo cual lo separa de especies previamente conocidas.

A continuación se describen dos especies de afinidad incierta dentro del Orden Marattiales. Ambas muestran alto grado de lobulación en las pinulas y patrón de dicotomización en las venas laterales que incluye la formación de sistemas con cuatro terminales asimétricos, como en Lobatopteris (cf. Wagner, 1959b). El estado fragmentario de los fósiles y la finura de las venas laterales impiden seguir la secuencia de lobulación de las pinulas y el patrón de ramificación preciso de las venas. La forma de las pinas y pinulas, sus patrones de lobulación, las venas que los innervan y la disposición de los sinangios en los ejemplares fértiles asociados son propios y sumamente característicos. No ha sido posible asignar estos fósiles a algún género conocido.

Estas dos especies no fueron incluidas en los análisis estadísticos, y las descripciones que siguen son preliminares.

Marattiales gen. et sp. indet. 1

Lámina 14

1. FASES ESTERILES. Lámina 14: Figuras 1 a 5.

Descripción

Segmentos últimos (pinulas) de partes apicales de la fronda (o de pina de último orden) con lobulaciones en su margen, que son más profundas basipetamente, los segmentos constituyendo nuevos segmentos terminales, y las antes pinulas constituyendo pinas de último orden. Los nuevos segmentos terminales se subdividien a su vez, formando nuevos segmentos terminales en porciones basales de la fronda o de la (ahora) pina de

penúltimo orden.

Fronδας al menos tripinadas, posiblemente alcanzan uno o varios niveles superiores de división.

1. Apices de frondas o pinas de orden superior con rãquis de 0.4 mm de ancho en promedio, pinulas (segmentos terminales) con longitud promedio de 11.6 mm; insertas bajo ángulos de 33° en promedio y separadas de las contiguas por 5.6 mm en promedio. Son de forma triangular, atenuadas; ápices agudos y bordes rectos o ligeramente ondulados. Vena media sumamente delgada, alcanza el ápice; venas laterales muy finas, insertas bajo ángulos agudos. Venas laterales distales simples, basipetamente una o dos veces dicotomizadas. Venas con una dicotomía ubicadas a tres cuartas partes de la longitud total de la pinula; derivado acroscópico de la primera dicotomización se bifurca, formando un sistema de tres terminales. No se han observado venas laterales con mayor número de bifurcaciones (Figura 1 en parte apical y Figura 2).

2. Pinulas basipetas a las anteriores alcanzan 24.8 mm de longitud; rãquis con anchura promedio de 0.8 mm. Pinulas insertas bajo ángulos en promedio de 37°, venas medias están separadas de las de pinulas contiguas por 8 mm. Pinulas triangulares, atenuadas, ápices agudos o ligeramente redondeados. Márgenes rectos distalmente y muy superficialmente crenados proximalmente, o crenados más o menos profundamente. Vena media recta o un poco decurrente, proximalmente conspicua, adelgazandose distalmente. Venas laterales finas, las distales simples, basipetamente alcanzando hasta tres bifurcaciones, formando sistemas con cuatro terminales asimétricas tipo Lobatopteris (Figura 1, parte basal).

3. Pinulas basipetas con lóbulos más profundos, innervados por vena media y unas cuantas laterales. Estos lóbulos se consideran nuevas pinulas, y la pinula a partir de la cual se formaron pasa a ser pina de primer orden (Figura 5). Pinas de primer orden de 10 a 18.4 mm de largo, con 14.2 mm en promedio. Rãquis de penúltimo orden de 1 mm de ancho.

Pinulas insertas bajo ángulos de aproximadamente 66° y la distancia entre venas medias de pinulas contiguas es 5.7 mm.

Segmentos terminales con 3.3 mm de largo en promedio, rquis con menos de 0.4 mm de ancho, pinulas insertas bajo ngulos entre 55° y 60° . Pinulas altamente fusionadas; sólo con pices libres. Son redondeados o ligeramente agudos. Pinula basal catdroma en cada pina es ligeramente mayor, confluyente con la pinula basal androma de la pina inferior. Vena media decurrente y fina, por lo general alcanza el ápice. Venas laterales oblicuas, simples o una vez dicotomizadas.

4. Pinas basipetas con más de 37 mm de largo (Figura 3). Rquis de primer orden de 1 a 1.6 mm de anchura. Pinas de primer orden insertas bajo ngulos de 55° en promedio, basalmente rectas, separadas de las contiguas por aproximadamente 12.8 mm. Rquis de 2 orden de 0.6 mm de grosor. Pinulas con 6.6 mm de longitud promedio; insertas bajo ngulos de 55° en promedio. Son anchas, pices agudos, basalmente confluentes; del lado acroscpico constrictas y del basiscópico decurrentes. Vena media un poco decurrente, venas laterales finas. Entre éstas, las distales simples, las medias y proximales una o dos veces dicotomizadas, la segunda bifurcación surgiendo del derivado acroscpico de la primera. Estas nuevas pinulas lobuladas son segmentos últimos que aparentemente salen de pinas de (al menos) primer orden.

5. Segmentos terminales semejantes a los descritos para la fase 4, con dimensiones comperables (4.4 mm de longitud) (Figura 4). Innervados por vena media ligeramente decurrente y venas laterales simples o una vez dicotomizadas. Representan una etapa más avanzada en la segmentación de la lmina de la fronda, ya que estn insertos en una pina de al menos 2 orden. Rquis de 3 orden de menos de 0.4 mm de anchura; segmentos terminales insertos bajo ngulos cercanos a 54° . Pina de 2 orden de más de 15 mm de largo, inserta al rquis bajo ángulo de 60° , y bases entre contiguas separadas por 6.8 mm. Rquis de 2 orden de 1.2 mm de grosor.

con dos estrias longitudinales. Se une al rquis de 1° orden (principal de la fronda) formando un ángulo de 65°, y este último es de 4 mm de ancho. La pina de primer orden, en este nivel de la fronda, mide más de 50 mm.

ii. FASES FERTILES. Lmina 14; Figuras 6 a 8.

Sinangios sobre segmentos fértiles o pinulas con bordes profundamente lobulados. Pinulas fértiles desde 12 hasta más de 27 mm de largo; separadas de las contiguas por 7.3 mm, e insertas al rquis bajo ngulos de 58° en promedio. Este último con anchura media de 1.2 mm.

Pinulas (segmentos sobre los que estn los sinangios) de forma más o menos triangular, pice agudo, separadas por completo de las contiguas (Figura 6). El borde es dentado; con separación profunda entre dientes, mismos que por su vascularización podrian ser considerados como segmentos terminales o pinulas. Vena media basalmente recta; cada vena secundaria innerva a un "diente" por su parte central. A partir de las secundarias se separan venas laterales (terciarias) simples o una vez dicotomizadas (Figura 8).

Sinangios forman dos hileras paralelas a la vena media (Figura 7) y estn muy separados entre sí. Cada sinangio se ubica entre dos dientes, a veces ligeramente hacia la base de la pinula respecto a la regin entre dos dientes (Figuras 6, 7 y 8). Los sinangios estn dispuestos cerca de la vena media; la incisión del mrgen de la pinula llega hasta el sinangio.

Sinangios de contorno circular y simetría radial; cada uno compuesto por aproximadamente 4 esporangios dispuestos alrededor de una cavidad central. Cada sinangio es vascularizado por una vena secundaria que se bifurca cerca de la vena media; el derivado acroscpico innerva al sinangio, y el basiscópico innerva la lmina del diente (Figura 8).

Las pinulas estériles y fértiles descritas no han sido encontradas en

conexión orgánica; han sido asociadas con base en la similitud en forma de las pinas y segmentos terminales.

Para la descripción de *Marattiales* gen. et sp. indet. 1 se usaron un total de 18 ejemplares, de los cuales 11 son estériles. Algunos de éstos representan más de una de las etapas de desarrollo de las pinulas.

Localidades

Localidad	Número de especímenes	Porcentaje de la especie
LRM-1	1	5.6%
LRM-3	8	44.4%
SFX-5	5	27.8%
SLA-5	3	16.8%
Bx-1	1	5.6%

Marattiales gen. et sp. indet. 2

Lámina 15; Figuras 1 a 4.

Descripción

Follaje estéril que mediante la segmentación progresiva de las pinulas constituye nuevos segmentos terminales de características variables. Estos se encuentran fusionados casi por completo a los contiguos cuando la indentación del borde de la pina es incipiente (Figuras 1 y 4) o están separados de los contiguos, como pinulas independientes (Figura 3).

Segmentos terminales triangulares, ligeramente asimétricos, inclinados sobre el raquis con ápices agudos, bordes rectos o con indentaciones superficiales (Figuras 3 y 2 respectivamente). Son confluentes con los vecinos; del lado acroscópico un poco constrictos, y basicópicamente decurrentes. Innervados por vena simple que alcanza el ápice o con una o dos dicotomizaciones, o vena central (vena media) con un número reducido de venas laterales simples. Los primeros casos se observan en segmentos altamente fusionados, mientras que los últimos en segmentos grandes e independientes.

La "pinula" (segmento terminal) basal anádroma en cada pina es de

tamaño mayor y menos inclinada sobre el rãquis que el resto (Figuras 1 y 4).

Finas de ùltimo orden de tamaño variable, triangulares, atenuadas, con ápices agudos. Bordes dentados, superficialmente en porciones subapicales, más profundamente en partes medias y proximales. Son confluentes con las vecinas; del lado acroscòpico son constrictas, y basicòpicamente decurrentes. Rãquis de ùltimo orden un poco decurrentes, se extienden hasta el ápice o regiòn subapical de la pina.

Fina de ùltimo orden basal anãdroma en las pinas de penùltimo òrden de mayores dimensiones y más desarrollada que el resto (Figuras 1 y 4). Rãquis de penùltimo orden delgados, lisos o con una estria longitudinal: basalmente rectos o un poco decurrentes. Rãquis de antepenùltimo orden mediano, liso o con una estria longitudinal, y de aspecto rígido.

Los pedazos de roca en los que aparecen estos especimenes son sumamente fragmentarios, lo que impide saber a cual porciòn de una fronda correspondè un determinado fragmento. Adicionalmente, los caracterès de la venaciòn son poco evidentes, debido en parte a que èsta parece haber sido muy fina, y a que la calidad en la preservaciòn de estos ejemplares no es òptima. No se conocen las fases fèrtils de este follaje.

Nùmero de especimenes utilizados para la descripciòn de *Marattiales* gen. et sp. 2 es 22.

Localidades

Localidad	Nùmero de especimenes	Porcentaje de la especie
LRM-2	4	18.2%
LRM-4	17	77.3%
SLA-1	1	4.5%

Un pequeño fragmento de pina de *Marattiales*, sp. 2 fuè ilustrado previamente por Silva-Pineda (1970; pag. 21-22; lam. 11, fig. 3) como la fase lobulada de *Pecopteris miltoni* (Artis) Brongniart. Sin embargo, los

l6bulos de P. miltoni son redondeados, perpendiculares a la vena media (Dalinval, 1960; Noè, 1925), e innervados por fasciculos divididos varias veces (Dalinval, 1960), con un patr6n lobatopteroide (Bell, 1938; Remy & Remy, 1959; Wagner, 1959b).

CAPITULO 4
RESULTADOS DE LOS ANALISIS NUMERICOS

I. Análisis de agrupamientos para follaje estéril con venas laterales rectas.

Se consideraron siete especies en este análisis: P. cf. orientalis sp.

1. P. cf. orientalis sp. 2, Pecopteris cyathea, Pecopteris cf. ameromi,
Pecopteris cf. densifolia, Pecopteris cf. melendezi y Pecopteris sp. A.

El número total de especímenes medidos es de 334.

Los últimos siete grupos resultantes en este análisis son los que muestran una mayor homogeneidad interna en cuanto a las especies que los integran y simultáneamente, una separación mayor entre sí, es decir, la distribución de las especies en los grupos estadísticos alcanza una homogeneidad intragrupo alta al nivel siete, donde simultáneamente hay heterogeneidad alta intergrupala.

En la Figura 4-1a se muestra el dendrograma con los últimos 30 grupos constituidos para este análisis, y la Figura 4-1b muestra el dendrograma para los últimos siete grupos estadísticos. La Tabla 4-1 muestra la composición específica de cada uno de los grupos.

La homogeneidad específica intragrupo no es muy buena: cinco grupos (1, 34, 158, 6 y 2) están compuestos por tres o más especies, aunque sólo una es abundante. Dos grupos están compuestos por una sola especie (64 y 229): el último incluye sólo un espécimen.

Las variables cuantitativas por sí solas no permiten distinguir entre las especies con follaje estéril estudiadas, aunque son de utilidad cuando son consideradas a la par de caracteres de tipo cualitativo.

Pecopteris cf. orientalis sp. 1 se encuentra en tres grupos que se asocian cercanamente, con 90.5% de sus representantes en el grupo 2. Se relaciona con una parte de la muestra de Pecopteris cf. orientalis sp. 2 y con Pecopteris sp. A en segundo término.

TABLA 4-1: Composición de las agrupaciones estadísticas aceptadas para el análisis de follaje estéril con venas secundarias rectas.

	ESPECIES PRESENTES	MUM. INDIVIDUOS	% QUE REPRESENTAN DENTRO DEL GRUPO	% REPRESENTADO DE LA ESPECIE	NIVEL MAXIMO DE VARIABILIDAD INTRAGRUPPO
<u>GRUPO 1</u>	<u>P. sp. A</u>	7	63.6%	10.6%	45.9%
	<u>P. cf. densifolia</u>	3	27.3%	27.3%	
	<u>P. cf. melanderi</u>	1	9.1%	16.7%	
<u>GRUPO 229</u>	<u>P. cf. melanderi</u>	1	100 %	16.7%	0 %
<u>GRUPO 34</u>	<u>P. cf. orientalis sp. 2</u>	20	71.4%	42.6%	45.0%
	<u>P. cf. densifolia</u>	7	25.0%	63.6%	
	<u>P. sp. A</u>	1	3.6%	1.8%	
<u>GRUPO 64</u>	<u>P. cf. orientalis sp. 2</u>	5	100 %	10.6%	40.2%
<u>GRUPO 158</u>	<u>P. cf. orientalis sp. 1</u>	2	50.0%	4.8%	35.1%
	<u>P. cf. orientalis sp. 2</u>	1	25.0%	2.1%	
	<u>P. cf. ameromi</u>	1	25.0%	4.3%	
<u>GRUPO 6</u>	<u>P. cyathea</u>	94	59.9%	94.0%	36.8%
	<u>P. sp. A</u>	38	24.2%	57.6%	
	<u>P. cf. ameromi</u>	20	12.7%	87.0%	
	<u>P. cf. melanderi</u>	3	1.9%	50.0%	
	<u>P. cf. orientalis sp. 1</u>	2	1.3%	4.8%	
<u>GRUPO 2</u>	<u>P. cf. orientalis sp. 1</u>	38	42.7%	90.3%	43.0%
	<u>P. cf. orientalis sp. 2</u>	21	23.6%	44.7%	
	<u>P. sp. A</u>	20	22.5%	30.3%	
	<u>P. cyathea</u>	6	6.7%	6.0%	
	<u>P. cf. ameromi</u>	2	2.2%	8.7%	
	<u>P. cf. densifolia</u>	1	1.1%	9.1%	
	<u>P. cf. melanderi</u>	1	1.1%	16.7%	

Fecopteris cf. orientalis sp. 2 está en cuatro grupos: 44.7% de la muestra está en el grupo 2 y el 42.6% en el 34. Ambos grupos están lejanamente relacionados, por lo que la especie es dispersa en los agrupamientos estadísticos. Se relaciona por una parte con P. cf. densifolia, y por otra, con P. cf. orientalis sp. 2.

El 94% de la muestra de Fecopteris cyathea está en el grupo 6, y el 6% restante está en 2. Ambos grupos se relacionan cercanamente, por lo que la dispersión de la especie es baja. Se relaciona en los grupos estadísticos con Fecopteris sp. A y con P. cf. ameromi.

Fecopteris cf. ameromi se distribuye en tres agrupaciones, una de las

cuales (6) incluye al 87% de la muestra. El resto se reparte en el 2 y el 158. La relación en los grupos estadísticos es con P. cyathea.

Pecopteris cf. densifolia tiene el 63.3% de su muestra en el grupo 34, y 27.3% en el 1; éstos son relativamente cercanos. El 9.1% restante está en el 2, alejado estadísticamente de las agrupaciones anteriores. Esta especie comparte grupos estadísticos con P. cf. orientalis sp. 2 y con P. sp. A en segundo término.

Pecopteris cf. melendezi es sumamente dispersa: 50% de la muestra se encuentra en el grupo 6, y el resto se reparte en los grupos 2, 1 y 229. La distribución de esta especie coincide con la de P. sp. A.

Pecopteris sp. A tiene una distribución amplia en los grupos estadísticos, aunque la mayoría se encuentra en el 6 y el 2 (con 57.6% y 30.3% de la muestra, respectivamente), mismos que se relacionan cercanamente. El resto de la muestra está en los grupos 1 y 34, cercanos entre sí, pero alejados de los dos primeros. La especie comparte grupos estadísticos con P. cyathea, P. cf. densifolia y P. melendezi.

II. Análisis de agrupamientos para follaje fértil con hileras de sinangios continuas.

En el análisis del follaje fértil con filas de sinangios continuas se incluyeron 209 especímenes pertenecientes a las fases fértiles de tres especies: Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis sp. 1, Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis sp. 2 y Pecopteris (Asterotheca) cf. densifolia.

En este análisis de agrupamiento, los últimos cuatro grupos fenéticos en consolidarse son los que abarcan cada uno al mayor número de representantes de una determinada especie, y tienen el menor grado de mezcla entre especies. Las Figuras 4-2a y 4-2b muestran respectivamente los dendrogramas de los últimos 30 grupos formados y los últimos cuatro grupos fenéticos, que fueron aceptados por tener cada uno composición

especifica bastante homogénea. En la Tabla 4-2 se detalla la composición específica de éstos.

TABLA 4-2: Composición de las agrupaciones estadísticas aceptadas para el análisis de follaje fértil con filas de sinangios continuas.

	ESPECIES PRESENTES	NUM. INDIVIDUOS	% QUE REPRESENTAN DENTRO DEL GRUPO	% REPRESENTADO DE LA ESPECIE	NIVEL MAXIMO DE VARIABILIDAD INTRAGRUPO
<u>GRUPO 1</u>	<u>P. (A.) cf. orientalis</u> sp. 2	9	90.0%	10.5%	39.3%
	<u>P. (A.) cf. densifolia</u>	1	10.0%	9.1%	
<u>GRUPO 107</u>	<u>P. (A.) cf. densifolia</u>	4	66.7%	36.4%	55.6%
	<u>P. (A.) cf. orientalis</u> sp. 2	2	33.3%	2.3%	
<u>GRUPO 2</u>	<u>P. (A.) cf. orientalis</u> sp. 2	60	90.9%	69.8%	59.5%
	<u>P. (A.) cf. densifolia</u>	6	9.1%	54.5%	
<u>GRUPO 6</u>	<u>P. (A.) cf. orientalis</u> sp. 1	85	85.0%	100%	50.8%
	<u>P. (A.) cf. orientalis</u> sp. 2	15	15.0%	17.4%	

Las variables consideradas en este análisis de agrupamientos tienen buena capacidad para distinguir y diferenciar entre las formas de follaje consideradas; son especialmente útiles para establecer una separación entre las fases fértiles de Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 1 y Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 2. Los cuatro grupos fenéticos son relativamente homogéneos en las especies que los constituyen. Aunque cada grupo está formado por representantes de dos especies, la abundancia de una es muy superior a la de la otra.

Una parte importante (54.4%) de la muestra de Pecopteris (A.) cf. densifolia se encuentra en el grupo 2; 36.4% está en el 107, y 9.1% en el 1. Los tres grupos en los que se distribuye esta especie se relacionan cercanamente, y son compartidos con P. (A.) cf. orientalis sp. 2. Ambas tienen a la mayor parte de sus representantes en el grupo 2.

Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 2 tiene una dispersión grande en los grupos estadísticos: 69.8% de la muestra está en el grupo 2, 10.5% en el 1 y 2.3% en el 107. Estos tres grupos son cercanos en términos

estadísticos, y son compartidos con P. (A.) cf. densifolia. El 17.4% de P. (A.) cf. orientalis sp. 2 se encuentra en el grupo 6, mismo que comparte con P. (A.) cf. orientalis sp. 1. Hay una relación estadística mayor con P. (A.) cf. densifolia.

Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 1 tiene una dispersión baja, al encontrarse todos sus representantes en el grupo 6, que está aislado estadísticamente del resto. Muestra una similitud estadística sólo con P. (A.) cf. orientalis sp. 2.

III. Análisis de agrupamientos para follaje estéril con venas laterales cóncavas y follaje fértil con hileras de sinangios discontinuas.

Este análisis incluyó a Fasciapteris cf. hallei, con sus fases estériles y fértiles, el follaje fértil con lámina reducida de cf. Fasciapteris sp. y Pecopteris cf. unita (sólo estéril). Fue posible analizar simultáneamente fases estériles y fértiles, debido a que las variables consideradas pueden medirse en ambos. El total de especímenes medidos para este análisis es de 191.

El análisis de agrupamientos resultó de muy poca (o nula) utilidad para diferenciar entre las especies incluidas.

En niveles altos de agrupaciones, por ejemplo entre los últimos 50 grupos, la dispersión de cada una de las especies es muy alta, encontrándose representantes de cada una de ellas en casi todos los grupos estadísticos. En niveles inferiores de agrupamiento la heterogeneidad específica intragrupo se hace aún mayor. Se muestra la composición de los últimos ocho grupos en formarse, con cierta coherencia en términos puramente numéricos. Sin embargo, la composición específica de cada uno de ellos es mixta. La Figura 4-3a muestra el dendrograma para los últimos 30 grupos constituidos, y la Figura 4-3b es el dendrograma anterior reducido, mostrando solamente los ocho grupos finales. La Tabla 4-3 explica la composición específica de cada uno de ellos.

TABLA 4-3: Composición de las agrupaciones estadísticas aceptadas para el análisis de follaje estéril con venas laterales cóncavas y follaje fértil con filas de sinangios discontinuas.

	ESPECIES PRESENTES	NUM. INDIVIDUOS	% QUE REPRESENTAN DENTRO DEL GRUPO	% REPRESENTADO DE LA ESPECIE	NIVEL MAXIMO DE VARIABILIDAD INTRAGRUPO
<u>GRUPO 1</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	44	63.8%	47.3%	44.7%
	cf. <u>Fasciopsis</u> sp.	15	21.7%	68.2%	
	<u>F. cf. hallei</u> fértil	6	8.7%	28.6%	
	<u>P. cf. unita</u>	4	5.8%	12.1%	
<u>GRUPO 65</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	1	100 %	1.1%	0 %
<u>GRUPO 14</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	24	47.1%	25.8%	41.0%
	<u>P. cf. unita</u>	16	31.4%	48.5%	
	<u>F. cf. hallei</u> fértil	7	13.7%	33.3%	
	cf. <u>Fasciopsis</u> sp.	4	7.8%	18.2%	
<u>GRUPO 12</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	10	47.6%	10.8%	47.9%
	<u>F. cf. hallei</u> fértil	8	38.1%	38.1%	
	<u>P. cf. unita</u>	3	14.3%	9.1%	
<u>GRUPO 17</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	6	60.0%	6.5%	38.7%
	cf. <u>Fasciopsis</u> sp.	3	30.0%	13.6%	
	<u>P. cf. unita</u>	1	10.0%	3.0%	
<u>GRUPO 52</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	2	66.6%	2.2%	32.3%
	<u>P. cf. unita</u>	1	33.3%	3.0%	
<u>GRUPO 16</u>	<u>P. cf. unita</u>	5	62.5%	15.2%	31.9%
	<u>F. cf. hallei</u> estéril	3	37.5%	3.2%	
<u>GRUPO 24</u>	<u>F. cf. hallei</u> estéril	3	50.0%	3.2%	29.5%
	<u>P. cf. unita</u>	3	50.0%	9.1%	

Los últimos tres grupos en formarse (52, 16 [incluyendo a 16 y 24] y 1 [incluyendo a 17, 1, 65, 14 y 12]) tienen una buena independencia entre sí y homogeneidad interna baja en términos puramente estadísticos. Sin embargo, al igual que en niveles superiores de agrupamiento, la heterogeneidad específica intragrupo es total.

Los resultados indican que las variables utilizadas no son adecuadas para diferenciar entre estas especies. Los intervalos de las variables consideradas están sobrelapados por completo en estas especies, y los rasgos que las distinguen son de tipo cualitativo.

Las fases estériles de Fasciopsis cf. hallei se encuentran en todos los grupos; sin embargo, muestra una ligera abundancia en el grupo 1,

donde está el 47.3% de la muestra, y en el grupo 14, con el 25.8%.

Las fases fértiles están repartidas en los grupos 12 (38.1% de la muestra), 14 (33.3%) y 1 (28.6%). Los dos primeros se asocian cercanamente, y en todos los grupos hay representantes del follaje fértil de la especie.

Peropteris cf. unita tiene una dispersión alta, al distribuirse en siete grupos estadísticos. 48.5% de la muestra corresponde al grupo 14, y el resto se encuentra repartido mas o menos equitativamente en los grupos 1, 12, 17, 52, 16 y 24.

El follaje fértil con lámina reducida de cf. Fasciapteris se encuentra en tres grupos: el 68.2% de la muestra está en el grupo 1, el 13.6% en el 17, y el 18.2% en el 14. Aunque estos grupos son relativamente cercanos, cada uno es muy heterogéneo; en todos hay representantes de F. cf. unita.

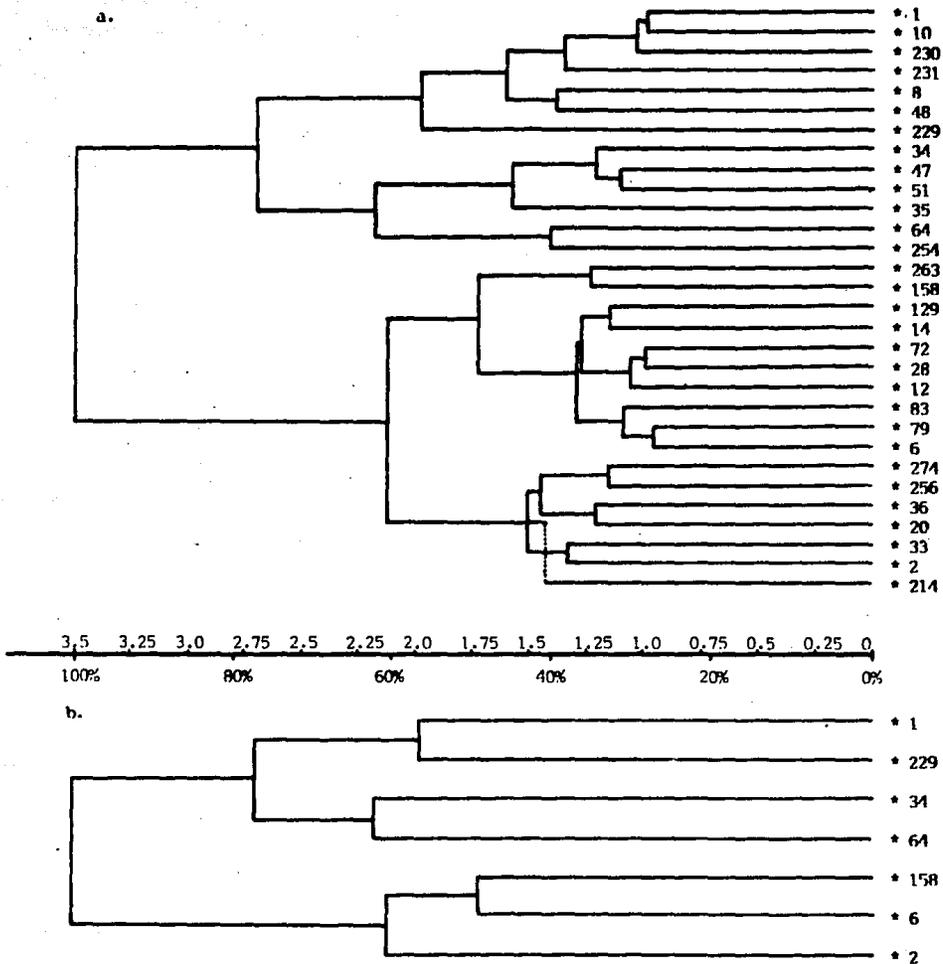


FIGURA 4-1: Dendrogramas del análisis estadístico para follaje estéril con venas laterales rectas.

a: Últimos 30 grupos que se unen.

b: Últimos 7 grupos fenéticos en unirse. Se considera que a este nivel el análisis estadístico muestra el mejor nivel de homogeneidad específica intragrupo, y simultáneamente, heterogeneidad específica entre los grupos.

La línea horizontal central indica para ambos dendrogramas el nivel en valor absoluto al que se unen los grupos, así como en porcentaje. Los números de la extrema derecha indican la denominación de los grupos formados en cada dendrograma.

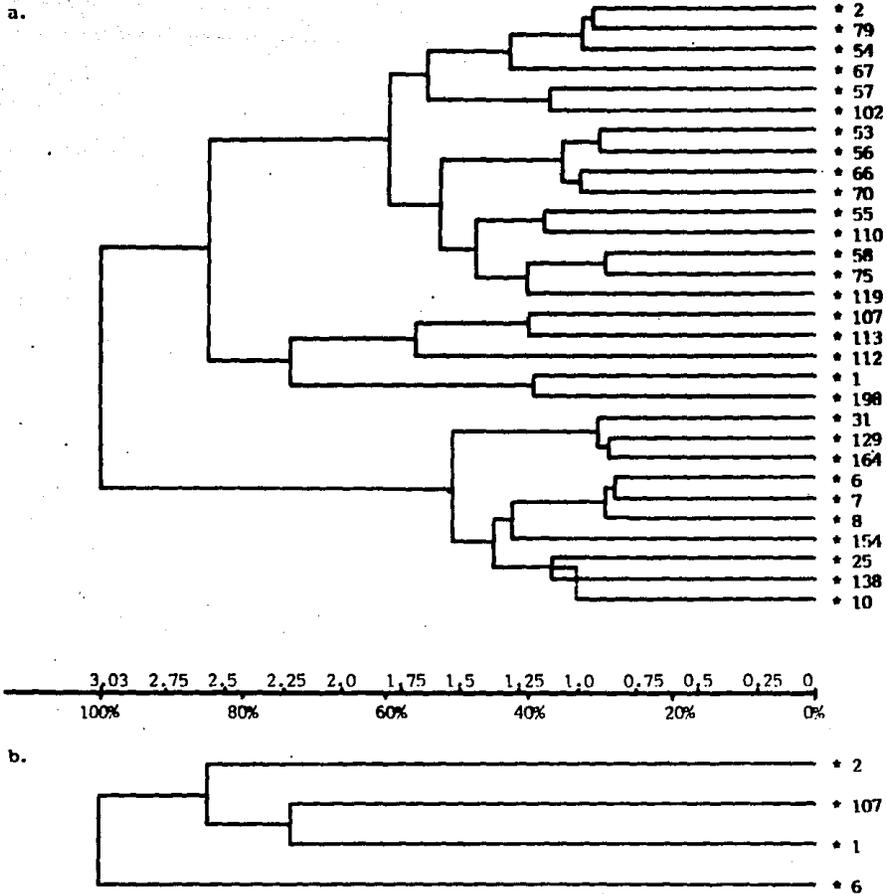


FIGURA 4-2: Dendrogramas resultantes del análisis estadístico para follaje fértil con hileras de sinangios discontinuas.

a: Ultimos 30 grupos que se unen.

b: Ultimos 4 grupos fenéticos en unirse. Se considera que a este nivel el análisis estadístico tiene un buen nivel de homogeneidad en la composición específica de los grupos, y simultaneamente hay heterogeneidad en la composición entre los grupos.

La línea horizontal central indica para ambos dendrogramas el nivel en valor absoluto al que se unen los grupos, así como los valores en porcentaje. Los números de la extrema derecha indican la denominación de los grupos fenéticos en cada dendrograma.

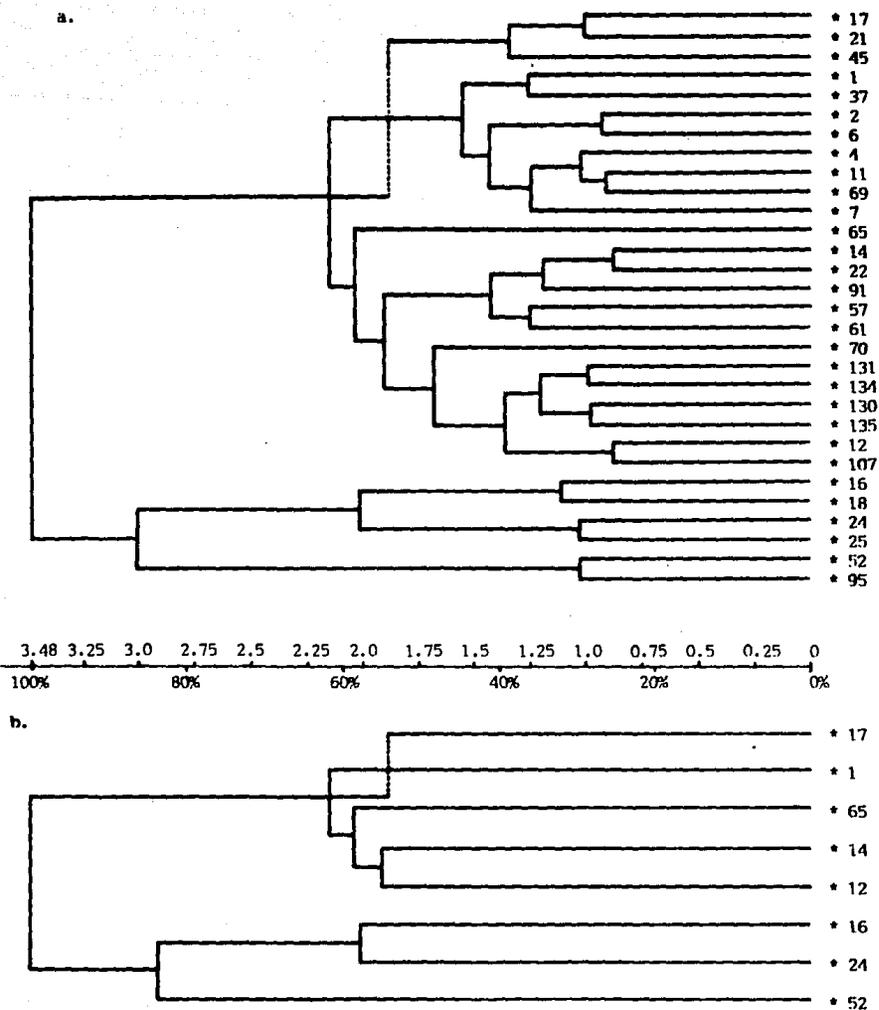


FIGURA 4-3: Dendrogramas del análisis estadístico para follaje estéril con venas laterales cóncavas y follaje fértil con hileras de sinangios discontinuas.

a: Últimos 30 grupos que se unen.

b: Últimos 8 grupos fenéticos en unirse. Aunque en términos cuantitativos estos parecen ser relativamente coherentes, ninguno tiene homogeneidad específica interna. A este nivel puede notarse una reversión al nivel de 1.885. Las reversiones son fenómenos que ocurren en los métodos de agrupamiento jerárquicos, en los que la asociación entre OTU's y grupos se dá por una medida de valor central, específicamente un centroide.

La línea horizontal central indica para ambos dendrogramas el nivel en valor absoluto al que se unen los grupos, así como su expresión en porcentaje. Los números de la extrema derecha en cada dendrograma indican la denominación de los grupos formados.

CAPITULO 5 DISCUSION

A continuación se discuten los criterios con base en los cuales los especímenes de la Formación Matzitzi fueron agrupados y diferenciados entre sí, para formar grupos candidatos a ser considerados como especies. Para grupos con variabilidad interna amplia, se discuten los criterios bajo los cuales fueron considerados como parte de un mismo conjunto, y para todos los casos, se discuten las diferencias respecto a grupos de pecopteridios de la Formación Matzitzi con los que tienen semejanza. Los grupos son discutidos en el orden en el que aparecieron en las descripciones del Capítulo 3: inicialmente las especies de Pecopteris, posteriormente aquellas asociadas a Fascipetris y finalmente dos especies de afinidad genérica incierta pertenecientes a Marattiales.

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis sp. 1 y Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis sp. 2 se distinguen de muchas otras especies al poseer rasgos cualitativos especiales. Estos se refieren a las pinulas relativamente anchas, con bordes rectos y paralelos (al menos para las fases estériles), ápices redondeados y venas laterales una vez dicotomizadas.

Los intervalos de los valores cuantitativos de longitud, anchura y longitud-anchura de las pinulas son amplios para ambas especies, sin embargo, P. (A.) cf. orientalis sp. 1 (principalmente colectada cerca de San Francisco Xochiltepec) tiene valores menores en estas variables, mientras que P. (A.) cf. orientalis sp. 2 (frecuente cerca de San Luis Atlotitlán) es más grande. Estas diferencias de tamaño se expresan en los resultados de los análisis estadísticos, tanto para las fases estériles (parcialmente), como para las fértiles. Aunque los intervalos de tamaño son variables, las proporciones de las pinulas son bastante semejantes en ambas especies.

Además de las diferencias de tamaño promedio de ambas especies, hay diferencias cualitativas entre las fases fértiles respectivas:

El follaje fértil de P. (A.) cf. orientalis sp. 1 tiene pinulas con bordes convergentes hacia el ápice; comúnmente las pinulas son confluentes. Las hileras de sinangios siguen el contorno del margen de la pinula y se extienden desde la base hasta una zona muy cercana al ápice.

En contraste, las pinulas fértiles de P. (A.) cf. orientalis sp. 2 tienen bordes paralelos o convergentes hacia los ápices y bases rectas, nunca confluentes, sólo a veces la basiscópica un poco decurrente. Las hileras de sinangios dejan al descubierto una franja angosta del margen; son rectas y no alcanzan el área apical. Las pinulas apicales de las pinas son diferentes entre ambas especies; además, se distribuyen diferencialmente en los sitios de colecta.

Sin duda, las pinulas de ambas especies comparten características importantes, pero las diferencias mencionadas y la ausencia de formas transicionales indican la existencia de dos conjuntos definidos. Las diferencias existentes dan margen para proponerlas como especies distintas.

Estas dos especies pueden diferenciarse con facilidad de las otras de la Formación Matzitz. Sólo existe cierta similitud entre P. (A.) cf. orientalis sp. 2 y P. (A.) cf. densifolia, que son semejantes en la longitud y anchura de las pinulas, los intervalos respectivos se sobrelapan. Las fases estériles y fértiles de ambas comparten agrupaciones estadísticas. Sin embargo, hay diferencias importantes entre las dos especies:

a) en P. (A.) cf. densifolia los bordes de las pinulas son paralelos rectos o curvados, o convergentes hasta la parte media y divergentes distalmente mientras que en P. (A.) cf. orientalis sp. 2 los bordes son rectos paralelos y sólo a veces convergentes; nunca curvados.

b) los ápices de P. (A.) cf. densifolia son agudos en las pinulas

estériles y redondeados en las fértiles. En P. (A.) cf. orientalis sp. 2 los ápices son redondeados oblicuos en el follaje estéril, y en el fértil son redondeados, un poco más estrechos.

c) hay un espacio entre las bases de las pinulas de P. (A.) cf. densifolia. En P. (A.) cf. orientalis sp. 2 las pinulas estériles no dejan espacios entre sí; en las fértiles, la separación aparece a media altura, nunca a la altura del rãquis.

d) las hileras de sinangios son cercanas al mårgen de la pinula en P. cf. densifolia; no quedan espacios libres entre los sinangios y el mårgen. En P. cf. orientalis sp. 2 las hileras de sinangios son más internas en la lãmina de la pinula, y siempre queda un espacio libre entre estos y el mårgen.

e) proporcionalmente, las pinulas de P. cf. orientalis sp. 2 son más cortas y anchas que las de P. cf. densifolia.

Estas diferencias indican que se trata de dos especies distintas.

Pecopteris cyathea es una especie muy variable en el contorno de las pinulas, las cuales muestran muchas formas transicionales entre tipos morfológicos extremos. Esta variación parece reflejar diferencias en el desarrollo ontogenético o en la posición que tenían las pinulas en la fronda.

No existen diferencias intraespecíficas respecto a las variables evaluadas; gran parte de la muestra se encuentra en la misma agrupación estadística. Además, en todas las localidades se encuentra toda la gama de variantes en forma de la especie. Por lo anterior, los extremos morfológicos no se consideran formas independientes. Solamente las pinulas con predominancia de venas dicotomizadas podrían pertenecer a una especie distinta, ya que el patrón de venación tiene mucha importancia para la determinación de especies entre los pecopteridios. Sin embargo, la similitud general en forma con las pinulas con venas simples, su

presencia común en las localidades y en el agrupamiento estadístico, y la presencia ocasional de venas bifurcadas en las segundas, hace suponer que las primeras representan una variante extrema de Pecopteris cyathea.

P. cyathea y P. cf. ameromi muestran una asociación total en las localidades y a los grupos estadísticos a que pertenecen. Las siguientes razones indican que se trata de especies distintas:

Las pinulas maduras de P. cf. ameromi tienen ápices redondeados y son proporcionalmente más anchas que las de P. cyathea. También hay diferencias en cuanto a la separación lateral entre pinulas contiguas.

Las pinulas jóvenes de P. cf. ameromi son diferentes a las de P. cyathea al tener siempre bordes rectos y ser confluentes. Los ápices de las pinas de último orden también muestran diferencias importantes: en P. cf. ameromi hay un número variable de pinulas laterales fusionadas entre sí y a una pinula apical, que es de forma triangular y suavemente atenuada, en contraste con los ápices de las pinas de P. cyathea. Esta última diferencia es de importancia, ya que no sólo se trata de estructuras con forma distinta, sino que refleja diferentes patrones de desarrollo de la pina.

Pecopteris cyathea y Pecopteris cf. melendezi tienen una porción grande de sus especímenes en la misma agrupación estadística. Tienen además cierto parecido en las venas laterales simples de las pinulas. Zodrow (1970) ilustra pinulas muy parecidas a P. cf. melendezi como Pecopteris cyathea. Sin embargo, hay indicios importantes de que las formas registradas corresponden a dos especies distintas: P. cf. melendezi tiene pinulas más largas y proporcionalmente más delgadas, con la base y la porción apical ligeramente abultadas. Hay espacios entre pinulas vecinas, y los ápices de las pinas de último orden son distintos. También la frecuencia de venas laterales dicotomizadas es menor en esta

especie que en P. cyathea.

Pecopteris sp. A semeja cualitativamente y en tamaño a P. cf. melendezi y P. cf. densifolia, pero las tres tienen rasgos propios que las identifican como especies independientes.

Aunque P. cf. melendezi y Pecopteris sp. A comparten agrupamientos estadísticos y los intervalos de tamaño respectivos están sobrelapados, hay diferencias en las proporciones de las pinulas. Las de Pecopteris sp. A son más cortas y más anchas que las de P. cf. melendezi. Además las primeras están sólo ligeramente separadas de las vecinas, mientras que en P. cf. melendezi hay espacios anchos entre las pinulas. Los ápices de las pinulas de P. sp. A son agudos y atenuados, mientras que en P. cf. melendezi son redondeados. Sin embargo, estas especies se distinguen principalmente en que las venas de Pecopteris sp. A son bifurcadas, y en P. cf. melendezi son predominantemente simples.

El follaje de Pecopteris sp. A muestra cierta similitud con las fases estériles de Pecopteris (A.) densifolia en la forma general de las pinulas. En términos absolutos, las de P. cf. densifolia son más largas y anchas, pero proporcionalmente las pinulas de Pecopteris sp. A son más largas y estrechas. Estas diferencias cuantitativas son importantes, pues aunque ambas especies comparten tres agrupaciones estadísticas, cada una de ellas domina en grupos distintos.

Además, ambas especies difieren en la venación secundaria: aunque ambas tienen venas laterales una vez dicotomizadas, la separación entre los derivados de la ramificación es amplia en P. cf. densifolia, mientras que en P. sp. A los derivados divergen poco. También hay diferencias en la curvatura de los derivados y en su inclinación respecto a la vena media y el margen de las pinulas. La densidad de venación es menor en P. cf. densifolia (12.9 V.b./cm) que en P. sp. A (21 V.b./cm). Cada una de estas especies se distribuye en localidades diferentes.

Fascipteris cf. halleyi y Pecopteris cf. unita poseen las características básicas del grupo "Unitae": pinulas fusionadas en grado variable y venas laterales con una curvatura cóncava u oblicuas. Ambas especies poseen las características anteriores, sin embargo, difieren en varios aspectos de importancia que las caracterizan como especies separadas:

La fusión entre las pinulas contiguas es muy avanzada en F. cf. halleyi, mientras que en P. cf. unita es parcial y limitada a las porciones basales, entre las pinulas maduras.

Las porciones basales de las venas medias son decurrentes en F. cf. halleyi, y rectas o muy poco decurrentes en P. cf. unita. En la primera especie, el grado de curvatura cóncava es bajo, y se presenta en todas las venas laterales; en la segunda la curvatura es pronunciada entre las venas proximales, se hace más suave acropetamente y está ausente en las venas distales. Otra diferencia radica en que el par basal de venas laterales de las pinulas de F. cf. halleyi son a veces asimétricas y las de P. cf. unita son siempre simétricas. En Pecopteris cf. unita tanto la vena media como las laterales son gruesas y claramente marcadas, mientras que en Fascipteris cf. halleyi son finas.

Las variables tomadas en consideración en el análisis estadístico no son de utilidad para diferenciar entre F. cf. halleyi y P. cf. unita. Aunque las pinulas de P. cf. unita son en promedio un poco más grandes que las de F. cf. halleyi, los intervalos de tamaño respectivos están bastante sobrelapados. Además, la relación entre longitud y distancia entre venas medias contiguas (anchura) es muy parecida.

De manera general, cada una de estas especies se encuentra con mayor abundancia en localidades diferentes.

Las diferencias cualitativas entre el follaje estéril de P. cf. unita y el de F. cf. halleyi en primer lugar, junto con la distribución diferencial en las localidades de colecta muestran que se trata de

especies distintas. Ambas están relacionadas más cercanamente entre sí que con cualquiera otra especie de la Formación Matzitzi.

cf. Fascipteris sp. son pinulas fértiles con lámina reducida. En dos especímenes, el ápice de la pina de último orden es estéril y tiene venación similar a la de Fascipteris cf. hallei; por esta razón el follaje fértil con lámina reducida fue asignado tentativamente a este género.

cf. Fascipteris sp. presenta sinangios de contorno más bien elíptico en unidades fértiles con lámina reducida que representan pinulas modificadas. La forma de los sinangios puede deberse a que éstos se doblaron durante la fosilización, por lo que se ven de lado. Los esporangios no se han observado con claridad, lo cual quizás se debe a que los especímenes muestran la cara adaxial de las pinulas. También se ha considerado la posibilidad de que estos sinangios de contorno elíptico sean de tipo diferente de los que se conocen en Fecopteris unita y en el género afín Fascipteris.

Jennings y Millay (1979) señalan que el sinangio de Fecopteris unita fue descrito por Renault en 1883 como una estructura radialmente simétrica, y en una publicación posterior (1896), este autor se refirió a ese material con el nombre de Ptychocarpus Weiss (1869). Al examinar las descripciones e ilustraciones originales de Ptychocarpus en el trabajo de Weiss, Jennings y Millay (1979) reportan que los sinangios descritos por Renault no corresponden a ese género, pues Ptychocarpus Weiss es una estructura bipartita, simétrica bilateralmente, y aparentemente de contorno elíptico, dispuestas en tres filas sobre unidades que aparentemente representan pinulas. Por tanto, Jennings y Millay (1979, p. 918) concluyen que el material fértil de Fecopteris unita no puede ser referido al género Ptychocarpus Weiss.

Las frondas y pinas de Marattiales, gen. et sp. indet. 1 y Marattiales, gen. et sp. indet. 2 tienen un patrón de desarrollo que involucra la lobulación y segmentación progresiva de la lámina foliar. Los sistemas de venas laterales se dicotomizan en una secuencia determinada, pasando por una etapa en que las venas laterales tienen cuatro terminales dispuestas asimétricamente, como en Lobatopteris, género con el que, con excepción de la secuencia de ramificación de las venas laterales, tienen muchas diferencias. R. H. Wagner no pudo señalar identidad entre estas plantas y alguna especie o género conocido, aunque sugirió que las pinulas no lobuladas, con borde entero de la especie 2 se parecen al género-forma Cladophlebis del Mesozoico (Weber, com. pers., 1991). La pertenencia de la sp. 1 a Marattiales se comprueba por que tiene sinangios tipo Asterotheca.

Hay varias características que indican que ambos tipos de follaje representan dos especies distintas. En Marattiales, gen. et sp. indet. 2 los segmentos terminales son más delgados, más agudos e inclinados que en la sp. 1. Son de forma triangular, con ápices agudos, mientras que en la sp. 1 son anchos, apicalmente redondeados o un poco agudos. En Marattiales, gen. et sp. indet. 2 la indentación de los bordes de las pinas es más profunda, y la separación lateral es mayor.

En la sp. 2, las pinulas y pinas basales acroscópicas de cada pina de orden superior son mayores que las demás, y en la sp. 1 las basiscópicas adquieren tal preponderancia. La segmentación foliar y la ramificación de las venas se correlacionan en ambas especies de manera distinta. En la sp. 2, la división foliar se adelanta al incremento en complejidad de la venación, mientras que en la sp. 1 la separación de los lóbulos se da en porciones de la lámina innervadas por sistemas de venas bien desarrollados.

Además, ambas especies tienen una distribución diferencial en las localidades de colecta: aunque se encuentran en zonas comunes, nunca

comparten localidades. La sp. 2 es abundante en LRM-4, y en LRM-2 está en segundo lugar. En ambos sitios la sp. 1 no se encuentra. Esta última es abundante especialmente en LRM-3, y se ha colectado en varias localidades en todas las zonas, donde *Marattiales*, gen. et sp. 2 está ausente.

CAPITULO 6
CONCLUSIONES GENERALES

I. Sistemática

Se presentaron las descripciones de diez especies de helechos pectopteridios pertenecientes a dos géneros distintos: Pecopteris y Fascipteris. Además, se describieron dos especies de afinidad genérica incierta, pertenecientes a Marattiales.

Aunque la mayoría de las especies semejan especies referidas de otros lugares del mundo, solamente una de estas puede identificarse con una especie previamente descrita (Pecopteris cyathea). R.H. Wagner, al observar unos cuantos especímenes y las láminas de esta tesis, opinó que seguramente entre ellas hay algunas especies nuevas (Weber, com. pers., 1991).

II. Análisis numérico

Las características cuantitativas utilizadas en los análisis estadísticos por sí solas tienen capacidad limitada para diferenciar entre las especies descritas.

En el caso de las especies cuyas fases estériles fueron analizadas (Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 1, P. (A.) cf. orientalis sp. 2, P. cyathea, P. cf. ameromi, P. (A.) cf. densifolia, P. cf. melendezi y P. sp. A), las características cuantitativas utilizadas solamente permitieron delimitar algunas especies y determinar su grado de variación, pero no diferenciarlas de otras (P. cyathea), o bien, distinguir diferencias de tamaño importantes entre especies con caracteres cualitativos semejantes (P. (A.) cf. orientalis sp. 1 y P. (A.) cf. orientalis sp. 2).

En cuanto a las especies con fases fértiles conocidas analizadas (P. (A.) cf. orientalis sp. 1, P. (A.) cf. orientalis sp. 2 y P. (A.) cf. densifolia) las variables cuantitativas permiten diferenciar bien entre

estas. Tal diferenciación concuerda con aquella dada por los rasgos cualitativos distintivos de cada especie.

En el caso del análisis de agrupamientos para Pecopteris cf. unita, cf. Fasciopteris sp. y Fasciopteris cf. hallei estéril y fértil, las variables cuantitativas usadas no permiten distinguir entre estas especies. Los intervalos de las variables están sobrelapados por completo y aparentemente varían más intraespecíficamente que interespecíficamente.

Los resultados de los análisis de agrupamientos realizados en este trabajo no deben ser extrapolados a especies que no fueron evaluadas en los mismos, ni a los pecopteridios en general.

III. Alcance estratigráfico de la Formación Matzitzi y afinidad paleofitogeográfica de su flora.

Las especies de helechos pecopteridios descritas en este trabajo, al no corresponder precisamente a especies conocidas con anterioridad, no permiten determinar por comparación la edad exacta de los estratos de la Formación Matzitzi. Si las especies son nuevas, no pueden indicar la edad de los estratos, puesto que las especies nuevas, en el momento de su descripción, tienen un alcance estratigráfico puntual y una edad desconocida.

Sin embargo, R.H. Wagner opinó que el conjunto comparte el aspecto general de los pecopteridios permicos (Weber, com. pers., 1991). La presencia del género Fasciopteris en el conjunto refuerza su aspecto permico.

También debido a que los pecopteridios de la Formación Matzitzi no se pueden identificar con especies previamente conocidas, no pueden indicar con precisión la afinidad geográfica del conjunto de helechos. Algunos pecopteridios de la Formación Matzitzi son semejantes a especies europeas y norteamericanas (Pecopteris cf. aneromi, Pecopteris (A.) cf. densifolia, Pecopteris cf. melendezi y Pecopteris sp. A), mientras que

otros son muy parecidos a especies del pérmico de China y el Sureste asiático (Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 1, Pecopteris (A.) cf. orientalis sp. 2 y aquellas asociadas al género Fascipteris). Además, P. cf. melendezi y P. cf. densifolia tienen cierta semejanza con especies descritas para esta región.

El conjunto florístico de la Formación Matzitzi contiene elementos que indican edad pérmica para los estratos: Taeniopteris sp., Baiera sp. o Rhipidopsis sp., Sigillaria ichthyoleptis (sinónimo de S. brardii, del Pérmico Inferior) y el follaje asignado a Gigantopteridales. Hay otros elementos que se encuentran en estratos pérmicos, pero con géneros relacionados cercanamente en rocas más antiguas.

Entre las plantas reportadas recientemente para la Formación Matzitzi (Bautista, 1989; Weber, Magallón-Puebla & Centeno-García, 1987; Weber, Centeno-García & Magallón-Puebla, 1987; Weber, Magallón-Puebla & Sour-Tovar, 1989; Weber & Magallón-Puebla, 1989; Weber & Magallón-Puebla, 1991), algunas son afines a las que se encuentran en estratos pérmicos de China y el Sureste asiático. Estas son las hojas de Gigantopteridales y el follaje preliminarmente identificado como Baiera o Rhipidopsis. Las Gigantopteridales son un grupo característico de la Paleofitoprovincia de Cathaysia. Las hojas de Ginkgophyta con lámina foliar digitada y peciolo claramente diferenciado se encuentran típicamente en estratos del Mesozoico a nivel mundial. Sin embargo, se ha encontrado follaje con estas características en estratos pérmicos de Cathaysia (Chaloner & Meyen, 1973).

Entre los helechos pecopteridios de la Formación Matzitzi, sólo Fascipteris permite señalar una edad para los estratos, que sería pérmica, y una afinidad para la flora, que sería con las asociaciones florísticas de Cathaysia, encontradas principalmente en estratos localizados geográficamente en China y en el Sureste asiático.

La flora de la Formación Matzitzi tiene relación importante con

aquella de Cathaysia. Una interpretación nueva considera a la flora de Cathaysia no como una asociación que se desarrolló en un sitio geográfico en particular, sino bajo un concepto geográfico, climático y temporal. Aparentemente, la flora de Cathaysia representa a las asociaciones vegetales que habitaron en la región ecuatorial e intertropical, en un clima cálido y húmedo durante el Pérmico.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, J.G., 1896. Bosquejo geológico de México. Inst. Geológico de México. 270 p.
- BAUTISTA, J.C., 1989. Reporte del descubrimiento de Glossopteris en Puebla. Gaceta UNAM; Mayo 22, 1989. 2381:14-15.
- BELL, W.A., 1938. Fossil flora of Sydney Coalfield, Nova Scotia. Geol. Survey Canada. Memoir. 215(1):1-115; 107 lams.
- BERMUDEZ SANTANA, J.C., GUZMAN GOMEZ, O., HEREDIA CERVANTES, E., MACIAS VASQUEZ, J.L. & MORA CHAPARRO, J.C., 1986. Geología de la región de Los Reyes Metzontla, Puebla. VI Coloquio Paleobot. Palin. Resumen (sin paginación). Inst. Geol., UNAM.
- BERMUDEZ SANTANA, J.C., GUZMAN GOMEZ, O., HEREDIA CERVANTEZ, E. & MORA CHAPARRO, J.C., 1987. Estudio geológico estructural de la región de Los Reyes Metzontla, Caltepec, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias de la Tierra. E.S.I.A., I.P.N.
- BERTRAND, F., 1934. Observations sur la classification des vrais Pecopteris. C.R. Acad. Sci. Paris. 199:436-439.
- BLAZEY, E.B., 1974. Fossil flora of the Mogollon rim. Central Arizona. Palaeontographica Abt. B., 146(1-2):1-20, pls. 1-13.
- BRONGNIART, A., 1828 (-1837), Histoire des végétaux fossiles. 1:488 p. Dufour & d'Ocagne, Paris.
- BURCKHARDT, C., 1930. Etude synthétique sur le mésozoïque mexicain. Première Partie. Mémoires de la Société Paléontologique Suisse. V.IL. 280 p.
- CALDERON GARCIA, A., 1956. Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla. Congr. Geol. Internat., México. 20. Libro-Guia de la Excursión A-11. p:9-33.
- CARPENTIER, A., 1925. Empreintes végétales du carbonifère de la Sarthe et de la Mayenne. (II). Bull. Soc. Geol. France. 4° Ser. 25(1):363-368; lams. XII-XIII.
- CARRILLO MARTINEZ, M. & MARTINEZ HERNANDEZ, E., 1978. Evidencias de facies continentales en la Formación Matzitzi, estado de Puebla. Rev. Inst. Geol. Mex. UNAM. 5(1):117-118.
- CHALONER, W.G. & MEYEN, S.V., 1973. Carboniferous and permian floras of the northern continents. in: Hallam, A. (ed.), Atlas of Palaeobiogeography. Elsevier Sci. Publ. Co. pp:167-186.
- CRIDLAND, A.A., MORRIS, J.E. & BAXTER, R.W., 1963. The pennsylvanian plants of Kansas and their stratigraphic significance. Palaeontographica Abt. B. 112:58-92; lams. 17-24.
- DALINVAL, A., 1960. Contribution à l'étude des Pecopteridées. Les Pecopteris du bassin houiller du nord de la France. Etudes géologiques pour l'atlas de topographie souterraine. I. Flore fossile. 3:1-222. Lille.
- DE CSERNA, Z., 1970. Reflexiones sobre algunos problemas de la geología de la parte centromeridional de México. Libro-Guia de la excursión México-Oaxaca. Soc. Geol. Mex.:37-50.
- FLORES REYES, T., 1909. Datos para la geología del estado de Oaxaca. Bol. Soc. Geol. Mex. 5:107-128.
- GU & ZHI, 1974. An introduction to Chinese plant fossils. Part I. Chinese palaeozoic plants. Chinese Academy of Science, Nanking Palaeontology Department. Scientific Publishing House.
- HALLE, T.G., 1927. Palaeozoic plants from central Shansi. Palaeontologia Sinica, ser. A., v. 2, fasc. 1, 316 p., 64 lams.
- HERNANDEZ ESTEVEZ, S., 1980. Tramo de Puebla, Tehuacán, Zapotitlán-Salinas, Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, Puebla. México, D.F., Soc. Geol. Mex. Libro-Guia de la excursión al borde Noreste de la paleo-peninsula de Oaxaca. pp:11-13.

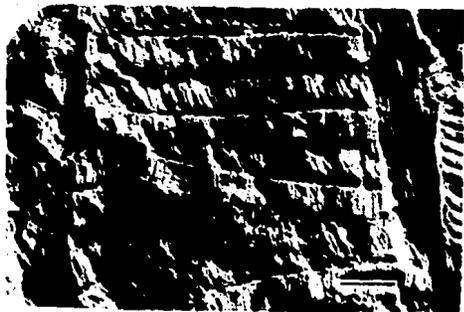
- HSU, J., 1952. Fossil plants from the K'uangshanch'ang coal series of North-Eastern Yunnan, China. The Palaeobotanist. Birbal Sahni Memorial Volume. 1:245-262; lams. 1-6.
- JENNINGS, J.R. & MILLAY, M.A., 1979. Morphology of the Fertile Pecopteris unita from the Middle Pennsylvanian of Illinois. Palaeontology. 22(4):913-920, pls. 123-124.
- KAWASAKI, . 1934. Heian Syst., II. Bull. Geol. Surv. Chosen. VI.
- KNIGHT, J., 1985. The stratigraphy of the Stephanian rocks of the Sabero Coalfield, León (NW. Spain) and an investigation of the fossil flora. Part III: Systematic palaeobotany: Pecopterids. Palaeontographica Abt. B., 197:1-80, pls. 1-17.
- LEMOIS de SOUSA, M.J. & WAGNER, R.H., 1985 (1983). New data on the fossil flora of the Pejao coalfield and the adjoining Faraduca No. 1 mine (Douro Basin, North Portugal). Contributions to the Carboniferous geology and palaeontology of the Iberian peninsula. Lemos de Sousa, M.J. (ed.): 157-170.
- MENENDEZ AMOR, J. & JONGMANS, W.J., 1954. Contribución al conocimiento de la flora carbonífera de Asturias. Estudios geológicos de España. 10(23-24):307-316; lams. XL-XLV.
- MORAN ZENTENO, D.J., 1986. Paleogeografía y paleomagnetismo precenozoicos del Terreno Mixteco. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias (Geología). Facultad de Ciencias. UNAM. 173 p.
- MOSBRUGGER, V., 1986. Zur Klassifikation der Pecopteridien: Ein Vergleich Traditioneller Gliederungen mit den Ergebnissen Einer Clusteranalyse. Palaeontographica Abt. B. 198(4-6):75-99.
- MOSBRUGGER, V. & VOGELLEHNER, D., 1986. Systematisch-Taxonomische un Phylogenetische Untersuchung der Pecopteridien-Taenioflora des Stephanian an der Hohengeroldseck Bei Lamr. Palaeontographica Abt. B., 199:91-192.
- MULLERRIED, F.R.G., 1933. Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla. An. Inst. Biol., UNAM. t4:33-46.
- NEHEJC, F., 1940. The pecopterides of the coal districts of Bohemia. Acta Musei Nationalis Pragae B2(1) (Geol. et. Palaeont. 1):1-28. Prag.
- NOE, A.C., 1925. Pennsylvanian Flora of Northern Illinois. Bull. Ill. Geol. Surv. 52, 113 p., 45 lams.
- ORTEGA GUTIERREZ, F., 1978. Notas sobre la geología del area entre Sta. Cruz y Ayuquila, estados de Puebla y Oaxaca. Paleontologia Mexicana. UNAM. 44:17-26.
- ORTEGA GUTIERREZ, F., 1981a. La evolución tectónica premisisipica del Sur de México. Rev. Inst. Geol. Mex. 5(2):140-157.
- ORTEGA GUTIERREZ, F., 1981b. Metamorphic belts of Southern Mexico and their tectonic significance. Geofis. Intern. 20(3):177-202.
- FACHECO, G.C. & ORTIZ, U.A., 1983. Estudio tectónico-estructural de Tehuacán-Córdoba. I.M.F. (Inédito).
- RAMIREZ, J., 1984. La acreción de los terrenos Mixteco y Oaxaca durante el Cretácico Inferior. Sierra Madre del Sur de México. Bol. Soc. Geol. Mex. 45:7-20.
- REMY, W. & REMY, R., 1959. Pflanzenfossilien. Ein Führer durch die Flora des Linnisch Entwickelten Paläozoikums. Akademie Verlag Berlin. 285 p.
- SCHIMPER, W. Ph., 1869. Traité de paléontologie végétale. Bailliere et fils., Edit., Paris. t. 1, 1869, 740 p.
- SCOTSESE, C.R., BAMBACH, R.K., BARTON, C., VAN DER VOO, R. & ZIEGLER, A.M., 1979. Palaeozoic base maps. J. Geology. 87(3):217-277.
- SEWARD, A.C., (1898) 1910. Fossil plants II. Cambridge University Press. v. 1, 1898: 452 p., v. 2, 1910, 624 p.
- SILVA PINEDA, A., 1970. Plantas del pensilvánico de Tehuacán, Puebla. Paleontologia Mexicana, 29, 108 p., 31 lam. Inst. Geol., UNAM.
- SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R., 1973. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 573 p.

- STOCKMANS, F. & WILLIÈRE, Y., 1965. Documents paléobotaniques pour l'étude du houiller dans le Nord-Ouest de l'Espagne. Mém. Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique, Bruxelles. 10 ser., Fasc. 79. pp. 1-14, pls. I-XXXVIII.
- SZE, H.C., 1933. Fossile Pflanzen aus Schensi, Szechuan und Kueichow. Palaeontologia Sinica. Ser. A. 1(3):1-32; 6 lams.
- TORRES, R., MURILLO, G. & GRAJALES, M., 1983. Estudio petrográfico y radiométrico de la porción Norte del límite entre los complejos Acatlán y Oaxaca. Soc. Geol. Mex. VIII Convención Geol. Nal. Resúmenes: 148-149.
- VETTER, P. 1957. Révision de la flore fossile du bassin houiller de St-Pierre-la-Cour (Mayenne). An. Soc. Geol. du Nord. 77:105-120; lams. XII-XIII.
- WAGNER, R.H., 1959a. Pecopteris pseudobycklandi Andrae and its generical affinities. Meded. Geol. Stichting. N.S. 12:25-30, lams. 14-16.
- WAGNER, R.H., 1959b. Some Stephanian pectopterids from NW. Spain. Meded. Geol. Stichting. N.S. 12:5-23, lams. 1-13.
- WAGNER, R.H., 1962. A brief review of the stratigraphy and floral successions of the Carboniferous of NW. Spain. C.R. 4e Congrès Carbonifère. Heerlen 1958. III:753-762, textfigs. 1-2, pls. 29-33.
- WAGNER, R.H., 1965. Palaeobotanical dating of Upper Carboniferous folding phases in N.W. Spain. Mem. Inst. Geol. Min. España. 66, 169 p., lams 1-77.
- WAGNER, R.H., 1985a (1983). Pecopteris hispanica sp. nov., an upper Stephanian fern from the Cihera-Matallana coalfield, NW. Spain. An. Fac. Cienc., Porto., Suppl. 44(1983):1-4.
- WAGNER, R.H., 1985b (1983). Upper Stephanian stratigraphy and palaeontology of the Fuertollano Basin, Ciudad Real, Spain. An. Fac. Cienc., Porto, Suppl. 64(1983):171-231.
- WAGNER, R.H. & BREINER, A. 1958. Una flora estefaniense inferior en el Monte San Cristóbal (Palencia, España). Estudios Geológicos. Inst. Invest. Geol. "Lucas Mallada". 14(13):5-30; lam. 1-3.
- WAGNER, R.H., TALENS, J. & MELENDEZ, E., 1985. Upper Stephanian stratigraphy and megafloora of the Henarejos (Province of Cuenca) in the Cordillera Ibérica, Central Spain. An. Fac. Cienc., Porto, Suppl. 64(1983):445-480. 'Papers on the Carboniferous of the Iberian Peninsula (Sedimentology, Stratigraphy, Palaeontology, Tectonics and Geochronology)'. Edited by M.J. Lemos de Sousa and R.H. Wagner.
- WEBER, R., CENTENO GARCIA, E. & MAGALLON FUEBLA, S., 1987. La Formación Matzitzi, Estado de Puebla, tiene edad Permo-Carbonífera. 2º Simposio Geología Regional de México. Programa y Resúmenes: 57-59. Inst. Geol., UNAM.
- WEBER, R., MAGALLON FUEBLA, S. & CENTENO GARCIA, E., 1987. Presencia de Glossopteris y de otras plantas de edad pérmica en la Formación Matzitzi, Estado de Puebla. 1º Congreso de Paleontología. I.M.F., Soc. Mex. Paleont. (Comunicación Verbal).
- WEBER, R. & MAGALLON FUEBLA, S., 1989. Nuevas plantas fósiles de la Formación Matzitzi del Estado de Puebla. VII Coloquio Paleobot. Palinol. Programa y Resúmenes. I.N.A.H., p. 21. (Resúmen).
- WEBER, R., MAGALLON FUEBLA, S. & SOUZA TOVAR, F., 1989. La flora paleozóica de Puebla. Información Científica y Tecnológica. 11(156):17-26 (Septiembre).
- WEBER, R. & MAGALLON FUEBLA, S., 1991. The mixed permian flora from south-central Mexico. Am. J. Bot. 78(6):128 (Abstract).
- ZODROW, E.L., 1990. Revision and emendation of Pecopteris arborescens group, Permo-Carboniferous. Palaeontographica Abt. B., 217(1-3):1-49, 8 pls., 20 figs., 4 tbs. in text.

L A M I N A 1

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis (Schenk) Potonié sp. 1 Fases Estériles

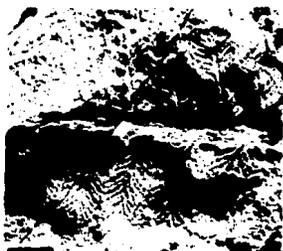
- 1: MPFC 87-465. x 1. pinas de último orden saliendo de rãquis de penúltimo orden. Apices de pinas de último orden.
- 2: MPFC 87-503. Escala = 5 mm. Pinas saliendo de rãquis de último orden. Estriaciones en el rãquis de último orden.
- 3: MPFC 87-380. x 3. Rãquis de último orden con estraciones finas, del que salen pinulas ligeramente inclinadas.
- 4: MPFC 87-465. x 3. Rãquis de último orden con haz vascular central, del que se desprende la vena media de cada una de las pinulas. Venas laterales dicotomizadas.
- 5: MPFC 87-465. x 3. Rãquis de último orden con haz vascular central. Pinulas con venas laterales una vez bifurcadas.
- 6: MPFC 87-397. x 3. Rãquis de último orden con estriaciones ligeras. Pinulas insertas bajo ángulos abiertos, venas laterales bifurcadas.
- 7: MPFC 87-503. x 3. Pinulas con venas laterales bifurcadas, ascendentes y derivados separados entre sí.
- 8: MPFC 87-503. x 3. Conexión orgãnica entre fases estériles y fértils. Pinulas con sinangios en la parte proximal de la pina y estériles en la parte distal.



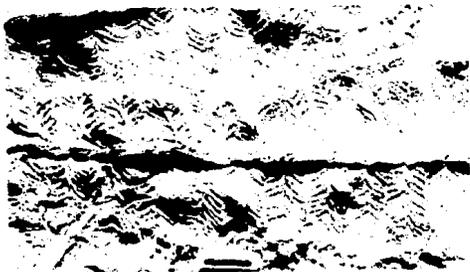
1



2



3



4



5



6



7

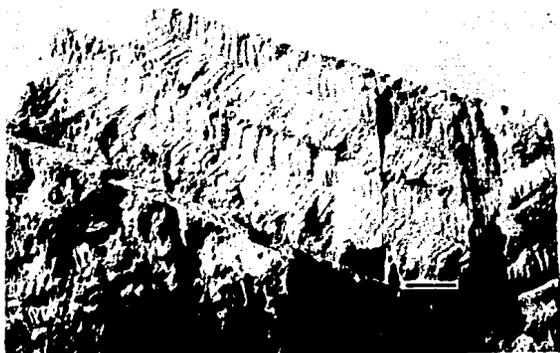


8

L A M I N A 2

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis (Schenk) Potonié sp. 1 Fases Fértiles

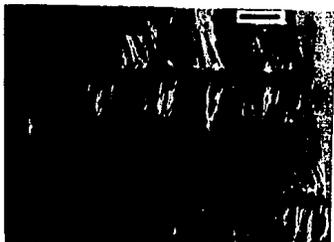
- 1: MFPC 87-465. x 1. Pinas de último orden fértiles saliendo de raquis de penúltimo orden.
- 2: MFPC 88-1454. x 1.5. Pinas de último orden con raquis con haz vascular delgado y pinulas fértiles.
- 3: MFPC 88-1426. x 2. Apice de pina de último orden. Pinulas subapicales fértiles, separadas. Raquis de último orden con estriaciones delgadas.
- 4: MFPC 88-1437. x 1.5. Pinas de último orden; raquis con haz vascular central, pinulas fértiles con bordes convergentes, pinula apical corta y ancha.
- 5: MFPC 87-436. x 1. Pinas fértiles saliendo de raquis de penúltimo orden grueso, con haz vascular central.
- 6: MFPC 88-1426. x 3. Pinulas con bordes convergentes y ápices agudos. Las hileras de sinangios continuas se extienden desde la base hasta el ápice de la pinula, casi tocando a los sinangios de la hilera opuesta.
- 7: MFPC 87-430. x 3. Pinulas fértiles con bordes paralelos y ápices redondeados o ligeramente agudos. Hileras de sinangios continuas, paralelas a los márgenes.
- 8: MFPC 87-334. x 3. Pinulas fértiles con hileras de sinangios extensas; la basiscópica a veces un poco decurrente, siguiendo el contorno de la base de la pinula.
- 9: MFPC 87-432. x 3. Pinulas fértiles con ápices redondeados o ligeramente agudos. Hileras de sinangios laterales que casi se tocan en el ápice de la pinula.



1



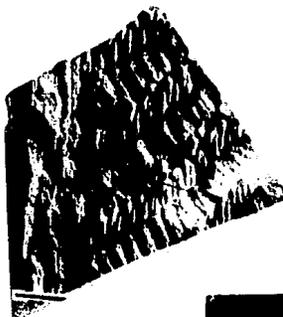
2



4



3



5



6



7



8



9

L A M I N A 3

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis (Schenk) Potonié sp. 2 Fases Estériles

- 1: IGM 504-B. Escala = 5 mm. Pinas de último orden con rãquis con estriaciones finas. Pinulas insertas abiertamente.
- 2: MPFC 87-562. Escala = 5 mm. Rãquis de último orden con estriaciones finas; pinulas de tamaño y forma homogéneos.
- 3: MPFC 87-560. x 2. Apice de pina de último orden. Pinula apical redondeada, pinulas subapicales que rapidamente aumentan de longitud.
- 4: MPFC 87-66. x 1. Apice de pina de último orden. Pinula apical lobulada y ligeramente aguda, pinulas subapicales que rapidamente aumentan de longitud.
- 5: MPFC 87-65. x 3. Pinulas con bordes paralelos, bases rectas y ápices redondeados. Venas laterales una vez bifurcadas, con los derivados divergentes entre si.
- 6: MPFC 88-B10. x 2. Pinulas con bordes paralelos, bases rectas y ápices ampliamente redondeados. Vena media recta basalmente, venas laterales marcadas, una vez bifurcadas, derivados paralelos convexos.
- 7: MPFC 88-B10. x 3. Rãquis de último orden con haz vascular longitudinal, del que se desprenden bajo curvaturas pronunciadas las venas medias de las pinulas. Venas laterales una vez dicotomizadas, con derivados paralelos y convexos.
- 8: IGM 502-23. x 2. Pinulas con venas laterales dicotomizadas una o mas veces. Sistemas de venas con una dicotomización de segundo nivel hacia porciones apicales y/o medias de algunas pinulas.
- 9: MPFC 87-562. x 3. Pinulas con una ligera separación de las vecinas, bordes paralelos y ápices ampliamente redondeados. Venas laterales una vez bifurcadas, los derivados paralelos convexos, o sólo la acroscópica convexa y la basicópica de recta a cóncava.
- 10: IGM 502-22. x 3. Pinulas con venas laterales con una o mas dicotomizaciones. Venas con una dicotomización de 2° nivel (etapa de tres-terminales) en porciones medias de algunas pinulas. Venas con dos dicotomizaciones de 2° nivel simétricas en porciones basales de la pinula.



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

L A M I N A 4

Pecopteris (Asterotheca) cf. orientalis (Schenk) Potoniè sp. 2 Fases Fértiles

- 1: IGM 505-7. x 1. Ràquis bifurcado, del que salen pinas de último òrden en las partes basales y medias, y pinulas en las partes distales, despuès de la bifurcaciòn.
- 2: MPFC 87-655. x 1.5. Ràquis de último òrden con haz vascular central. Pinulas fèrtiles con bordes paralelos y àpices redondeados.
- 3: MPFC 88-1168. x 1.5. Ràquis de último òrden con estrias finas. Pinulas fèrtiles con bordes convergentes y àpices ligeramente agudos. Las pinulas estàn un poco separadas de las vecinas, sobre todo hacia las zonas lejanas del ràquis de último òrden.
- 4: MPFC 87-629. x 2. Apice de pina de último òrden. Pinula apical alargada, independiente de las laterales, inclinada y con unos cuantos sinangios. Las primeras pinulas laterales son de tamaño mayor.
- 5: MPFC 87-658. x 3. Pinulas fèrtiles con bordes ligeramente convergentes y àpice agudo. Hileras de sinangios continuas, rectas, que no alcanzan el àpice de la pinula. Queda un espacio pequeño entre las hileras de sinangios y el borde de la pinula.
- 6: MPFC 87-652. x 3. Ràquis de último òrden con haz vascular y estriaciones finas. Pinulas fèrtiles con bordes rectos un poco convergentes distalmente y àpices redondeados o un poco agudos.
- 7: MPFC 87-631. x 1. Varias pinas de último òrden con pinulas fèrtiles. En la del extremo izquierdo se ve la pinula apical alargada, curvada y portando sinangios.
- 8: MPFC 87-668. x 3. Parte apical de pina de último òrden. Finulas fèrtiles con bordes ligeramente curvados, hileras de sinangios extensas, que dejan un espacio pequeño con el borde de la pinula y que siguen el contorno del mismo. Pinula apical ovoide, ligeramente ladeada y con sinangios.
- 9: MPFC 87-651. Pinulas fèrtiles con bordes rectos, àpices redondeados e hileras de sinangios rectas, que no se extienden hasta el àpice de la pinula.



1



2



3



4



5



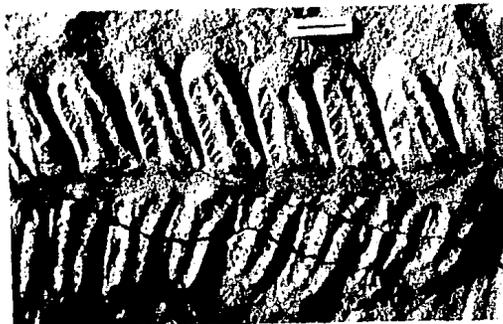
6



7



8



9

L A M I N A 5

Pecopteris cyathea (von Schlotheim) Brongniart

- 1: MPFC 87-465. x 1. Pinas de último orden saliendo de rãquis de penúltimo orden.
- 2: MPFC 87-34. Escala = 3 mm. Pinulas inclinadas sobre rãquis de último orden, bordes paralelos y ápices ligeramente acuminados.
- 3: MPFC 87-493. Escala = 3 mm. Pinulas con bordes convergentes, insertas casi perpendicularmente sobre rãquis ancho.
- 4: MPFC 88-1014. x 3. Apice de pinas de último orden. Pinula apical corta y redondeada, fusionada con las primeras pinulas laterales. Las pinulas laterales independientes son de bordes paralelos y ápices redondeados.
- 5: MPFC 87-495. x 3. Apice de pina de último orden: pinula apical corta y redondeada, mas o menos independiente. Pinulas laterales de forma triangular, bordes convergentes y ápice redondeado, separadas de las vecinas por espacios que se hacen mayores en zonas más alejadas del rãquis.
- 6: IGM 502-38. x 3. Apice de pina de último orden. Pinula apical corta y redondeada, ligeramente fusionada a las laterales inmediatas. Las pinulas laterales con bordes ligeramente convergentes y venas laterales dicotomizadas.
- 7: MPFC 88-1315. x 3. Pinulas con ángulos variables de inserción al rãquis. Bordes paralelos, ápices de redondeados a ligeramente agudos y venas laterales simples.
- 8: IGM 502-28. x 3. Pinulas separadas de las vecinas, con bordes convergentes o un poco incurvados. Vena media gruesa y laterales simples.
- 9: MPFC 87-118. x 3. Pinulas con bordes rectos o muy ligeramente convexos y ápices acuminados. Vena media ligeramente decurrente y laterales simples.
- 10: MPFC 87-179. Base de pina de último orden. El par de pinulas basales son de mayor tamaño y con una inclinación sobre el rãquis diferente que el resto. Las venas laterales son predominantemente simples.
- 11: IGM 502-24. x 3. Pinulas con bordes con una ligera curvatura y ápices redondeados. La vena media sigue la curvatura de la pinula, y las venas laterales una vez bifurcadas son muy frecuentes.
- 12: IGM 503-16. x 1. Parte terminal de la fronda. Pinas de último orden cortas y con pinulas fusionadas.
- 13: MPFC 89-1807. x 3. Porción subterminal de la fronda; pinas de último orden muy cercanas entre sí. Pinulas basalmente confluentes, vena media ligeramente decurrente y venas laterales simples. Este ejemplar no fue considerado en los análisis estadísticos.
- 14: MPFC 87-1. x 3. Rãquis de último orden con haz vascular fino; pinulas separadas de las vecinas, con bordes ligeramente curvados hacia adelante, ápices de redondeados a agudos. Venas laterales simples.
- 15: MPFC 87-444. x 3. Pinulas con bordes ligeramente convergentes y ápices redondeados. Vena media recta y laterales simples.



1



2



4



3



5



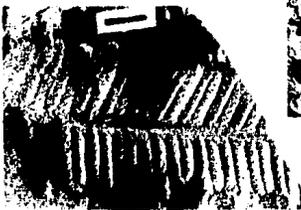
6



7



8



9



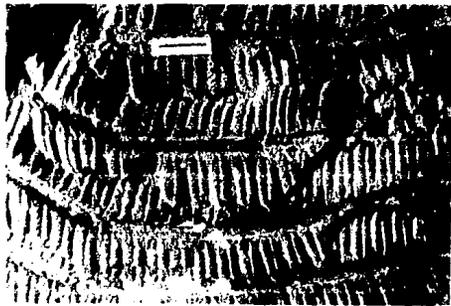
10



11



12



13



14



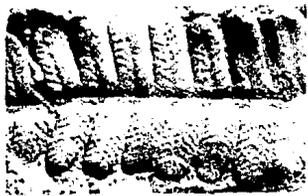
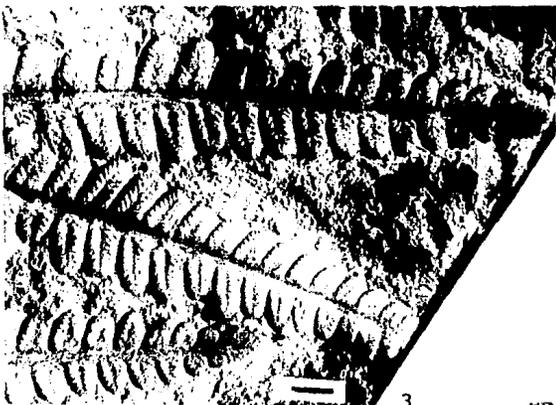
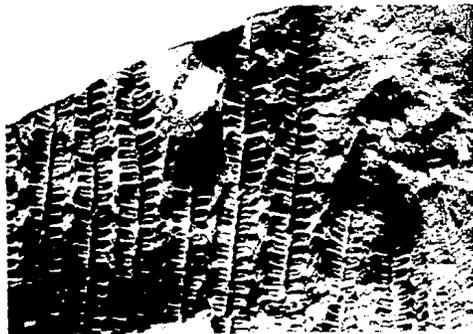
15

LAMINA 6

Pecopteris cf. ameromi Stockmans & Williére

- 1: MPFC 89-1860. Escala = 5 mm. Pinas de último orden mostrando sus partes apicales. En una de éstas, el rquis se bifurca; tiene pinulas estériles antes y después de la dicotomización. *
- 2: MPFC 89-1866. Escala = 5 mm. Pinas de último orden con pinulas homogéneas, cortas, anchas y con pices redondeados. *
- 3: MPFC 89-1860. x 3. Apice de pina de último orden. La pinula apical es triangular y ligeramente alargada, compuesta por las últimas pinulas laterales fusionadas. Las pinulas laterales tienen bordes rectos y pice redondeado. *
- 4: MPFC 89-1855. Escala = 3 mm. Pinas de último orden muy cercanas unas a otras. Rquis anchos de los que salen pinulas de tamaño y forma homogéneos. Pinas gradualmente atenuadas. *
- 5: MPFC 89-1870. x 1. Porciones basales de pinas de último orden cercanas a los restos del rquis de penúltimo orden. Las pinulas son homogéneas, aunque las más basales son de tamaño ligeramente mayor y están insertas más abiertamente al rquis. *
- 6: IGM 502-27. x 3. Apice de pina de último orden. La pinula apical es corta y redondeada, fusionada extensamente a las primeras laterales. Las pinulas laterales tiene bordes rectos y pice redondeado oblicuo. Las venas laterales son rectas, y las más basales son oblicuas.
- 7: MPFC 88-1556. x 3. Pinulas ligeramente separadas de las vecinas, con bordes ligeramente convergentes hacia el ápice y ápice de redondeado a un poco agudo. Venas laterales simples. *
- 8: MPFC 89-1883. x 3. Pinulas ligeramente alargadas, con bordes rectos y pices de redondeados a ligeramente agudos. Puede haber una separación pequeña entre pinulas vecinas. Venas laterales simples. *
- 9: MPFC 89-1869. x 3. Pinulas con venas laterales simples claramente marcadas. Bordes rectos y pice redondeado. *
- 10: MPFC 89-1865. Escala = 3 mm. pinulas de mayores dimensiones, separadas de las vecinas, con bordes convergentes y pices ligeramente agudos. Algunas venas laterales son bifurcadas. *

* Estos especímenes fueron colectados posteriormente a la realización de los análisis estadísticos. Sin embargo, fueron utilizados para la descripción de la especie.



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

L A M I N A 7

Pecopteris (Asterotheca) cf. densifolia (Göppert) Weiss
Fases Estériles

- 1: MPFC 87-541. Escala = 5 mm. Fragmentos de pinas de último orden. Râquis anchos.
- 2: MPFC 87-525. Escala = 5 mm. Fragmento de pina de último orden; râquis ancho con estriaciones muy finas, pinulas insertas abiertamente, bordes rectos, âpices redondeados y venas laterales dicotomizadas.
- 3: MPFC 87-528. x 3. Pinulas con bordes convergentes en su porci3n distal, âpice un poco agudo. Venas laterales dicotomizadas, donde a veces pueden noterse venillas recurrentes.
- 4: MPFC 88-1178. Râquis de último orden gruesos, con estriaciones finas y pinulas alargadas, con âpices agudos. Venas laterales ascendentes, dicotomizadas una vez.
- 5: MPFC 88-938. x 1. Pinas de último orden con pinulas alargadas y vena media gruesa.
- 6: MPFC 87-563. x 3. Râquis de último orden con haz vascular central. Pinulas alargadas, con bordes ligeramente convergentes y âpices agudos. Venas laterales separadas, ascendentes y bifurcadas una vez.
- 7: MPFC 87-511. x 3. Pinulas alargadas, con bordes rectos y âpices redondeados. Venas laterales ascendentes y dicotomizadas una vez.
- 8: MPFC 88-938. x 3. Râquis de último orden con rugosidades y haz vascular central. Pinulas con bordes ligeramente arqueados hacia adelante y âpices agudos. Vena media gruesa y laterales ascendentes y dicotomizadas una vez.
- 9: IGM 503-6. x 3. Râquis de último orden con haz vascular central. Pinulas alargadas, con bordes ligeramente incurvados y âpices redondeados, que tienen hileras de sinangios en sus porciones basales, mientras que en las partes distales muestran las venas laterales dicotomizadas.



1



2



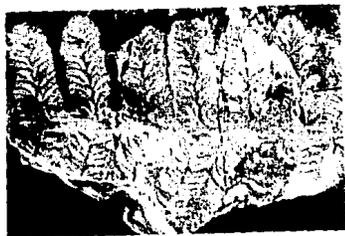
5



3



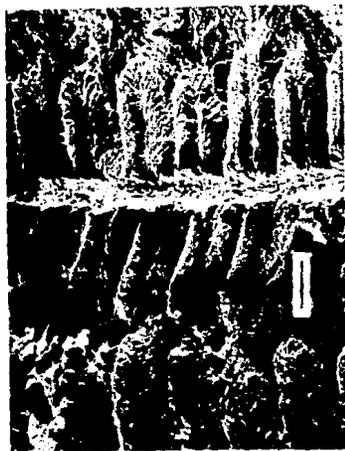
4



6



7



8



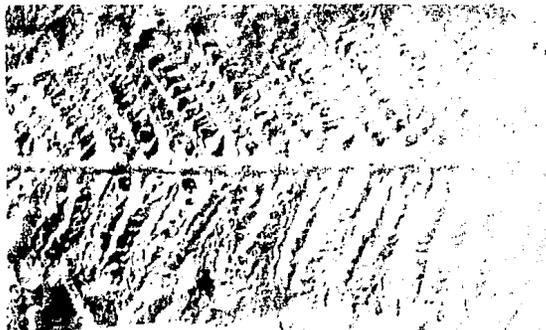
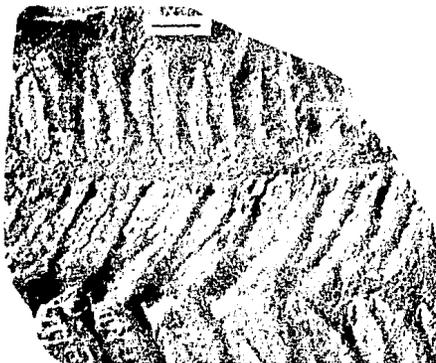
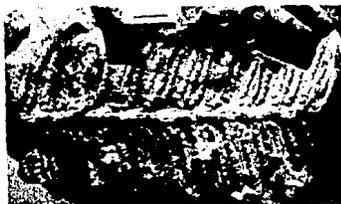
9

L A M I N A 8

Pecopteris (Asterotheca) cf. densifolia (Göppert) Weiss
Fases Fértiles

- 1: MPFC 87-637. x 1. Partes basales de pinas de último orden saliendo del raquis de penúltimo orden.
- 2: MPFC 88-1166. x 1. Fragmentos de pinas de último orden; raquis con estriaciones finas, pinulas alargadas, separadas de las vecinas.
- 3: MPFC 88-1167. Escala = 5 mm. Raquis de último orden con haz vascular fino. Pinulas fértiles con bordes ligeramente arqueados hacia adelante, ápices redondeados o un poco agudos. Hileras de sinangios junto al borde de la pinula, extensas.
- 4: IGM 504B-6. Escala = 5 mm. Raquis de último orden con haz vascular fino. Pinulas fértiles alargadas, ligeramente arqueadas hacia adelante.
- 5: IGM 504B-6. x 3. Vena media se separa del haz vascular del raquis; pinulas alargadas, con hileras de sinangios continuas, desde la base hasta una región cercana al ápice de la pinula. Las hileras están junto al margen y siguen el contorno del mismo.
- 6: MPFC 88-1166. x 3. Pinulas fértiles alargadas, separadas de las vecinas; bordes ligeramente incurvados y ápices redondeados. Las hileras de sinangios llegan cerca del ápice.
- 7: MPFC 88-1158. x 3. Pinulas fértiles alargadas, recurvadas y con ápices redoneados. Hileras de sinangios junto al margen de la pinula y que terminan próximas al ápice.
- 8: MPFC 87-113. x 3. pinulas fértiles alargadas y con ápices agudos.
- 9: MPFC 89-2004. x 3. Finas con pinulas fértiles. En una se puede ver la porción terminal, compuesta por una pinula apical independiente, corta y aparentemente inclinada lateralmente. Las pinulas inmediatamente hacia la base son de tamaño mayor. Hay sinangios en las pinulas de la región subapical y aparentemente en la pinula apical. *
- 10: MPFC 89-2004. x 3. Pinulas fértiles, con bordes paralelos y ápices redondeados, abultados. Las hileras de sinangios son rectas, y los sinangios parecen estar conservados lateralmente. *

* Este espécimen fué colectado posteriormente a la realización de los análisis estadísticos, por lo que no fué incluido en los mismos. Cabe la posibilidad de que se trate de una especie diferente a P. (A.) cf. densifolia.



L A M I N A 9

Pecopteris cf. melendezi Wagner

- 1: MPFC 88-783. x 1.5. Ràquis de último òrden con haz vascular fino. Pinulas con bordes incurvados, àpices redondeados, separadas de las vecinas.
- 2: MPFC 88-825. x 1.5. Pinulas alargadas, insertas perpendicularmente al ràquis; bordes incurvados y àpices redondeados.
- 3: MPFC 88-780. x 1.5. Pinulas con bordes ligeramente còncavos, àpices redondeados o abultados. A veces las pinulas arqueadas hacia adelante. Vena media gruesa basalmente, que se adelgaza conforme se aleja del ràquis.
- 4: MPFC 88-775. x 1.5. Pinulas separadas de las vecinas, insertas perpendicularmente, con bordes còncavos y àpices redondeados o abultados. Vena media se adelgaza distalmente, terminando lejos del àpice de la pinula.
- 5: MPFC 88-825. x 3. Pinulas alargadas, ligeramente arqueadas hacia adelante, con vena media que se adelgaza distalmente y venas laterales simples.
- 6: MPFC 88-773. x 2. Apice de pina de último òrden. Pinula apical triangular, corta y redondeada, fusionada con las primeras pinulas laterales. Las pinulas laterales independientes aumentan rapidamente en longitud, por lo que la pina es abruptamente atenuada.
- 7: MPFC 88-780. x 3. Pinulas insertas bajo àngulos abiertos, separadas de las contiguas, con venas medias gruesas proximalmente, que se hacen màs delgadas hacia el àpice de la pinula. Venas laterales simples.
- 8: MPFC 88-775. x 3. Pinulas de longitud variable, inserciòn perpendicular al ràquis, bordes còncavos, àpices redondeados abultados, venas medias gruesas basalmente, adelgazàndose distalmente. Venas laterales simples, espaciadas entre si.



1



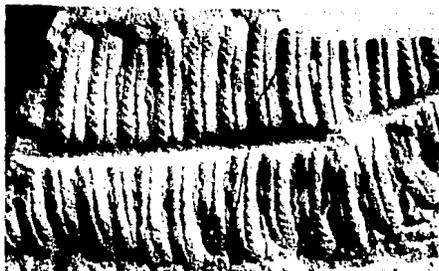
2



3



4



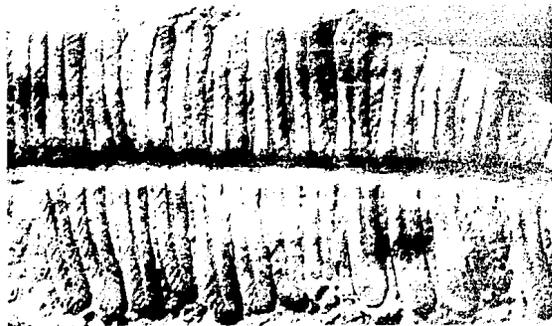
5



6



7



8

L A M I N A 10

Pecopteris sp. A

- 1: MPFC 87-201. Escala = 5 mm. Ràquis de último òrden haz vascular muy fino. Pinulas alargadas, separadas ligeramente de las contiguas y àpices redondeados.
- 2: MPFC 88-1302. x 1. Pinas de ultimo òrden insertas al ràquis de penúltimo òrden. Pinulas separadas de las vecinas.
- 3: MPFC 88-1250. x 2. Apice de pina de último òrden. Pinula apical estrecha y alargada, fusionada a las primeras laterales. Las pinulas subapicales con inclinaciòn diferente que el resto. Apice atenuado.
- 4: MPFC 88-1256. x 3. Apice de pina de último òrden. La pinula apical es redondeada y un poco ancha. Está fusionada parcialmente con el primer par de pinulas laterales. Las pinulas subapicales tienen una inclinaciòn similar al resto.
- 5: MPFC 88-1372. x 3. Pinulas alargadas, separadas ligeramente de las contiguas, bordes paralelos, bases confluentes y àpices de redondeados a agudos. Venas laterales dicotomizadas.
- 6: MPFC 88-1298. x 3. Pinulas ligeramente anchas, con bordes paralelos o el anàdromo un poco còncavo. apices redondeados. En el ràquis hay una o dos estriaciones longitudinales. Las venas laterales de las pinulas son dicotomizadas.
- 7: MPFC 87-210. x 3. Pinulas con bordes ligeramente convergentes y àpices agudos. Las venas laterales son una vez dicotomizadas.
- 8: MPFC 88-234. x 3. Pinulas alargadas insertas en ràquis anchos. Tienen bordes paralelos y àpices de redondeados a agudos, y venas laterales dicotomizadas.
- 9: MPFC 87-206. x 3. Ràquis de último òrden con haz vascular central y estriaciones finas. Pinulas alargadas, inclinadas, con bordes paralelos basalmente, y sòlo un poco convergentes hacia el àpice. Venas laterales dicotomizadas.
- 10: MPFC 87-240a. x 3. Pinulas alargadas, con bordes rectos o recurvados hacia adelante. Apices redondeados o ligeramente agudos, y venas laterales una vez dicotomizadas.



1



2



3



5



4



6



7



8



9

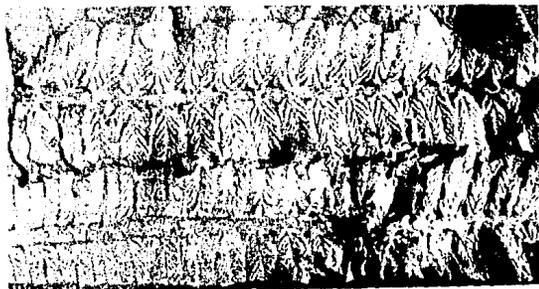


10

L A M I N A 11

Pecopteris cf. unita Brongniart

- 1: MPFC 89-1540. x 1.5. Finas de último orden con rãquis anchos, cercanas a las vecinas. Las pinulas son homogéneas en tamaño y forma.
- 2: MPFC 89-1978. x 1.5. Rãquis de último orden con haz vascular central. Las pinulas son ampliamente confluentes en la base, separadas, pero prõximas en la parte apical, y sus ápices son redondeados oblicuos o truncos.
- 3: MPFC 89-1963. x 1.5. Rãquis de último orden con estriaciones longitudinales. Pinulas confluentes basalmente, y separadas en su mitad distal.
- 4: MPFC 89-1565. x 1.5. Pina de último orden con pinulas con bordes rectos y ápices redondeados oblicuos o truncos.
- 5: MPFC 89-1540. x 3. Pinulas con bordes paralelos y ápices truncos. La vena media es recta basalmente; las laterales cercanas a la base tienen una curvatura cõncava pronunciada, que es mäs suave acropetamente, hasta que las venas mäs distales son rectas.
- 6: MPFC 89-1565. x 3. Pinulas basalmente confluentes, con la mitad distal separada y ápices redondeados. Vena media ligeramente decurrente.
- 7: MPFC 89-1973. x 3. Rãquis de último orden con punteaduras ligeras; pinulas con ápices truncos y vena media ligeramente decurrente. Venas laterales basales cõncavas y distales rectas.
- 8: MPFC 89-1965. x 3. Pinulas basalmente confluentes y mitad distal separada. Apices redondeados oblicuos. Venas marcadas; vena media recta, laterales proximales cõncavas y distales rectas.
- 9: MPFC 89-1980. x 1. Porción terminal de una fronda. Las pinas distales tienen pinulas completamente fusionadas. Las proximales tienen pinulas de forma y venaciõn similar a las maduras.
- 10: MPFC 89-1980. x 3. Pina de porciõn terminal de la fronda. No se distinguen pinulas individuales, y la ramificaciõn de las venas sigue un patrõn tipo Lobatopteris.
- 11: MPFC 89-1981. x 3. Pinula con un par de venas con una dicotomia (flecha).



2



3



4



5



6



7



8



9



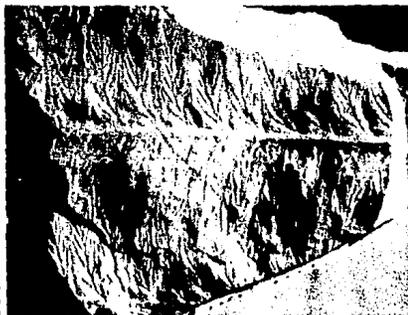
10

11

L A M I N A 12

Fasciopsis cf. hallei (Kawasaki) Gu & Zhi Fases Estériles

- 1: MPFC 88-1012. x 2. Pina de último orden con pinulas casi totalmente fusionadas, quedando sólo los ápices redondeados libres. Vena media decurrente, de la que salen laterales simples oblicuas.
- 2: MPFC 88-1010. x 3. Apice de pina de último orden en la que las pinulas están totalmente fusionadas. El ápice es triangular.
- 3: MPFC 88-1015. x 2. Pina de último orden con pinulas fusionadas, por lo que su borde es recto. Vena media decurrente. El par basal de venas laterales son asimétricas; la anádroma es inicialmente casi paralela al ráquis para luego curvarse bruscamente, alejándose del mismo, mientras que la catádroma es casi perpendicular al ráquis y paralela a la vena media.
- 4: MPFC 88-1082. x 3. Región subapical de pina cuyas pinulas mantienen sus ápices redondeados libres. La venación es más marcada, y el par de venas basales no son tan marcadamente asimétricas.
- 5: MPFC 88-1018. x 2. Pinulas totalmente fusionadas. Las venas (fascículos) son finas; la vena media es de grosor comparable al de las laterales. El par basal es asimétrico.
- 6: MPFC 88-1017. x 3. Pinulas totalmente fusionadas, con la venación de cada pinula individual formando fascículos. Las venas medias son muy decurrentes.
- 7: MPFC 88-983. x 3. Pinulas totalmente fusionadas, con venas marcadas. La vena media es decurrente y el par basal no es marcadamente asimétrico.
- 8: MPFC 88-1012. x 3. Pinulas fusionadas, pero sus ápices redondeados quedan libres. Venas de pinulas individuales forman fascículos, son finas, y la vena media es decurrente. El par de venas basales en cada fascículo es asimétrico.
- 9: MPFC 88-1057. x 3. Pinulas totalmente fusionadas, con fascículos de venas finas; vena media sólo un poco decurrente y par basal de venas laterales casi simétrico.
- 10: MPFC 88-806. x 3. Pinulas que aparentemente representan las porciones terminales de las frondas. Los ápices de las pinulas son libres, las venas marcadas, la vena media no es decurrente, y las laterales son poco oblicuas.
- 11: MPFC 88-801. x 3. Apice de pina aparentemente cercana al ápice de la fronda. Las pinulas están totalmente fusionadas, y hacia porciones basales muestran similitud con las pinulas maduras en el tipo de venación.



1



2



3



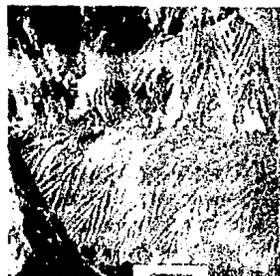
4



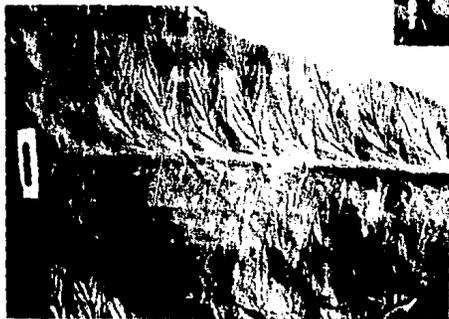
5



6



7



8



9



10



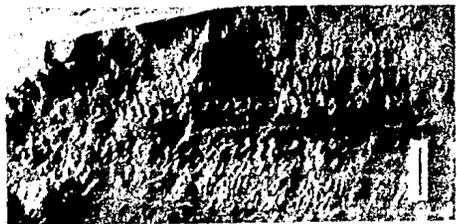
11

Fasciapteris cf. hallei (Kawasaki) Gu & Zhi
Fases Fértiles

- 1: MPFC 88-1082. x 2. Conexión orgánica entre pinulas estériles en la parte distal de la pina de último orden y pinulas fértiles en la zona proximal. Las pinulas no están totalmente fusionadas; quedan los ápices redondeados libres.
 - 2: MPFC 88-1037. x 3. Apice de pina de último orden con pinulas fértiles totalmente fusionadas. El ápice es triangular, y las pinulas subapicales tienen sinangios.
 - 3: MPFC 88-1032. x 2. Pinulas fértiles fusionadas, con los ápices redondeados libres. Hay espacios pequeños entre cada sinangio y sus vecinos; forman hileras discontinuas. Los sinangios muestran un contorno estrellado.
 - 4: MPFC 88-1054. x 2. Pinulas fértiles con hileras de sinangios discontinuas. Se logra ver la vena media, que es ligeramente decurrente, y los sinangios de un mismo nivel en todas las pinulas forman hileras paralelas al raquis.
 - 5: MPFC 88-1032. x 2. Pinulas fértiles con ápices libres redondeados e hileras de sinangios discontinuas, situadas cercanamente a la vena media. Los sinangios forman líneas paralelas al raquis. Puede notarse el contorno de los esporangios que componen a cada sinangio.
 - 6: MPFC 88-1064. x 3. Pinulas fértiles fusionadas, con hileras de sinangios discontinuas.
- cf. Fasciapteris Gu & Zhi sp.
- 7: IGM 502-2. x 1.5. Pina de último orden con pinulas fértiles con lámina reducida. Cada pinula consta de la vena media, dos hileras de sinangios, situadas una a cada lado de la vena media y las venillas que innervan a cada sinangio a partir de la vena media.
 - 8: IGM 502-5. x 3. Pina de último orden cuyo ápice es estéril y con venación similar a la de F. cf. hallei. Hay separación y reducción en la lámina de las porciones subapicales. Basipetamente se encuentran las pinulas fértiles con lámina reducida en las que a partir de la vena media salen venillas que innervan a cada estructura reproductora.
 - 9: IGM 502-10. x 3. Pinulas fértiles con lámina reducida. Las estructuras reproductoras son de contorno ligeramente elíptico.
 - 10: IGM 503-5. x 3. Pinulas con lámina reducida que portan estructuras reproductoras. En algunos casos, éstas son de contorno circular, y parecen estar constituidas por esporangios.
 - 11: IGM 502-2. x 3. Pinulas constituidas por una vena media decurrente y estructuras reproductoras de redondeadas a elípticas a cada lado de ésta.
 - 12: IGM 503-5. x 2. Pinulas con lámina reducida y estructuras reproductoras a cada lado de la vena media.



1



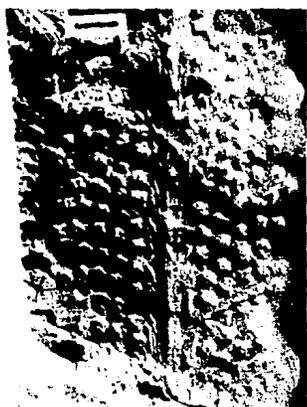
2



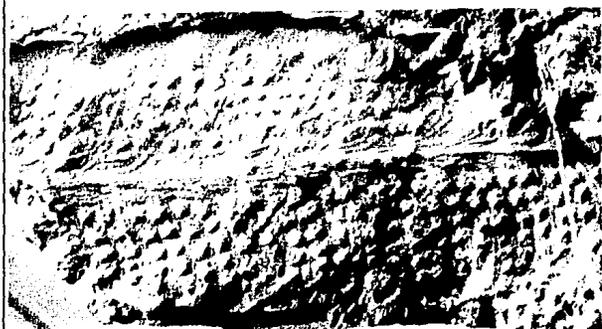
3



4



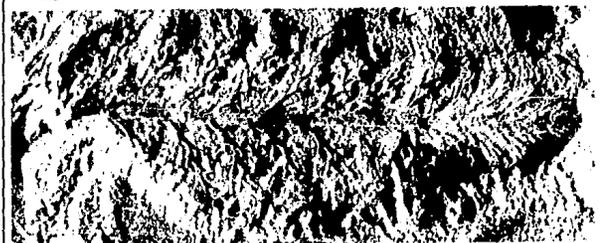
5



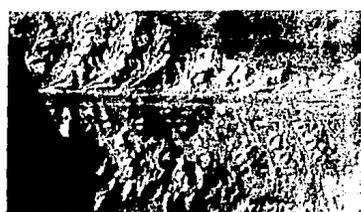
6



7



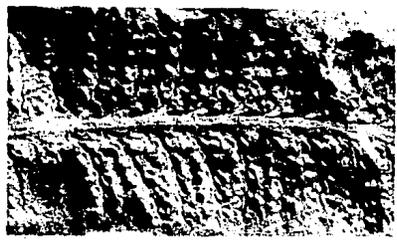
8



9



10



11

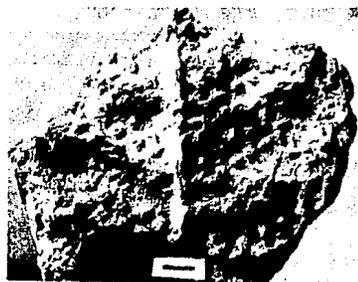


12

L A M I N A 14

Marattiales gen. et sp. indet. 1.

- 1: MPFC 88-762. Escala = 5 mm. Pinas distales (fragmento doblado) de forma triangular, con bordes rectos. Pinas proximales triangulares con bordes con indentaciones superficiales. Râquis con dos estriaciones longitudinales marcadas.
- 2: MPFC 90-2172. x 3. Pinas de forma triangular, con borde recto. Vena media marcada y atenuada distalmente; venas laterales finas, oblicuas y ramificadas bajo un patrôn tipo Lobatopteris.
- 3: MPFC 88-825. x 3. Pinas con bordes indentados, mostrando pinas innervadas por una vena media y laterales una vez dicotomizadas, finas. El râquis principal con dos estriaciones longitudinales marcadas.
- 4: MPFC 89-1325. x 2. Râquis de ¿penúltimo orden? con dos estriaciones marcadas, del que salen pinas con pinulas innervadas por una vena media fina de la que salen venas laterales una o dos veces dicotomizadas. Hay un râquis grueso, de orden superior.
- 5: IGM 515-9. x 1.5. Râquis de ¿penúltimo orden? con dos estriaciones longitudinales marcadas, del que salen pinas con bordes indentados (pinulas incipientes) innervados por venas dicotomizadas de una a tres veces, sin haber una vena media. En el extremo derecho hay pinas similares a las de las primeras etapas.
- 6: MPFC 88-756. x 2. Pinulas fértils, con bordes profundamente indentados, y sinangios ubicados entre dos segmentos.
- 7: MPFC 88-756. x 2. Pinula fértil con sinangios tipo Asterotheca situados entre dos segmentos del borde.
- 8: MPFC 88-756. x 3. Pinula fértil; sinangios innervados por vena lateral basal que sale de la vena media de cada segmento.
- 9: MPFC 88-759. x 1.5. Pinulas fértils formando pinas fértils.



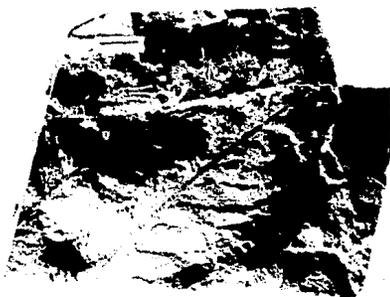
L A M I N A 15

Marattiales gen. et sp. indet. 2

- 1: MPFC 88-831. x 1.5. Pinulas con bordes ligeramente indentados; segmentos con ápices agudos. Las pinulas basales anádromas en cada pina son más prominentes y de mayor tamaño.
- 2: MPFC 88-829. x 1.5. Pinulas alargadas, con bordes indentados ligeramente, ápices agudos y confluentes con las vecinas. La venación de los segmentos es muy fina.
- 3: MPFC 88-849. x 2. Pinulas alargadas y estrechas, con bordes rectos o sólo muy superficialmente indentados. Vena media de la que salen venas laterales muy finas, una o dos veces bifurcadas que innervan a cada segmento del borde.
- 4: MPFC 88-839. x 2. Transición de pinulas con bordes ligeramente indentados hasta pinulas segmentadas. En estas últimas, cada segmento está innervado por una vena central de la que salen una o dos laterales simples. Las pinulas y los segmentos basales anádromos son de mayor tamaño y están insertos bajo un ángulo más abierto que el resto.



1



2



3



4