



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA**

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA**

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA  
ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN MATZITZI,  
ÁREA; LOS REYES METZONTLA-SANTIAGO COATEPEC,  
EXTREMO SURORIENTAL DEL ESTADO DE PUEBLA.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS (GEOLOGÍA)**

**P R E S E N T A**

**DELFINO HERNÁNDEZ LÁSCARES**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. DANTE JAIME MORAN ZENTENO**

**2000**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que colaboraron en la presente tesis, sin embargo sólo tengo espacio para mencionar algunas de ellas. Por principio la realización de un mapeo geológico y una bioestratigrafía fue idea del Dr. Ismael Ferrusquia-Villafranca. quien sugirió el tema y acompañó al autor al campo, donde las discusiones y recomendaciones se plasman en este trabajo.

Estoy muy agradecido con el Dr. Dante Jaime Morán Centeno, director de esta tesis quien gustosamente acepto dirigir el trabajo y estuvo pendiente de los cambios, sugerencias, redacción e incorporación de ideas para mejorar el texto.

En las áreas de Los Reyes Metzontla, San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec, muchos campesinos me dieron su apoyo y algunos me acompañaron a localidades de vital importancia. Sin duda alguna uno de los apoyos más puntuales fueron mis estudiantes de la carrera de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, quienes me ayudaron a coleccionar muestras paleontológicas, petrológicas y más que eso, su apoyo desinteresado y el cariño por el campo estrechó nuestra amistad, ellos son; Fernando Rodríguez Gallardo, Efrén Pejay Roque, Antonio Sánchez Campa, Víctor Vázquez Salazar, Marco Zapata, Baldemar Murga, Marisela Ramírez Lugo, entre otros.

Mis agradecimientos a los sinodales, que han invertido tiempo y sobre todo aportaron valiosas sugerencias mejorando sustancialmente el trabajo, ellos son; del Instituto de Geología, los Doctores Gloria Alencaster, Fernando Ortega Gutiérrez, Blanca Buitrón Sánchez, Alicia Silva Pineda; del Instituto de Geofísica, Jaime Urrutia Fugugauchi y Cecilia Caballero Miranda, todos ellos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México

Mis más sinceras gracias a la Facultad de Ingeniería de la UNAM, a través de su División de Ciencias de la Tierra, quién permitió que se hiciera el trabajo de secciones delgadas para el estudio petrográfico.

Mis agradecimientos al Departamento de Biología, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa quien de alguna forma contribuyó con el transporte por un poco más 200 días de campo y donde el 75 % del trabajo se realizó en sus instalaciones.

Al Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad de Hannover, Alemania, donde se hicieron investigaciones de carácter estratigráfico y paleobotánico, a través de una beca del Intercambio Académico Alemán.

Finalmente y de manera especial agradezco el apoyo incondicional de mi esposa Evangelina Galván Mendoza, que además y durante el proceso del desarrollo de esta tesis discutimos varios temas enriqueciendo sobre todo la parte paleobotánica.

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN MATZITZI, ÁREA: LOS REYES METZONTLA-SANTIAGO COATEPEC, EXTREMO SURORIENTAL DEL ESTADO DE PUEBLA.**

**CONTENIDO**

<b>RESUMEN</b>	4
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	6
Objetivo y Planteamiento del Problema	6
Metodología	8
<b>II. EL MARCO GEOGRÁFICO</b>	11
Localización y Acceso	
Rasgos Geomórficos	
Rasgos Hidrográficos	
Clima y Biota	
<b>III. ESTRATIGRAFÍA</b>	16
Estudios Previos	
<b>IV. BASAMENTO PRE-PENSILVÁNICO</b>	18
COMPLEJO OAXAQUEÑO	18
COMPLEJO ACATLÁN	24
<b>V. ERATEMA PALEOZOICO</b>	27
ROCAS SEDIMENTARIAS	27
<b>FORMACIÓN MATZITZI</b>	27
Trabajos previos	27
Descripción de la Formación Matzitzi	28
Ubicación, extensión y configuración	29
Expresión Geomórfica	29
Espesor	30
Litología	30
Interpretación Paleoecológica	34
Relaciones Estratigráficas	34
Paleontología	41
Paleofitogeografía	45
Edad y Correlación	48
Geología Estructural	56

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS	59
DIQUE METZONTLA	59
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
ROCAS GRANÍTICAS CALTEPEC	60
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
<b>VI. ERATEMA MESOZOICO</b>	
ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS	61
DIQUE LOS REYES	61
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
SILL ATOLOTITLÁN	63
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
ROCAS SEDIMENTARIAS	64
LECHOS ROJOS	64
Definición, ubicación, extensión y expresión geomórfica	
Relaciones Estratigráficas	
Estructura	
Edad	
FORMACIÓN ZAPOTITLÁN	67
Definición, ubicación, extensión y expresión geomórfica	
Relaciones Estratigráficas	
Estructura	
Edad	
CALIZA SAN LUIS	70
Definición, ubicación, extensión, y expresión geomórfica	
Relaciones Estratigráficas	
Estructura	
Edad	

<b>VII. ERATEMA CENOZOICO</b>	72
<b>SISTEMA TERCIARIO ROCAS ÍGNEAS</b>	72
<b>ADESITA LA CRUZ</b>	72
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
<b>ANDESITA XOCHILTEPEC</b>	73
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
<b>DIQUE ZOLUCHE</b>	75
Definición, ubicación y expresión geomórfica	
Estructura	
Edad	
<b>ROCAS SEDIMENTARIAS</b>	76
<b>CONGLOMERADO EL CASTILLO</b>	76
Definición, ubicación, extensión y expresión geomórfica	
Relaciones Estratigráficas	
Edad	
<b>VIII. SINÓPSIS DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	77
<b>IX. RESUMEN Y CONCLUSIONES</b>	79
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b>	81

**LÁMINAS**

**APÉNDICE**

**MAPA GEOLÓGICO**

---

Esta Tesis conta de: 92 páginas de texto, 14 figuras, 1 mapa, 2 gráficas, 7 láminas, 2 apéndices y 1 mapa Geológico (Figura 2) de 85cm. por 67cm.



---

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN MATZITZI, ÁREA: LOS REYES METZONTLA-SANTIAGO COATEPEC, EXTREMO SURORIENTAL DEL ESTADO DE PUEBLA.**

## RESUMEN

El área de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec se localiza a unos 50 kilómetros al SE de la Ciudad de Tehuacán en el extremo Suroriental del Estado de Puebla, entre los paralelos 18° 09' y 18° 16' de Latitud Norte y los meridianos 97° 22' 33'' y 97° 32' 10'' de Longitud Oeste. Presenta la forma de un rectángulo dispuesto con su lado mayor en sentido E-W y posee una superficie aproximada de 201 km<sup>2</sup>, su relieve es muy abrupto y presenta rocas del Precámbricas al Reciente.

En el presente estudio se describen 14 unidades litoestratigráficas de las cuales una es precámbrica, cuatro son paleozoicas, cinco mesozoicas y cuatro son cenozoicas. La Formación Matzitzi de edad Paleozoico Tardío se encuentra incluida entre estas unidades y constituye la parte central de este estudio.

Dentro del área de estudio la Formación Matzitzi constituye el 14.9% del total del área y cubre una superficie de unos 30 km<sup>2</sup> aproximadamente. Se encuentra distribuida en tres conjuntos de afloramientos; el primero está formado por cuerpos pequeños y alargados que se ubican al suroeste, norte y noroeste del poblado de Los Reyes Metzontla localizado al noroeste del área de estudio; el segundo, ocupa las partes bajas en los alrededores de San Francisco Xochiltepec en la porción centro-norte del área y se encuentra separado del primero por rocas mesozoicas y cenozoicas, respectivamente; el tercer conjunto constituye el cuerpo principal y aflora desde el norte de San Luis Atolotitlán hasta el suroeste de Santiago Coatepec y se localiza en la parte este-sureste del área de estudio. Se encuentra separado del segundo por rocas terciarias.

La Formación Matzitzi se compone principalmente de arcosas y subarcosas intercaladas con lutitas y conglomerados y escasamente con horizontes de carbón, su estratificación es de laminar a gruesa y se encuentra fuertemente plegada y en ocasiones presenta estratificación cruzada.

Estratigráficamente las rocas que afloran en la parte suroeste del área de estudio (Santiago Coatepec y San Luis Atolotitlán) ocupan la parte inferior y media-superior de la columna estratigráfica, mientras las que afloran en la parte norte y noroeste del área (San Francisco Xochiltepec y Los Reyes Metzontla) ocupan la parte superior.



La Formación Matzitzzi cubre, en discordancia angular, a las rocas cristalinas de los Complejos Oaxaqueño (Área Santiago Coatepec) y Acatlán (Área Los Reyes Metzontla) y subyace discordantemente a rocas mesozoicas (Formaciones: Zapotitlán, Lechos Rojos, Caliza San Luis, Cipiapa) y cenozoicas (Andesitas: La Cruz, Xochiltepec y Conglomerado El Castillo) y está afectada por cuerpos intrusivos paleozoicos y mesozoicos.

Se midió una sección completa en la barranca de Santiago Coatepec donde se obtuvo un espesor completo de aproximadamente 1080 metros.

Los géneros encontrados en el área de estudio, son en su mayoría reportados por primera vez como es el caso de *Lepidodendron*, *Holcospermum*, *Annularia*, *Sphenophyllum*, *Sigillaria*, y algunos ya conocidos como *Calamites*, *Pecopteris* entre otros. La mayoría de estos géneros son típicos de la paleoprovincia paleoflorística Euramericana-Cataysia que ocupó el Hemisferio Norte durante las épocas del Carbonífero Tardío.

Las características estratigráficas-geológicas tan peculiares de la Formación Matzitzzi, la variación de su flora, sus condiciones ambientales y su edad Pensilvánica así como la enorme similitud con otras floras que se reportan en Estados Unidos, Canadá, Europa (España, Portugal, Francia, Inglaterra, Alemania), Asia y con menos frecuencia en América del Sur, de edad Pensilvánicas, permiten proponer que esta localidad mexicana de la región de Tehuacán, Pue., formaba parte de la paleogeografía y paleofitobiogeografía de los paisajes del Pensilvánico-Pérmico. Por lo tanto, el área de estudio descrita, ocupó parte de lo que fue el extremo suroccidental del continente de Laurasia al final del Paleozoico.

---

**Nota.** Los nombres que se le dieron a las unidades litológicas en el presente trabajo, no se consideran formales. El darles un nombre tiene la intención de diferenciarlas una con otras tanto en el texto como el mapa. Las unidades litológicas que si se consideran formales de acuerdo al Código de Nomenclatura Estratigráfica aparece el autor que las propuso.

## I. INTRODUCCIÓN

### Planteamiento, Objetivos y Metodología.

La estratigrafía del sur de México es variada y muy compleja, a pesar de que la literatura geológica es extensa, los trabajos publicados que específicamente tratan sobre estratigrafía son pocos y los estudios a detalle son muy escasos. Esto ha traído como consecuencia que mucho de los estudios geológicos regionales hayan caído en la imprecisión. Lo mismo ocurre con estudios cartográficos-geológicos que han sido publicados, estos son antiguos y preferentemente elaborados a escalas mayores de 1:100,000, en donde, las relaciones estratigráficas suelen ser inciertas.

En cuanto a los estudios paleontológicos reportados en la misma región, es común observar en la mayoría de los casos, la falta de ubicación estratigráfica y geográfica de la flora y la fauna, entonces no es extraño que exista un vacío de información, sobre todo a detalle y de interpretación.

Con respecto al área de estudio, entre los problemas que más sobresalían estaban: 1) no había un mapa geológico formal por lo menos a una escala manejable, 2) no se conocía la superficie que cubría la Formación Matzitzi, objeto de este estudio, 3) no se conocía un espesor real de ésta Formación, 4) no se habían medido secciones, 5) se desconocían los contactos subyacentes y sobreyacentes, 5) se desconocía cual era la parte superior e inferior de la Formación Matzitzi, 6) la flora fósil no tenía una ubicación geográfica con precisión, 7) del mismo modo no existía ubicación estratigráfica, 8) la cartografía era muy somera y los contactos estaban fuera de lugar, 9) las plantas e invertebrados fósiles reportadas eran mínimos y con poca o nula interpretación, 10) lo que se conocía de plantas fósiles era un mínimo, 11) no existía una interpretación detallada paleontológica, estratigráfica y paleoecológica, así como relaciones paleogeográficas y paleofitogeográfica, entre los más importantes.

Una vez que se conocía lo que faltaba por hacer y lo que se tenía que hacer se elaboró un planteamiento.

La estrategia y planeación del trabajo fue: 1) una cartografía y un mapeo geológico que ubicara y cubriera el cien por ciento de la Formación Matzitzi. 2) una escala adecuada, para que detalles y unidades geológicas importantes sobresalieran en el mapa geológico, y delimitaran contactos confiables y tener un mejor control tanto estructural como estratigráfico, 3) características de fotografías aéreas en escala 1:25,000 con buena resolución y mapa topográfico (INEGI, 1984) ampliado e igualado a la misma escala de las fotografías, con la finalidad de apoyar el mapeo geológico y contar con muestras petrológicas y paleontológicas que permitieran ir armando las partes y ubicarlas con precisión geográficamente y estratigráficamente, 4) en el caso de las secciones estratigráficas estratégicas se utilizaron fotografías aéreas y mapas topográficos ampliados a escalas 1:12,000 y 1:6,000 respectivamente, ésta estrategia se decidió así por dos razones, la primera, porque era necesario una sección de referencia completa de la Formación

Matzitzi, y segunda, porque existen áreas muy deformadas estructuralmente, lo que daría como resultado también la ubicación de los contactos subyacentes y sobreyacentes.

El planteamiento del problema científico se basó en las zonas menos conocidas y se seleccionó cuales eran las áreas donde se iba intensificar el muestreo paleontológico y el muestreo petrológico, sobre todo en los contactos, se identificó cuales serían las áreas de mayor problema estratigráfico-estructural, se diseñó un modelo del muestreo sistemático paleontológico y petrológico, apoyándose en los análisis de cada uno de ellos, así como el apoyo de consultas personales tanto en el país como fuera de él, y el despliegue y consulta de la bibliografía.

La importancia de la Formación Matzitzi radica en ser clave para la interpretación de la evolución geológica de la región y ser la única formación continental del Paleozoico en México que presenta una variada y rica flora típica de los paisajes pensilvánicos que se registró mundialmente en aquellas épocas. Esta importancia científica y práctica que tiene el área de estudio, particularmente la Formación Matzitzi, nos llevó a realizar y elaborar el presente estudio.

Las peculiaridades del área de estudio así como sus condiciones topográficas con relieves tan abruptos que va de los 1650 a los 2450 m.s.n.m., las geoformas establecidas por las distintas variedades geológicas tan variadas e irregulares así como una deformación tan intensa de las unidades geológicas de la región de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec donde esta incluida la Formación Matzitzi, obligó a plantear un trabajo con los siguientes:

#### Objetivos:

1. Descripción y división de áreas en base a sus características geológicas-morfológicas, para un mejor control del estudio.
2. Elaboración de la cartografía a través de trabajo geológico de campo y de gabinete en escala 1:25,000 para obtener el mapa geológico final.
3. Entender la sucesión continua de los estratos en base a un análisis estratigráfico a detalle, y a observaciones de campo así como mediciones en áreas estratégicas.
4. Determinación de una sección de referencia en la barranca de Santiago Coatepec de la Formación Matzitzi para conocer el espesor real.
5. Análisis de las plantas colectadas, tanto en áreas conocidas como en algunas por explorar. El contenido paleobotánico y su marco geológico es un factor de importancia, no sólo como un elemento de datación, sino también como indicador eco-ambiental, para ello, se analizarán las plantas que se colectaron así como su ubicación geoestratigráfica y la elaboración de su respectiva interpretación.

6. Descripción de una localidad tipo en la Barranca de Santiago Coatepec los estratos están mal expuestos, deformados y plegados, se propone una localidad tipo en lugar de una sección tipo, porque hay continuidad de los estratos una vez que se han identificado los límites inferior y superior (Complejo Oaxaqueño y Formación Zapotitlán), en el área de Santiago Coatepec.
7. Se determinaran los contactos verticales de la Formación Matzitzi, tanto subyacentes como sobreyacentes.
8. Interpretación paleoecológica y paleogeográfica con base en los resultados de los análisis estratigráficos, petrológicos y cartográficos.

## **Metodología.**

La región de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec, en el extremo suroriental del Estado de Puebla es muy compleja, tanto desde el punto de vista topográfico como de su geología, por lo tanto, para diferenciar sus unidades litológicas, estratigráficas y estructurales y ubicar geográfica y estratigráficamente a la flora, fue necesario una cartografía geológica a detalle en una escala 1:25,000, para ello se utilizó la siguiente metodología:

### **Cartografía.**

Uno de los aspectos más importantes en el trabajo fue la cartografía, que se basó en dos hojas topográficas publicadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), (1984), correspondientes a las hojas Tehuacán (E-14B75) y Atzumba (E-14B85), escala 1:50,000. Estas cartas fueron ampliadas a una escala 1:25,000, realizando un injerto de ambas cartas donde se delimitó el área de estudio y se obtuvo un mapa base topográfico a la misma escala de las fotografías aéreas (1:25,000). Parte de este trabajo se llevó a cabo en el Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad de Hannover en Alemania

### **Fotogeología**

Para llevar a cabo el trabajo fotogeológico se utilizaron las fotografías aéreas de contacto de 23x23 cm, en papel fotográfico de los negativos originales del vuelo número 2385, Cuenca río Papaloapan escala 1:25,000, año 1972, de la Compañía Mexicana de Aerófono. Las fajas utilizadas fueron la 42 (15 a la 24); 43 (21 a la 30); 44 (10 a la 21); 45 (20 a la 29); y la 46 (8 a la 17). Para áreas de mayor detalle se utilizaron ampliaciones en escala 1:12,500. En total se utilizaron 57 fotografías en blanco y negro.



Para la fotointerpretación se utilizó el ajuste del trabajo tanto de fotografía aérea como de cartografía y su respectiva interpretación, el cual conjuntamente permitió elaborar el primer mapa fotogeológico. Para observar las fotografías, se utilizó un estereoscopio de espejo con barra de paralaje.

### **Trabajo de campo.**

Se utilizaron aproximadamente 210 días de trabajo de campo divididos en 4 períodos abarcando cuatro poblados que incluyen a la Formación Matzitzi, que en dirección Noroeste Sureste son: Los Reyes Metzontla (RM), San Francisco Xochiltepec (FX), San Luis Atolotitlán (SLA) y Santiago Coatepec (SC).

El trabajo consistió en reconocimiento del área de estudio, levantamiento cartográfico, selección de secciones medidas, división del área de estudio, selección de muestras, delimitación de contactos, análisis fotográfico y levantamiento geológico.

### **Muestreo petrológico.**

Para lograr un muestreo sistemático que diera un mejor resultado, las muestras se ubicaron por zonas y/o poblados (RM, FX, SLA, SC), ubicándose en el mapa topográfico. En total se colectaron del orden de 200 ejemplares de roca. Para el análisis petrográfico se seleccionaron ejemplares que delimitaron los contactos, en áreas de transición, para ello se laminaron 60 secciones delgadas. Para su clasificación se utilizó la nomenclatura de Folk (1969) y Streckeisen (1965). Las rocas fueron laminadas en la sección de Petrografía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, y las preparaciones en acetatos se hicieron en el Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad de Hannover, Alemania.

### **Muestreo Paleontológico.**

Se realizó un muestreo de 500 ejemplares de plantas fósiles provenientes de la región de San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec, y con menos frecuencia de la zona de Los Reyes Metzontla, y San Francisco Xochiltepec, el 70% de estas plantas se ubicaron geográfica y estratigráficamente. En lo que corresponde a invertebrados fósiles, se realizó un muestreo de unos 50 ejemplares provenientes de la parte Noroeste de los Reyes Metzontla, porción superior del cerro Machichi (Matzitzi) en la región de San Luis Atolotitlán y en la parte Sureste de Santiago Coatepec. Las muestras fueron ubicadas en mapas topográficos y fotografías aéreas escala 1:12,000 y 1: 6,000. Para la clasificación de las plantas se utilizó como base los textos de Remy at Remy (1977) y Josten (1991). La parte introductoria del estudio de las plantas fósiles se hizo en el laboratorio del



Departamento de Paleobotánica de la Universidad de Münster en Alemania. Los fósiles se encuentran depositados en el Laboratorio de Paleontología y Riesgos Geológicos de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

### **Secciones Estratigráficas**

Se midieron 3 secciones estratigráficas, utilizando el método de una cinta métrica, brújula Brunton y GPS 45, estas secciones se ubicaron en la porción noroeste de Los Reyes Metzotla, en el cerro Machichi (Matzitzí) al norte de San Luis Atolotitlán y en la Barranca de Santiago Coatepec, sobre la barranca de Coatepec. Esta última sección fue la más importante, porque es el único lugar donde aflora la sección completa. Para ubicarla y obtener un espesor aproximado se utilizó un mapa topográfico escala 1: 6,000 y fotografías aéreas 1: 12,000, en el caminamiento sobre la barranca, se puso atención particular en la localización de plantas fósiles, donde se midió centímetro por centímetro. Se obtuvieron del orden de 1080 metros de espesor total de la Formación Matzitzí. La zona en este lugar es uno de los más deformados estructuralmente, y fue una de las dos secciones donde se trazó corte estructural.

### **Elaboración de mapa geológico final.**

El mapa fue dibujado en una digitalizadora SUMMA GRID en base a los programas ARC-INFO Y ARCVIEW en el laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.



## II. EL MARCO GEOGRÁFICO

### Localización, Acceso, Población y Cultura.

#### Localización.

El área de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec se encuentra a unos 50 kilómetros al sureste de la Ciudad de Tehuacán, en el extremo suroriental del estado de Puebla. Entre los paralelos  $18^{\circ} 09'$  y  $18^{\circ} 16'$  de Latitud Norte y los meridianos  $97^{\circ} 22' 33''$  y  $97^{\circ} 32' 10''$  de Longitud Oeste. Fisiográficamente se localiza en la Provincia de la Sierra Madre del Sur, Subprovincia de la Mesa de Oaxaca (Raisz, 1964). El área de estudio tiene una forma rectangular, dispuesto con su lado mayor en sentido este-oeste, mide unos 15.60 kms. de largo por 12.85 de ancho y posee una superficie de  $201 \text{ km}^2$  (Figura 1).

#### Acceso

La carretera federal 125, es la principal vía de acceso al área; esta carretera une a la ciudades de Tehuacán, Pue. y Huajuapán de León, Oax., en un tramo de unos 120 kilómetros en dirección NE-SW. En el kilómetro 32.5 de Tehuacán-Hujuapán de León, lado izquierdo, existe un camino de terracería con dirección suroeste, que comunica al área de estudio, conectando a los poblados; Los Reyes Metzontla, San Francisco Xochiltepec, San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec con dirección NW-SE, en un tramo de unos 45 kilómetros.

Política y administrativamente, Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, pertenecen al municipio de Zapotitlán de Salinas, mientras que San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec pertenecen al de Caltepec.

#### Rasgos Geomórficos

El área de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec se localiza en la subprovincia de la Meseta de Oaxaca, Provincia de la Sierra Madre del Sur (Raisz, 1964).

El relieve es abrupto, como lo evidencia el amplio aspecto altitudinal que va de los 1650 a los 2450 m.s.n.m., es decir una diferencia de 800 m, en una distancia horizontal mínima de casi 3 kms. (Mapa 1).

La parte más baja del área corresponde a los extremos noroeste y sureste, que esta delimitado por las bandas altitudinales entre los 1650 y 1800 m.s.n.m. La parte noroeste se caracteriza por la barranca Nacional y lomeríos suaves formados litológicamente por calizas y areniscas cretácicas, mientras la parte sureste, está caracterizada por la barranca Coatepec, que esta formada litológicamente por areniscas paleozoicas y calizas cretácicas.

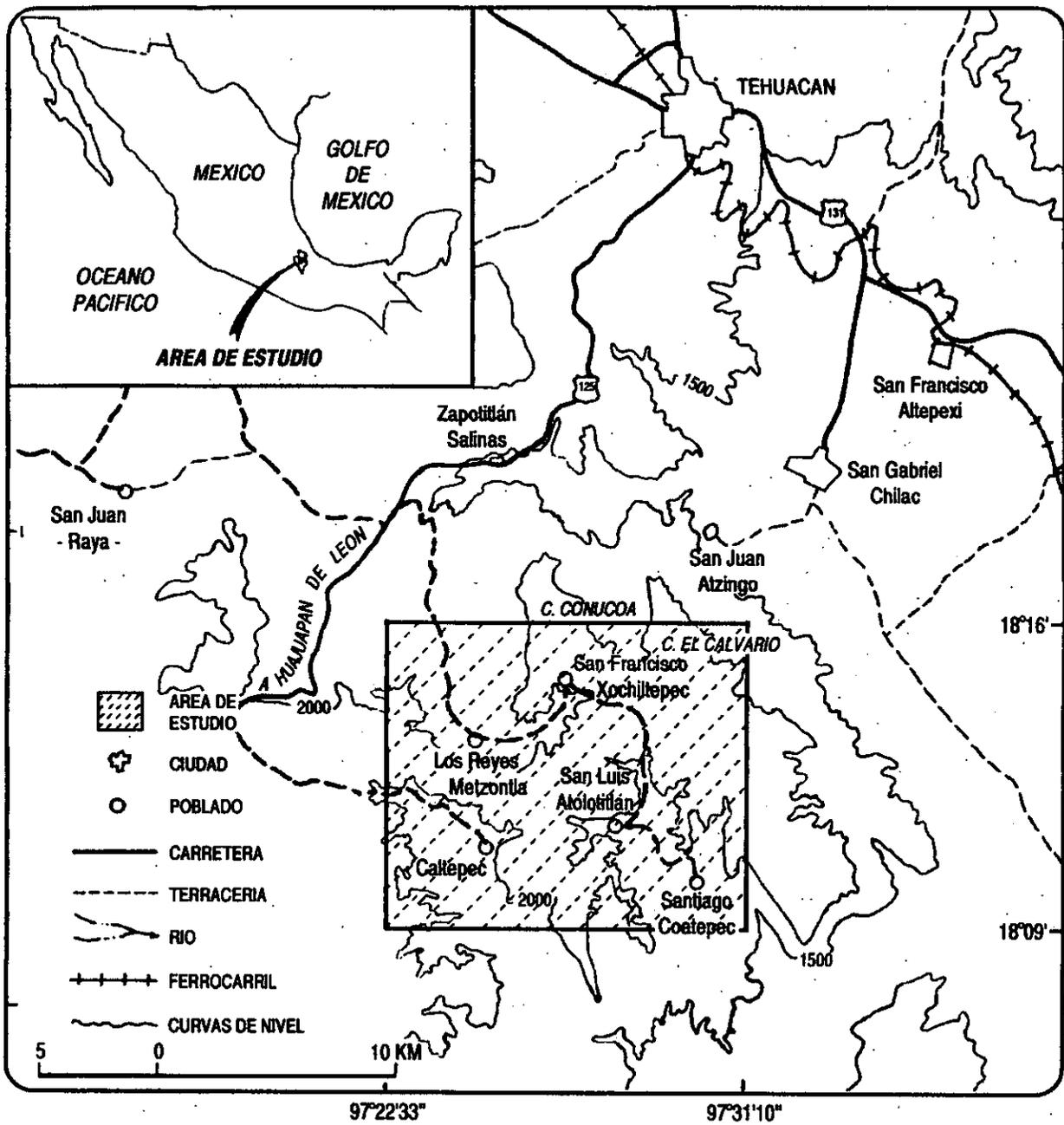


Figura 1. Mapa de Localización.



Las estribaciones más altas corresponden a los cerros, Viejo, en el centro norte del área, el Machichi, y la Cuesta, delimitados por las cotas 2300 y 2400 m.s.n.m. Litológicamente están compuestos por calizas cretácicas. (Mapa 1).

Las alturas predominantes del área se encuentran entre las cotas de 2000 y 2300 m.s.n.m., y están representadas por los cerros; Zoluche, Tabache, Yixtepec, que se localizan en la región noroeste-oeste del área de estudio, litológicamente compuestos por rocas calcáreas cretácicas.

Los cerros Metzontla, Buenavista, Pochote, Gavilán Chico y Contepec, que se localizan en la parte central del área, en dirección norte-sur, constituyen la secuencia volcánica terciaria más importante del área. Los rasgos endógenos fundamentales son montañas plegadas y mesetas volcánicas.

### **Rasgos Hidrográficos**

El río Zapotitlán es el principal cauce en la región, con dirección noreste-sureste y se localiza a unos 15 kilómetros al norte del área de estudio. Aproximadamente entre las coordenadas  $18^{\circ} 18'$  y  $97^{\circ} 30'$ , el río presenta una bifurcación hacia el sur, cuyo cauce corre por la barranca Nacional de Los Reyes Metzontla en dirección norte-sur y se constituye como el río principal en el extremo noroeste del área de estudio. Otro cauce principal es el que fluye por la barranca Xoconoxtitla con dirección norte-sur y que al suroeste de San Luis Atolotitlán el nombre cambia a barranca Atolotitlán y esta a su vez a barranca Coatepec en dirección oeste-este en el poblado de Santiago Coatepec, este cauce desemboca hasta el río Calvario que se localiza a unos 10 kilómetros hacia el suroeste fuera del área de estudio.

Las corrientes de agua fluyen por lineamientos estructurales en la mayoría de los casos, este dato fue importante debido a que fueron guías naturales para localizar fallas y fracturas.

La red de drenaje pertenece a la Cuenca del Papaloapan que desciende al Golfo de México. Sus elementos principales son: El Río Atoyac y Río Tehuacán. Existen otras pequeñas corrientes en las inmediaciones del área de estudio, de menor importancia ya que comúnmente por la falta de lluvias sus cauces están secos la mayor parte del año, entre ellos están: El arroyo Agua del Burro, que corre en dirección este-oeste de San Francisco Xochiltepec hacia Los Reyes Metzontla.

### **Clima y Biota**

Existen dos estaciones para medir el clima en la región: La primera, es la estación de Zapotitlán de Salinas con coordenadas  $18^{\circ} 20'$  y  $97^{\circ} 28'$  y corresponde según la



Mapa 1. Mapa Ipsométrico del área de los Reyes Metzontla - Santiago Coatepec



TERRACERÍA

2400 a 2600 M.S.N.M.

2000 a 2200 M.S.N.M.

1600 a 1800 M.S.N.M.

RÍO

POBLADO

2200 a 2400 M.S.N.M.

1800 a 2000 M.S.N.M.

ESCALA 1:50,000

Mapa 1. Mapa Ipsométrico del área de los Reyes Mezquitilla - Santiago Coatepec



clasificación de Köppen, modificada por García (1973) a los símbolos BSoh w" (w) (e)g, que es un clima seco con régimen de lluvias en verano con dos máximos de lluvias separados por dos estaciones secas. Es semicálido con una temperatura media anual entre 18° y 22°C., y extremo con una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales de 7° a 14°C.

La segunda estación es Caltepec con coordenadas 18° 11', el clima es (A)C (w"o) (x')b (i)g, que es un clima semicálido con régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno con una temperatura media anual entre 18° y 22° C, el mes más frío es de 18° y la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es de 5° a 7°.

El clima regional y modelo de vegetación presenta variaciones locales debido a la topografía y litología del terreno. Es necesario considerar también la cuenca hidrográfica de la que forma parte los ríos de las barrancas: Metzontla, Xoconoxtitla, Atolotitlán, y Coatepec.

Biota. El valle semiárido de Zapotitlán, que conforma el límite suroeste del valle de Tehuacán, forma parte de la región semiárida Poblano-Oaxaqueña.

La vegetación corresponde al "Matorral Xerófilo" (Rzedowski, 1978), y su flora tiene afinidades neotropicales.

El valle de Tehuacán posee una de las floras más diversas de ecosistemas semiáridos en el hemisferio occidental, con cerca de 630 géneros y 1400 especies de fanerógamas de las cuales alrededor del 30% son endémicas (Smith, 1965; Villaseñor, Dávila y Chiang, 1991). Dentro de esta flora destacan las cactáceas con 53 especies, de las cuales 12 son endémicas (Meyrán, 1973).

Con sus extraordinarias comunidades, el valle de Zapotitlán posee una de las riquezas más grandes de diversidad existentes de las zonas áridas del hemisferio occidental. Estas comunidades constituyen un relicto de la que existieron en el valle Tehuacán antes de varios milenios de ocupación humana (Byers, 1967).

Actualmente, el valle es un mosaico de pueblos, caseríos y zonas cultivadas rodeadas de relictos de vegetación natural. La naturaleza excepcional de las comunidades ha sido protegida jurídicamente como Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

### III. ESTRATIGRAFÍA

#### Estudios Previos

A pesar de que la literatura geológica del Estado de Puebla es extensa, los trabajos publicados que específicamente tratan sobre el área Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec son pocos. A continuación se enlistan los principales trabajos arreglados cronológicamente.

Aguilera (1896), fue el primero en realizar un bosquejo geológico de la zona de estudio y reportar también por primera vez las plantas fósiles de la Formación Matzitzi a quien le asigna una edad de Triásico Tardío. Burckhard (1930), revisa la flora y propone una edad del Rético-Liásico-Dogger. Posteriormente aparecen los trabajos de Paleontología de Mülleried, (1933,1934,1935); Lambert, (1935), que aportaron datos paleontológicos de invertebrados

Calderón (1956), realizó un levantamiento geológico del área y nombró informalmente a la Formación Matzitzi, proponiendo una edad de Jurásico Medio, asignándole un espesor de 600 metros. Erben (1956), le asignó una edad de Jurásico Medio y Calloviano, y propuso un espesor de 300 m. Zosaya (1969), en el prospecto Tehuacán (Informe inédito, Petróleos Mexicanos), presenta los resultados de un estudio geológico-estratigráfico, con el objetivo de evaluar las posibilidades petrolíferas en la región.

Silva (1970), examina el material colectado por el Ing. Teodoro Flores a principios de siglo y realiza un estudio sistemático de un conjunto de 25 especies. Uno de los resultados más significativos de esta investigación es que las plantas de la Formación Matzitzi, son de edad Pensilvánica, desechando las edades propuestas anteriormente. Zoltan de Cserna (1970), llevó a cabo un estudio de reconocimiento, con énfasis al Paleozoico sedimentario. Ortega (1978b), elaboró un resumen de la geología del contacto entre la Formación Acatlán y el Complejo Oaxaqueño, al oriente de Acatlán. Barceló (1978), estudió la parte norte del área de trabajo. Ruiz (1979), en su tesis doctoral, menciona y fecha rocas ígneas que afloran en el poblado de La Compañía, al suroeste de la zona de trabajo.

Hernández-Estevez (1980), se ocupó de una parte de la geología en el tramo de Los Reyes Metzontla-San Francisco Xochiltepec. Torres *et al.*, (1986), realizaron estudios isotópicos en algunas rocas ígneas de la zona (Informe inédito, Instituto Mexicano del Petróleo); Morán (1987), en su tesis de maestría elaboró un estudio de Paleogeografía y Paleomagnetismo en el cual menciona y elabora un mapa geológico general del área de estudio; Hernández-Láscares y Silva (1988), mencionan la presencia de una especie de *Sigillaria* en la región de San Luis Atolotitlán.

Magallón-Puebla (1991), en su tesis de licenciatura, realizó un estudio sistemático y biométrico de helechos del tipo *Pecopteris* de la Formación Matzitzi, donde propone una edad Pérmico para estas capas. Hernández-Láscares y Buitrón (1992) realizaron un estudio



---

geológico-paleontológico en donde describen una fauna de invertebrados y proponen una edad de Aptiano para las rocas de la parte superior del cerro Machichi (Matzitzi), en la región de San Luis Atolotitlán.

Existen algunos trabajos inéditos como los elaborados por las brigadas de Petróleos Mexicanos y algunas tesis de licenciatura, de las cuales solo se hicieron algunas indagaciones verbales.

De lo anterior se deduce que éste es el primer estudio de detalle del área Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec, y que el presente trabajo se enfatizará en la bioestratigrafía de la Formación Matzitzi.

#### IV. BASAMENTO PRE-PENSILVANICO COMPLEJO OAXAQUEÑO

El Complejo Oaxaqueño fue mencionado en la literatura geológica desde el siglo pasado por Aguilera, Ordoñez y Buelna (1897). Fries *et al.*, (1962), fueron los primeros en usar esta designación. Los estudios realizados sobre esta unidad han sido enfocados ciertos aspectos petrológicos y geoquímicos y no han estado apoyados en una extensa y detallada base cartográfica descriptiva, por lo cual su interpretación geológica-tectónica y su edad han sido controvertidos (cf. Campa y Coney, 1983; Carfantan, 1983; Ortega-Gutiérrez, 1981, 1984).

Dado que el objetivo del presente estudio no es el basamento, sólo se indicarán los aspectos más sobresalientes.

En el área de estudio el Complejo Oaxaqueño aflora en la parte suroriental, presenta una dimensión mayor dispuesta en sentido E-W, y forma burdamente un rectángulo. Se encuentra localizado entre las cotas 1700 y 2100 m.s.n.m. Dentro del cuadrángulo de estudio, el área de afloramiento del Complejo Oaxaqueño le corresponde el 6.2% y cubre una superficie de 12.46 km<sup>2</sup> del total del área de estudio (Gráfica 1 y 2).

Las rocas del Complejo Oaxaqueño que afloran en el área de estudio tiene un color predominantemente verde-oscuro a verde grisáceo, que se altera a un color gris-oscuro (LAMINA 1, Lámina 1A) de acuerdo con Ortega-Gutiérrez (1981) y Morán Zenteno (1987), las rocas metamórficas que se reportan en este estudio, corresponden al Complejo Oaxaqueño. Ambos autores mencionan que tanto el Complejo Acatlán, como el Complejo Oaxaqueño, están yuxtapuestos tectónicamente por medio de una franja milonitizada; este contacto se localiza a unos 6 km, al suroeste del poblado Santiago Coatepec.

Las rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño afloran en forma continua, desde su contacto (Complejos Acatlán-Oaxaqueño), hasta el área de Coatepec, estando constituido de gneises graníticos y granulitas básicas granatíferas (Ortega-Gutiérrez, 1981, 1984). Cerca del contacto con la Formación Matzitzi, se encontraron rocas metamórficas de color verde oscuro, que pudieran corresponder a metagabros en facies de granulita, metaanortositas de color claro, paragneises y probablemente charnoquitas, que están siendo intrusionados por rocas graníticas de color blanquizco y pórfidos granodioríticos (LAMINA 1, Lámina 1B). (Figura 2, Mapa Geológico).

La presencia de afloramientos del Complejo Oaxaqueño en el área de estudio juegan un papel importante en la interpretación sobre la evolución geológica del sur de México y de la propia unidad metamórfica; sin embargo, es importante señalar la necesidad de un estudio adicional detallado y comprensivo del Complejo Oaxaqueño en el área, con el fin de conocer con certidumbre su constitución geológica-petroológica y sus posibles relaciones con los extensos afloramientos precámbricos de Oaxaca.

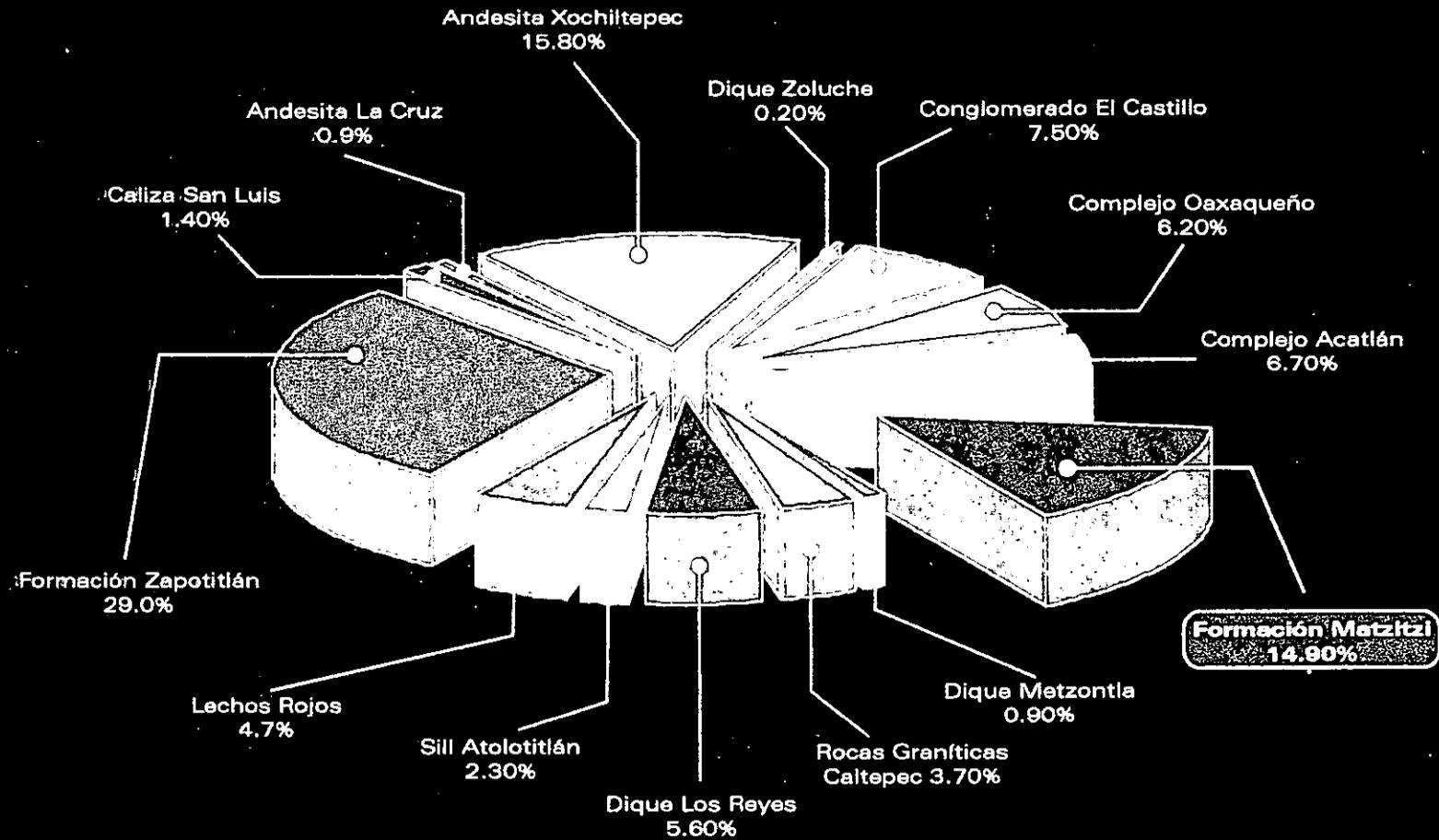
Los rasgos estructurales de forma general en el área son: bandeamiento, fracturamiento y fallamiento.

El sistema de fracturamiento más notable tiene una dirección norte-sur siguiendo la misma dirección de la barranca Atlotitlán a lo largo de una distancia de 1.5 km. Otro sistema menos desarrollado es perpendicular al principal, y en ocasiones siguen la dirección de los arroyos que son perpendiculares a la barranca.

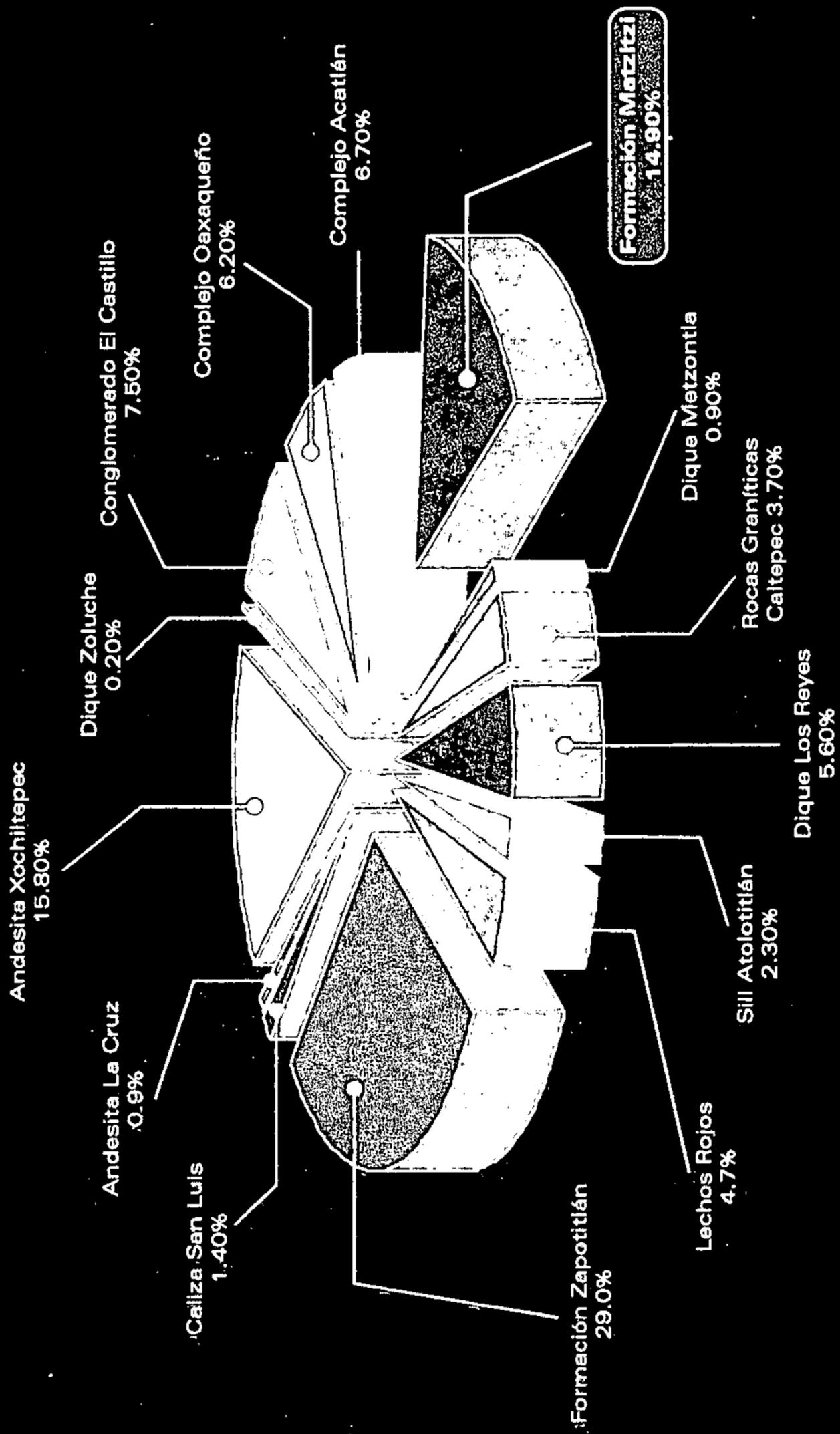
### **Relaciones Estratigráficas.**

El contacto entre las rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño y la Formación Matzitzi es discordante, se encuentra situado a unos 500 metros al oeste del poblado de Santiago Coatepec sobre el río Coatepec en el extremo suroriental del área de estudio. Ambas unidades están siendo intrusionadas en el contacto por un cuerpo granodiorítico (LAMINA 2, Lamina 2A, 2B).

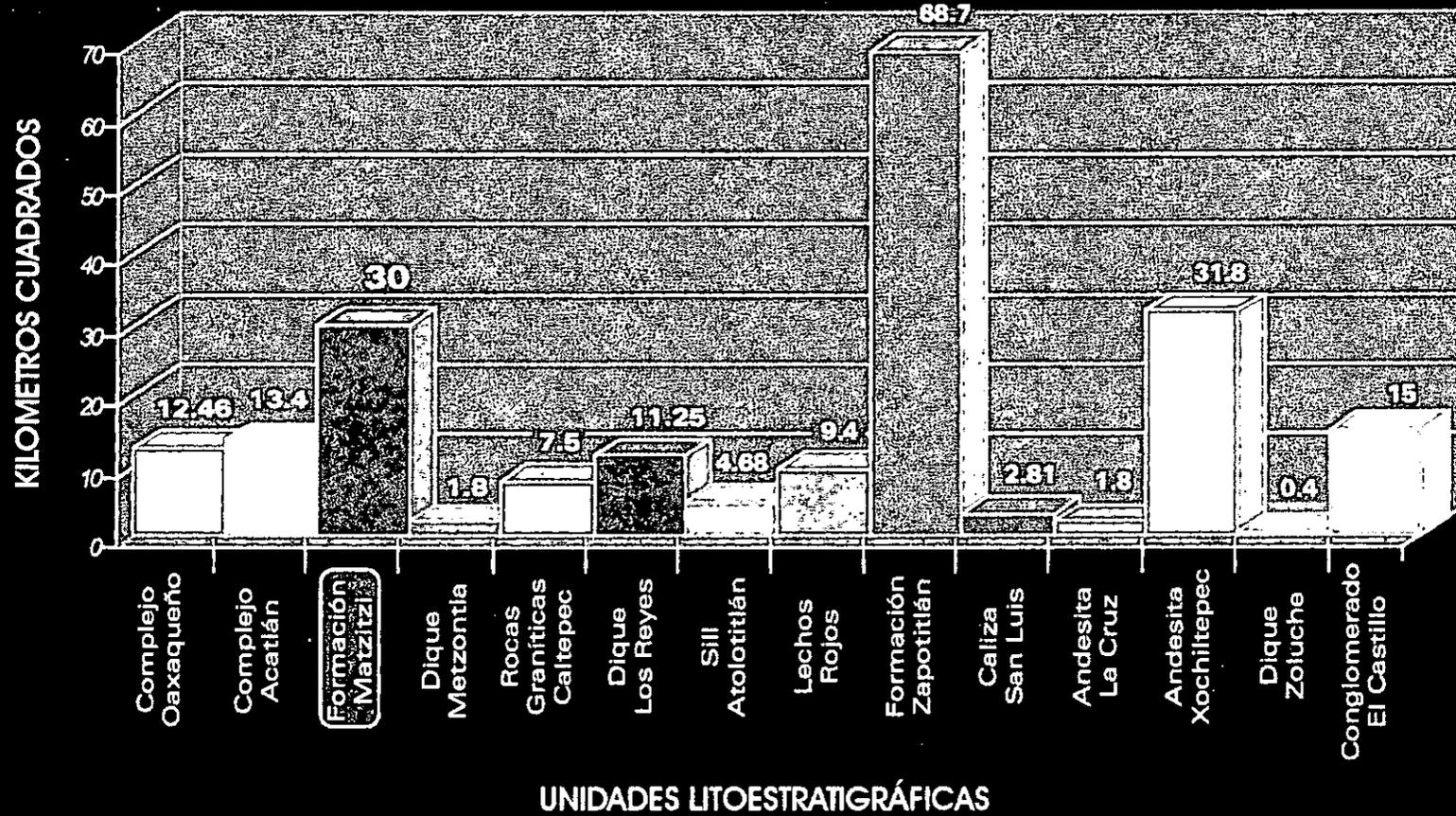
La edad del Complejo Oaxaqueño en el área de estudio no se conoce. Los datos isotópicos disponibles en la región central de Oaxaca oscilan entre 900 y 1100 m.a. (Fries, *et al.*, 1966), lo que indica un prolongado período de transformaciones metamórficas.



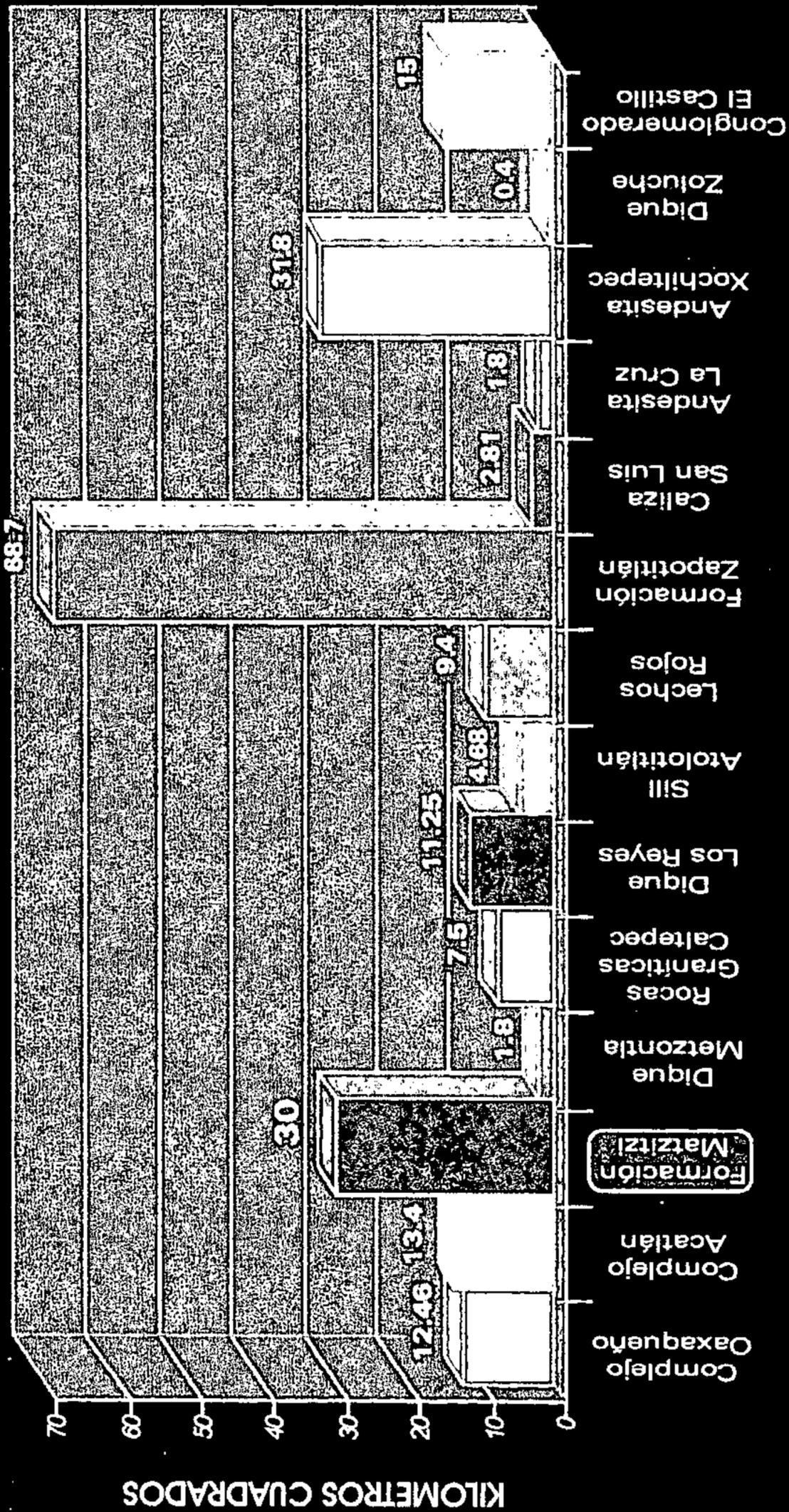
Gráfica 1. Porcentaje que cubre cada una de las unidades litoestratigráficas de la región de los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec.



Gráfica 1. Porcentaje que cubre cada una de las unidades litestratigráficas de la región de los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec.



Gráfica 2. Superficie en kilómetros cuadrados que cubre cada una de las unidades litoestratigráficas de la región Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec.



### UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS

Gráfica 2. Superficie en kilómetros cuadrados que cubre cada una de las unidades litoestratigráficas de la región Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec.

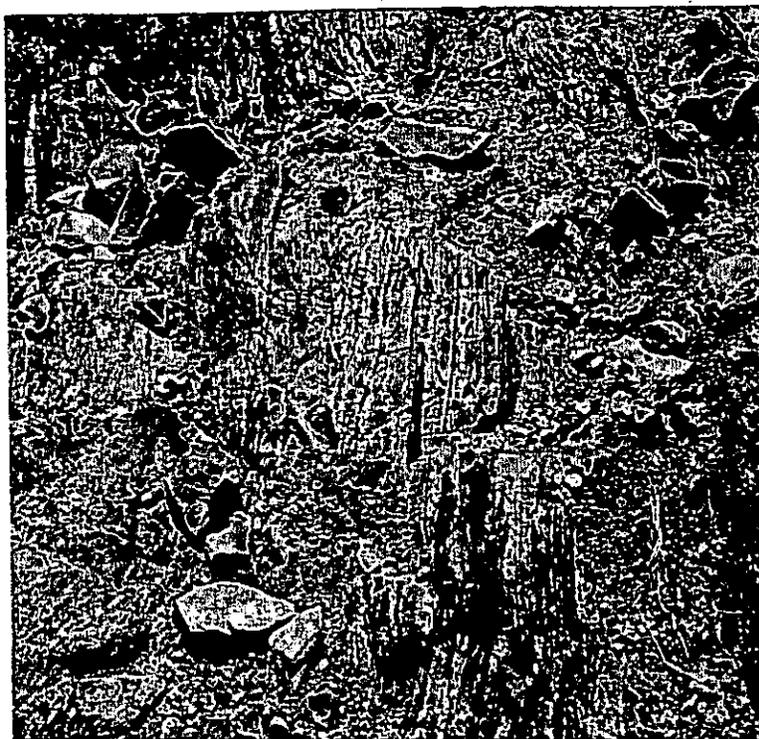


Lámina 1A. Afloramiento del Complejo Oaxaqueño en el área de Santiago Coatepec.



Lámina 1B. Rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño, intrusionado por granodiritas en la región de Santiago Coatepec.



Lámina 2A. Contacto entre intrusivo granodiorítico y Formación Matzitzí, lado norte de la barranca de Coatepec-Atolotitlán, región de Santiago Coatepec.



Lámina 2B. Contacto discordante entre el Complejo Oaxaqueño y Formación Matzitzí, lado sur de la barranca Coatepec-Atolotitlán, región de Santiago Coatepec.

## COMPLEJO ACATLÁN

“Este nombre fue propuesto como unidad litoestratigráfica equivalente a grupo para sustituir al de Formación Acatlán (Fries y Rincón-Orta, 1965), que se aplicó a las rocas metamórficas expuestas en la Mixteca de los Estados de Puebla y norponiente de Oaxaca. Su área-tipo es, pues, esta región, ubicándose su sección-tipo a lo largo de la Carretera Federal 190 (México-Oaxaca), desde su entronque con el camino pavimentado a Tecamatlán, hasta los últimos afloramientos metamórficos que corta la Carretera Federal 190 entre los poblados de Petlalcingo y Chila de las Flores. Una de las características más distintivas del Complejo Acatlán son su intensa alteración metamórfica regional y su deformación extrema. La litología en el área-tipo incluye unidades metasedimentarias tales como pizarras, filitas, esquisto, gneis y migmatita; en tanto que las unidades metaígneas están formadas por rocas verdes ofiolíticas, metagranitos y por milonitas” Ortega (1978A).

Estas rocas metamórficas han sido reconocidas con anterioridad en el área de Los Reyes Metzontla como Complejo Acatlán (Ortega-Gutiérrez, 1978, y Morán, 1987).

El Complejo Acatlán aflora en el área de estudio en la parte noroeste (NW y SE de Los Reyes Metzontla), y al suroeste (SE de la Compañía y E-SW de Caltepec) del área de estudio (Figura 2, mapa geológico).

En Los Reyes Metzontla, se encuentra formando una banda aproximada de 5.5 kms, de largo, en dirección NW-SE, interrumpida en sus extremos y con un ancho de unos 400 m haciéndose muy angosta hacia la parte NW.

En la parte SE del poblado La Compañía, y SW de Caltepec, las rocas metamórficas, presentan una forma irregular, orientadas con su eje mayor, dispuesto en sentido NE-SW, en una distancia de 3.5 km. En conjunto el Complejo Acatlán le corresponde el 6.7% y cubre una superficie de 13.4 km<sup>2</sup>, del área total de estudio (Gráfica 1 y 2).

Las rocas metamórficas en el área de estudio, tienen un color verde oscuro lustroso, que varía a verde azulado brillante. Está representado por filitas con clorita, sericita y numerosos cuerpos lenticulares de cuarzo.

La variedad lítica más común es un esquisto de cuarzo-feldespato-biotita, epidota y clorita, de textura granoporfidoblástica, con segregaciones lenticulares de cuarzo. Estando también representado por filitas con clorita y sericita. La foliación tiene una dirección WNW-ESE inclinándose al SW.

Estas rocas metamórficas tienen mucha semejanza con las rocas del Complejo Acatlán que aflora a unos cuantos kilómetros al occidente del área de estudio; la falta de continuidad física de los cuerpos metamórficos, y tomando en cuenta que se requiere un extenso trabajo adicional para tener un entendimiento satisfactorio de esta unidad (o grupo

de unidades), la designación de Complejo Acatlán debe tomarse con cierta reserva. Por lo tanto, como no es el objetivo del estudio el basamento no se procedió a mayor descripción.

### **Relaciones Estratigráficas**

Los afloramientos de el Complejo Acatlán en el área se encuentran muy plegado y fracturado y sus contactos no son muy claros. Al NW de Los Reyes Metzontla, se observó que estas rocas metamórficas se encuentra en contacto discordante con la Formación Matzitzi; sin embargo, se observó un afloramiento que se localiza entre los cerros Zoluche y Tabache donde se aprecia un contacto tectónico entre ambas unidades (LAMINA 3, Lámina 3A, Lámina 3B) a la vez que este Complejo Acatlán esta siendo intrusionado por un cuerpo granodiorítico.

Hacia la parte E del área entre La Compañía y Caltepec, solamente se observó que el Complejo Acatlán, está en contacto discordante con los Lechos Rojos los demás contactos no fueron observados a detalle debido a que se encuentran fuera del área de estudio.

### **Edad.**

La edad de estas rocas, se designa por posición estratigráfica como prepensilvánica con respecto a la Formación Matzitzi (Silva, 1970; Ortega-Gutiérrez 1978). Fuera del área las inferencias isotópicas sobre la edad del Complejo Acatlán refuerzan que se trata de una edad del Paleozoico Temprano.

Para comprobar que las areniscas de este contacto pertenecen a la Formación Matzitzi, se encontró plantas del tipo de los helechos en areniscas oscuras bien preservadas cerca del contacto con los esquistos.



Lámina 3A. Contacto tectónico entre la Formación Matzitz y Complejo Acatlán al noroeste de los Reyes Metzontla.

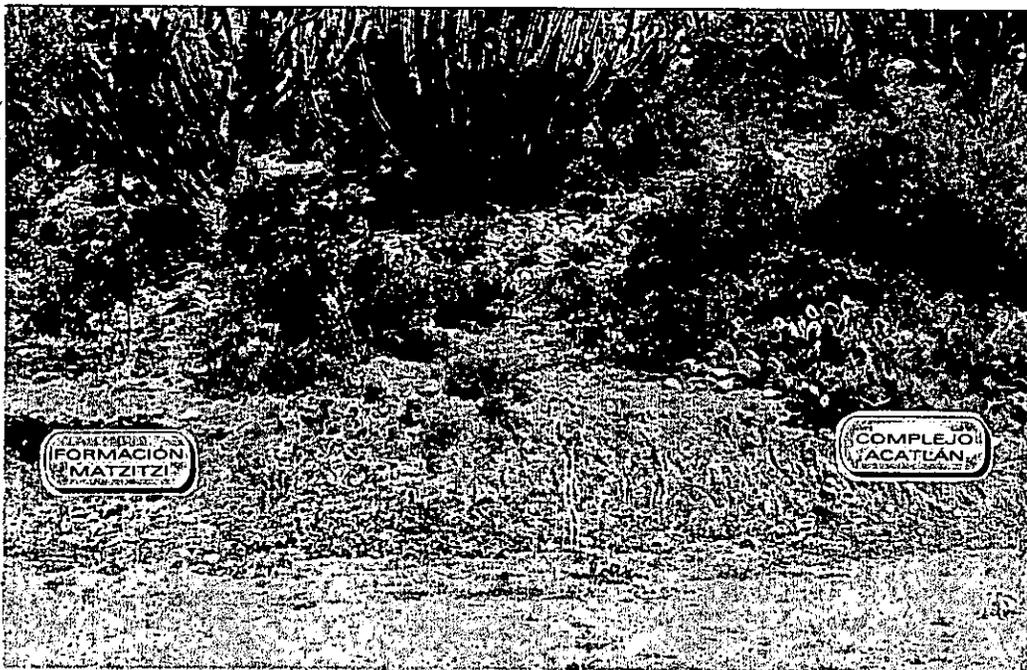


Lámina 3B. Contacto discordante entre la Formación Matzitz y el Complejo Acatlán al noroeste de los Reyes Metzontla.

## V. ERATEMA PALEOZOICO ROCAS SEDIMENTARIAS

### FORMACIÓN MATZITZI

#### Trabajos previos

La Formación Matzitzi es conocida desde el siglo pasado. Aguilera (1896; p. 90) menciona por primera vez la presencia de arenisca con intercalaciones de pizarras y horizontes de carbón en esta región; además indica que la secuencia está plegada y es muy fosilífera. Este autor propuso para la unidad una edad del Triásico Tardío.

El término "Matzitzi" proviene del cerro "Machichi" localizado en el centro-oeste del área de estudio, al norte del poblado de San Luis Atolotitlán. Aguilera (*op. cit.*), describió la secuencia como "pizarra y psamita con impresiones de vegetales, encima, arenisca gruesa, en capas de 20 a 60 cms., alternando con capas de pizarra verdosa, sin impresiones, hacía la parte superior forma bancos de 3,5 y 7 metros de potencia con escasa pizarra".

Durante el trabajo de campo el autor del presente trabajo, pudo constatar que el término "Matzitzi", utilizado por primera vez por Aguilera, es desconocido entre los pobladores de la región. El término correcto es "Machichi", que quiere decir en Nahuatl "flor en forma de mano". Por lo tanto esta secuencia se debió llamar "Formación Machichi".

El término de Formación "Matzitzi" actualmente está muy arraigado en la literatura geológica nacional por más de 90 de años. A pesar de que no es el correcto, y de acuerdo a el Código de Nomenclatura Estratigráfica y la Guía Estratigráfica (1980, 1983), se continuará con lo que está establecido. Sin embargo, es importante aclarar que en el presente estudio, cuando se haga referencia al "cerro", se utilizará el nombre correcto que es "Machichi".

Calderón (1956, p.13-14), realizó una breve descripción de la Formación Matzitzi, que para esos años fue importante y significativo, de la siguiente manera: "arenisca de grano grueso, con clásticos de cuarzo y feldespato, en bancos de 20 a 50 cms. de espesor, con intercalaciones de lutitas apizarradas, y delgadas capas de carbón". Estimó un espesor mayor de 600 metros, señalando un edad de Rético-Liásico-Dogger. Parte de esta unidad fue cartografiada y aparece en un mapa índice del itinerario Tehuacán-Petlalcingo (Calderón, 1956, Figura 5); menciona también que la unidad está muy plegada.

Silva (1970), elaboró el primer estudio de la flora fósil de la región y contribuyó de manera importante a esclarecer la confusión relativa a la edad de dicha formación. Fue la primera en atribuir a la flora de la unidad una edad paleozoica (pensilvánica).



Morán (1987), elaboró un mapa geológico general (escala 1:100,000) e hizo una breve descripción de la litología, el objetivo de ese trabajo tuvo un enfoque particularmente paleomagnético.

### Descripción de la Formación Matzitzi

Aguilera (1896) fue el primero en asignarle el nombre de Formación Matzitzi a esta unidad, el nombre proviene del cerro Matzitzi (Machichi), localizado al norte de San Luis Atolotitlán, en el centro-sureste del área de estudio, la litología la describe como capas de arenisca y pizarra con abundantes plantas. Calderón, (1956) describe a esta unidad como una sección gruesa de arenisca de grano grueso con clásticos de cuarzo y feldespatos, con intercalaciones de capas delgadas de carbón y lutita apizarrada de color gris pardo y estratos plegadas y erosionados.

La litología predominante está constituida por una subarcosa de grano fino, medio y grueso, con un color verde, verde amarillento y gris verdoso; los granos mayores son poco redondeados (angulosos a subangulosos), están compuestos principalmente de cuarzo y en mucho menos proporción, feldespatos (plagioclasas), biotita, y minerales accesorios (hematita e ilmenita). La matriz es arenosa, su litificación es buena, su estratificación varía de delgada a gruesa (0.5 cms a 80.0 cms), bien marcada y con menos frecuencia cruzada.

La lutita se encuentra interestratificada con las areniscas, es de color verde oscuro, textura micrítica y estratificación laminar. La Formación Matzitzi, sobreyace discordantemente al basamento Precámbrico (Complejo Oaxaqueño) en el extremo sureste del área de estudio (Santiago Coatepec) y a las rocas metamórficas del Paleozoico (Complejo Acatlán), al noroeste del área (Los Reyes Metzontla); es sobreyacida discordantemente por rocas Mesozoicas, y/o por los depósitos terciarios. Su espesor aproximado es de 1080 metros; aflora en los valles, y con menor frecuencia ocupa partes altas. La unidad se encuentra muy plegada, fracturada, fallada. El nombre procede del cerro "Machichi" (Matzitzi), ubicado en la parte central del área, en las inmediaciones al norte del poblado de San Luis Atolotitlán.

A la fecha no se ha asignado una localidad o sección tipo en el área que cubre la Formación Matzitzi y tomando en cuenta que el presente estudio es una tesis y no tiene el carácter formal para designar una localidad tipo de acuerdo al Código de Nomenclatura Estratigráfica, sólo se indicará *informalmente* como "localidad o sección tipo" la barranca de Coatepec, aclarando que no tiene valor nomenclatorial. Esta localidad tipo tiene dirección W-E, ubicada en el extremo sureste del área, en las inmediaciones al SW-SE del poblado de Santiago Coatepec, en cuyas paredes cortadas por el río se encuentra una de las áreas fosilíferas que produjo a la tafoflora Matzitzi; que permitió aportar datos para fechar esta unidad y confirmar la edad Pensilvánica.



La sección medida esta expuesta a lo largo de la Barranca de Coatepec que es la única localidad donde es posible observar la secuencia completa.

### **Ubicación, Extensión y Configuración.**

Esta unidad aflora principalmente en las partes bajas del área, a una altura de 1750 m.s.n.m., pero al norte y este del poblado de San Francisco Xochiltepec y al Noreste de San Luis Atolotitlán respectivamente, presenta alturas entre 2000 y 2100 m.s.n.m. (Figura 2, mapa geológico).

Para su mejor comprensión la Formación Matzitzi se ha dividido en tres conjuntos de afloramientos: El primero está formado por cuerpos pequeños y alargados que se ubican al suroeste, norte y noreste del poblado de Los Reyes Metzontla, en el extremo noroeste del área de trabajo. El segundo conjunto ocupa las partes bajas en las inmediaciones del poblado de San Francisco Xochiltepec, en la porción centro-norte del área de estudio, y se encuentra separado del primero por rocas mesozoicas y terciarias. El tercer conjunto constituye el cuerpo principal de esta unidad; se extiende desde el norte del cerro Machichi, hasta la parte sureste del poblado de Santiago Coatepec; estas localidades se encuentran aflorando en la parte este y sureste del área de estudio (Figura 2, mapa geológico).

En conjunto, el porcentaje de afloramiento de la Formación Matzitzi con respecto al área cartografiada es de 14.9% y cubre una superficie de unos 30 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup> (Gráfica 1 y 2).

En general la Formación Matzitzi tiene una orientación preferencial, con dirección NW-SE en forma de banda, donde su eje mayor tiene un largo de 17 kilómetros y su ancho mayor es de unos 3 kilómetros. En las inmediaciones de San Luis Atolotitlán, sus extremos se angostan (de 800 a 1000 metros).

### **Expresión Geomórfica.**

La Formación Matzitzi forma lomeríos bajos (ocupando principalmente las laderas de los cerros), redondeados y alargados, con altitudes que van desde 1700 a los 2100 m.s.n.m. (Mapa 1). Las pendientes varían hacia la región de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, con ángulos aproximados de unos 10-15°, y en las barrancas de Xoconoxtitla, (al NE de San Luis Atolotitlán), y Coatepec (al SE Santiago Coatepec), las pendientes son un poco más fuertes, de unos 15 a 25° debido principalmente a plegamientos y fallamientos.

## Espesor.

El espesor de la Formación Matzitzi había permanecido incierto a pesar de que Calderón (1956), fué el primero en mencionar un espesor para la Formación Matzitzi, e indica que "las secciones están muy plegadas, erosionadas y afectadas por intrusiones, por lo que es difícil dar un verdadero espesor, pero posiblemente sea mayor de 600 metros", y no indica la localidad del espesor estimado.

Morán (1987) menciona que la unidad tiene un espesor mayor de 510 metros, y que esta sección está expuesta en la barranca de Coatepec.

La "sección tipo" que se propone en el presente estudio y que tiene carácter de informal, está ubicada en las inmediaciones del poblado de Santiago Coatepec, sobre el río-barranca de Coatepec. Se midió la sección y se obtuvo un espesor aproximado de unos 1080 metros. Para medir esta sección se utilizó una brújula Brunton y una cinta métrica, un mapa topográfico escala 1:6,000, y 1:25,000 y fotografías aéreas escala 1:25,000 y 1:12,500. A pesar de que estos afloramientos están plegados y fallados, fue posible estimar este espesor (Figura 3).

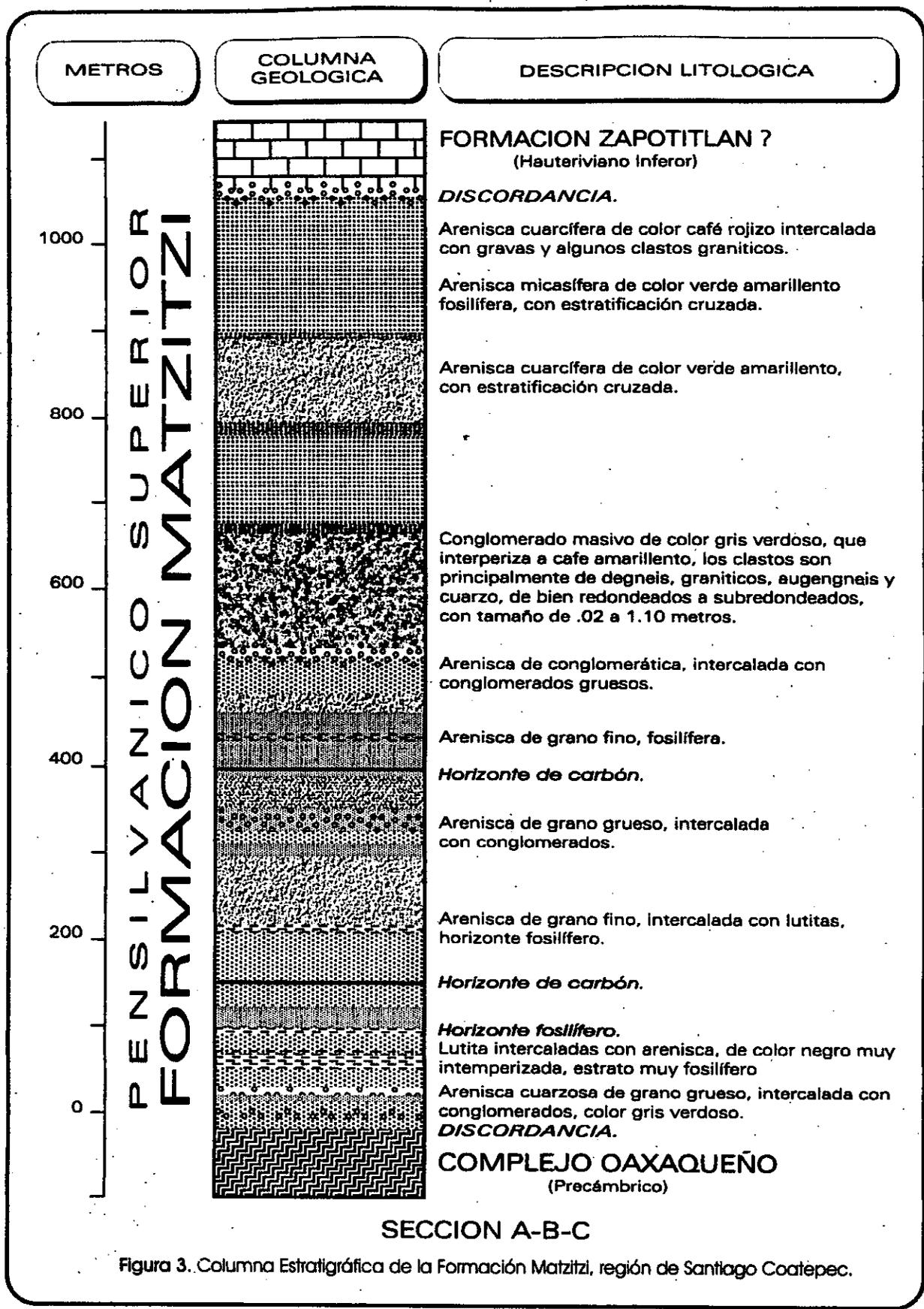
La sección se extiende en dirección W-E. Hacia el W, se observa el contacto inferior con rocas precámbricas (Complejo Oaxaqueño), y al E, el contacto superior con rocas mesozoicas (Formación Zapotitlán). La Sección Tipo se muestra como Sección-Medida 1, y se describe en el apéndice único (Apéndice 1).

## Litología.

Las clases de arenisca más frecuentes de la Formación Matzitzi, corresponden a subarcosas y arcosas. Estas areniscas se encuentran bien consolidadas y son de color gris obscuro que varía a verde amarillento y café amarillento. Su estratificación varía de delgada a gruesa, y es clara su definición. En algunas partes muestra estratificación cruzada (San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec), de tipo laminar, de ángulo bajo, muy fosilífera.

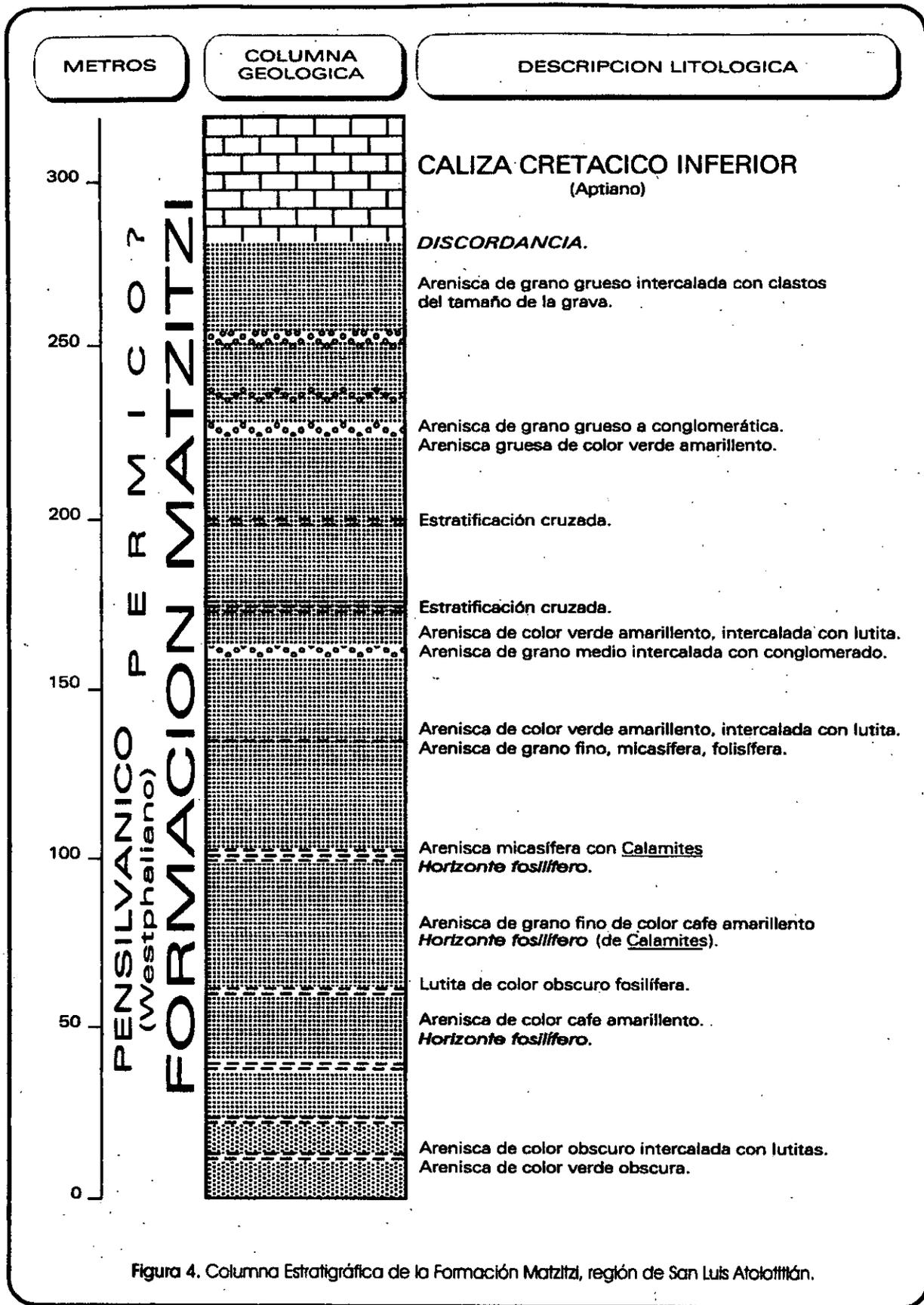
La petrografía de las rocas de la Formación Matzitzi en términos generales no varía mucho, su aspecto general en promedio es una matriz que se constituye del 15 al 20%, el sedimento consiste principalmente de sericita. Los granos clásticos constituyen del 75 al 90%, del sedimento. El tamaño del grano varía de 0.5 a 0.1 mm. La mayor parte de los granos son angulosos a subangulares, la clasificación de los granos es irregular.

En la región de Los Reyes Metzontla (NW del área de estudio), se midió una sección (Figura 4), con un espesor aproximado de unos 160 metros. La base está constituida por subarcosas de grano grueso, intercaladas con conglomerados constituidos principalmente de granito.



SECCION A-B-C

Figura 3. Columna Estratigráfica de la Formación Matzitzi, región de Santiago Coatepec.



PENNSILVANICO PERMIANO ?  
 (Westphaliano)  
**FORMACION MATZITZI**

Figura 4. Columna Estratigráfica de la Formación Matzitzi, región de San Luis Atolotitlán.



La arenisca fue identificada como subarcosa constituida por cuarzo monocristalino (RM-19), en un porcentaje de 80 a 85%; aproximadamente un tercio o dos quintos de los granos de cuarzo son equidimensionales. Los feldespatos constituyen del 6 al 10% y se encuentran alterados. El resto lo forman algunos minerales como zircón, sericita y otros minerales que no fueron identificados.

En otra muestra de la misma región (RM-78), localizada al Sur de Los Reyes Metzontla, cerca del contacto con rocas ígneas extrusivas, (entre el C. de Yistepec y la Mesa de Buenavista), se identificó una subarcosa, con alto contenido de cuarzo (80-85%), feldespatos alterados (7%), biotita (5%), y 3%, fragmentos de roca. A W del mismo poblado a unos 2.5 km, se identificó otra subarcosa, cerca del contacto con un intrusivo; la mineralogía mostró, cuarzoes monocristalinos, policristalinos de origen metamórfico.

También se ha descrito arenisca que presenta detriticos de cuarzo con extinción ondulante, plagioclasa con maclas arqueadas y algunos líticos de granito cataclaseado (Morán, 1987).

Al SW de San Francisco Xochiltepec, a unos 4.5 kilómetros sobre el camino de terracería, entre este poblado y Los Reyes Metzontla, se obtuvo una muestra (FX-4), que se identificó como una subarcosa, con un porcentaje alto de cuarzo monocristalino (85-90%), con una matriz cementada por carbonato de calcio; se observan otros minerales como clorita y sericita y escasamente materia orgánica. La forma de los granos es angulosa y bien compacta. Otra muestra (FX-18), localizada a unos 2.5 kilómetros al sur del mismo poblado, se identificó una arenisca como arcosa, de grano grueso de color café amarillento con una mineralogía compuesta principalmente de cuarzo (80%), feldespatos alterados (12%), y fragmentos de roca (4%), y el resto otros minerales que por su alteración no se identificaron.

En San Luis Atolotitlán se midió una sección (Figura 5), con un espesor aproximado de 280 metros, que en su base está intersectada por un intrusivo (Sill Atolotitlán). La base esta constituida por arenisca de color oscuro intercalada con lutita y ocasionalmente con horizontes de carbón, muy fosilífera. Se seleccionaron dos muestras la primera (SLA-10), se identificó como arcosa, constituida por cuarzo (75-80%), feldespato muy alterado, probablemente se trate de una plagioclasa (10%); otros minerales como clorita y sericita constituyen el resto de la mineralogía.

En la región de Santiago Coatepec, donde se indica la sección tipo de la Formación Matzitzi (Figura 3), expuesta sobre el río y/o barranca de Coatepec presenta una dirección E-W (Apéndice 1). Un intrusivo de tipo granodiorítico pone en contacto a la Formación Matzitzi y el Complejo Oaxaqueño que se localiza al W-SW del poblado del mismo nombre, se seleccionó una muestra (SC-15B) que corresponde a la base de la secuencia de la Formación Matzitzi, que a la vez está siendo afectada por ese intrusivo y la arenisca se identificó como una subarcosa, con un porcentaje alto de cuarzo (80%) anguloso, con



granos de un tamaño de hasta 1.0 mm., de color café oscuro y café amarillento, con influencia de metamorfismo de contacto. Otra muestra (SC-2) de arenisca identificada como arcosa, se caracteriza por ser de grano grueso que, hacia su parte superior, cambia a conglomerática, de color gris azulado, cuarzosa, intercalada con un horizonte de conglomerados del tamaño de la grava con clásticos de gneiss. La secuencia inferior tiene un espesor aproximado de 550 metros, donde también se observa algunos horizontes de carbón, con una abundante flora (Figura 6). A esta secuencia, (Morán, 1987) la propone como "miembro inferior, con un espesor aproximado de 250 metros, y está formada por la intercalación de arcosa y litarenita, con capas de limolita y lutita con intervalos carbonosos y abundantes restos de plantas fósiles".

La parte intermedia de la secuencia está compuesta por aproximadamente 180 metros de conglomerado masivo (Figura 3), de color gris verdoso, que intertemperiza a color café amarillento bien consolidado. Los clastos están derivados principalmente de rocas semejantes al basamento Precámbrico y se encuentran intercalado con horizontes de arenisca. La composición litológica de los clastos es de rocas graníticas, de augen-gneiss, metagranitos, fragmentos de cuarzo; el tamaño de los clastos varía de gránulos (2cm), hasta bloques (1.10 y 1.60 m), los clastos son bien redondeados y subangulosos, predominando los redondeados. Los intersticios están ocupados por una matriz arenosa gruesa o arcillosa, la mayor parte de los granos de la matriz son de cuarzo. La estratificación tiene inclinación hasta 70°, preferentemente es masiva. Morán (*op. cit.*), a este intervalo lo describe como miembro intermedio, y está constituido por aproximadamente 100 metros de conglomerados, constituidos esencialmente por fragmentos de gneiss y con bloques de hasta 2 metros de espesor.

La parte superior de la secuencia (Figura 3), está compuesta por aproximadamente 370 metros de espesor, representada por capas gruesas de arcosa y litarenita con escasa lutita.

La arenisca es de grano medio a grueso, de color verde amarillento, cuarcífera, muy compacta, con estratificación cruzada, en conjunto esta unidad presenta un buzamiento aproximado a de 70° SE, con ángulo de inclinación entre 50 y 80°. La flora es menos predominante, debido, entre otras cosas a la textura de la roca.

### **Interpretación paleoecológica.**

Dado el espesor acumulado de la Formación Matzitzí, las características petrológicas y estratigráficas indican que su sedimentación se desarrolló en un marco ambiental probable de un complejo fluvial con depósitos de llanuras de inundación, de canal y de abanico aluvial (Morán, 1987), desarrollado sobre un basamento pre-pensilvánico formado por los Complejos Oaxaqueño y Acatlán, que afloran en la porción SW y NW, respectivamente.

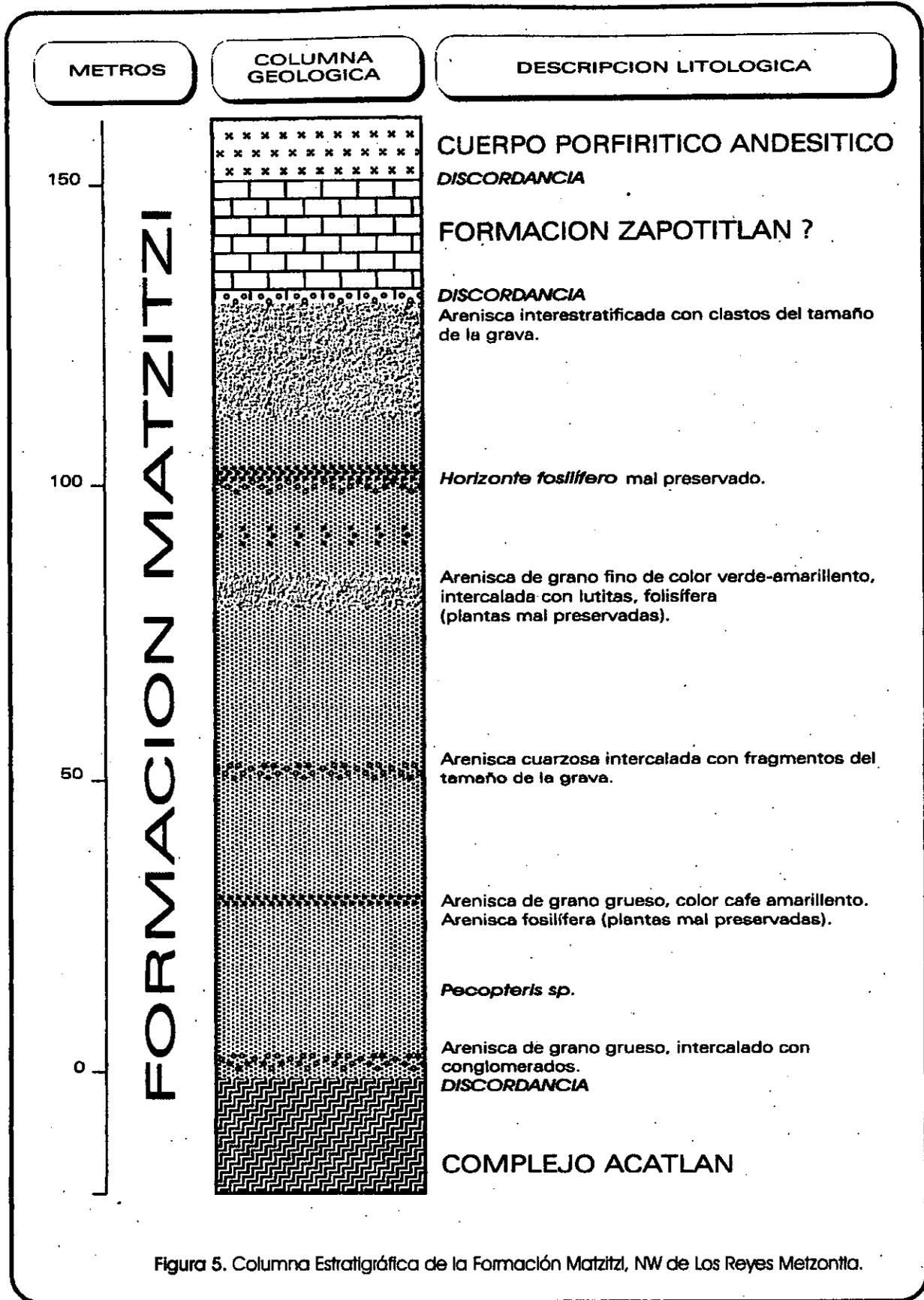
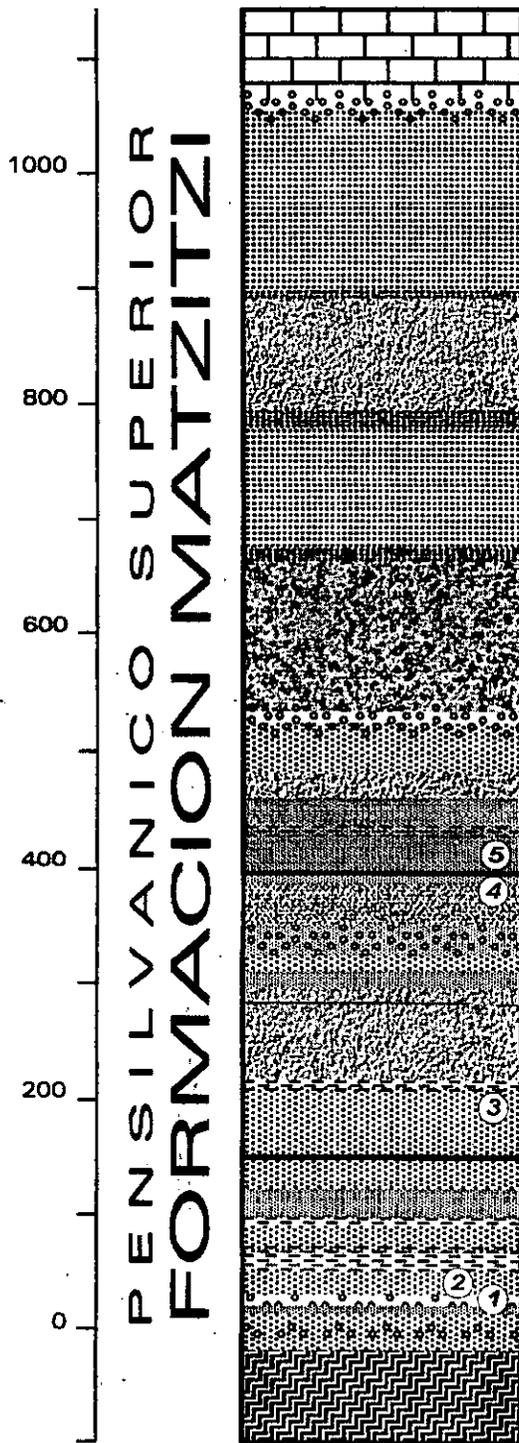


Figura 5. Columna Estratigráfica de la Formación Matzitzi, NW de Los Reyes Metzontla.

METROS

COLUMNA  
GEOLOGICA

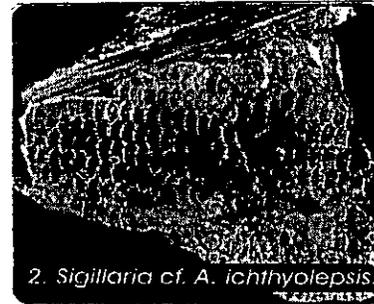


FORMACION ZAPOTITLAN ?  
(Hauteriviano Inferor)

DISCORDANCIA.



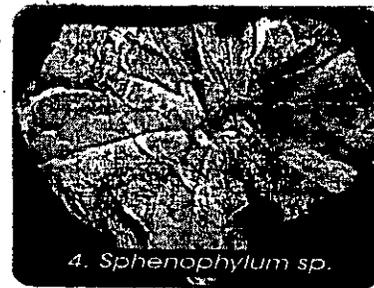
5. *Calamites* sp.



2. *Sigillaria* cf. *A. ichthyolepis*



3. *Annularia* cf. *a. stellata*



4. *Sphenophyllum* sp.



1. *Sphenophyllum* sp.

UBICACION ESTRATIGRAFICA DE LA FLORA

Figura 6. Columna Estratigráfica de la Formación Matzitz, región de Santiago Coatepec.



La relación de los sedimentos terrestres con el resto de las plantas, denota la existencia de un clima húmedo y caliente que prevaleció en la región. En las cuatro áreas que comprende la Formación Matzitzi (Los Reyes Metzontla, San Francisco Xochiltepec, San Luis Atolotitlán, y Santiago Coatepec), se colectaron unos 800 ejemplares, de los cuales el 70 % son helechos. (Apéndice 2).

Los helechos son importantes desde el punto de vista paleobotánico, como indicadores de climas. Este tipo de plantas preferentemente habita ambientes de mucha humedad con moderada temperatura y suelen ser plantas que requieren mucha sombra. Es importante recordar que una de las características paleobotánicas de la región es la abundancia de los helechos fósiles por lo tanto, podemos inferir que allí donde encontramos restos de helechos, imperaba un clima húmedo. Sumado a esto, tenemos que postular la existencia de un estrato de vegetación arborescente, que dió sombra a estos helechos, esto se refleja por lo menos en la región de San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec, pues en asociación con estos helechos, se hallaron también restos de *Calamites*, *Lepidodendron* y *Sigillaria*, *Annularia* (Figura 6 y 7).

En el área de San Luis Atolotitlán, se encontraron impresiones de *Lepidodendron* y *Sigillaria* (Figura 6 y 7), mientras en Santiago Coatepec, los *Lepidodendron* no han sido reportados. Por los indicios estructurales de las lepidodendráceas, se puede inferir que estas plantas crecían en ambientes de humedad constante (tanto atmosféricas, como de los suelos), y que el clima era uniforme, sin marcadas diferencias estacionales. La asociación de las lepidodendráceas con horizontes carbonosos indica que estas plantas vivían en suelos pantanosos, de cuencas de profundidad reducida (Alchangeliski, 1970).

Llama la atención que a pesar de tener una diversidad y cantidad de plantas típicas del Pensilvánico, así como sus respectivos pantanos, no se hayan formado espesores importantes de carbón, como ocurrió en el Carbonífero Tardío de Europa y Norteamérica. Esto significa de alguna manera que las condiciones ecológicas de la localidad mexicana fue diferente, pero que las condiciones climáticas fueron similares.

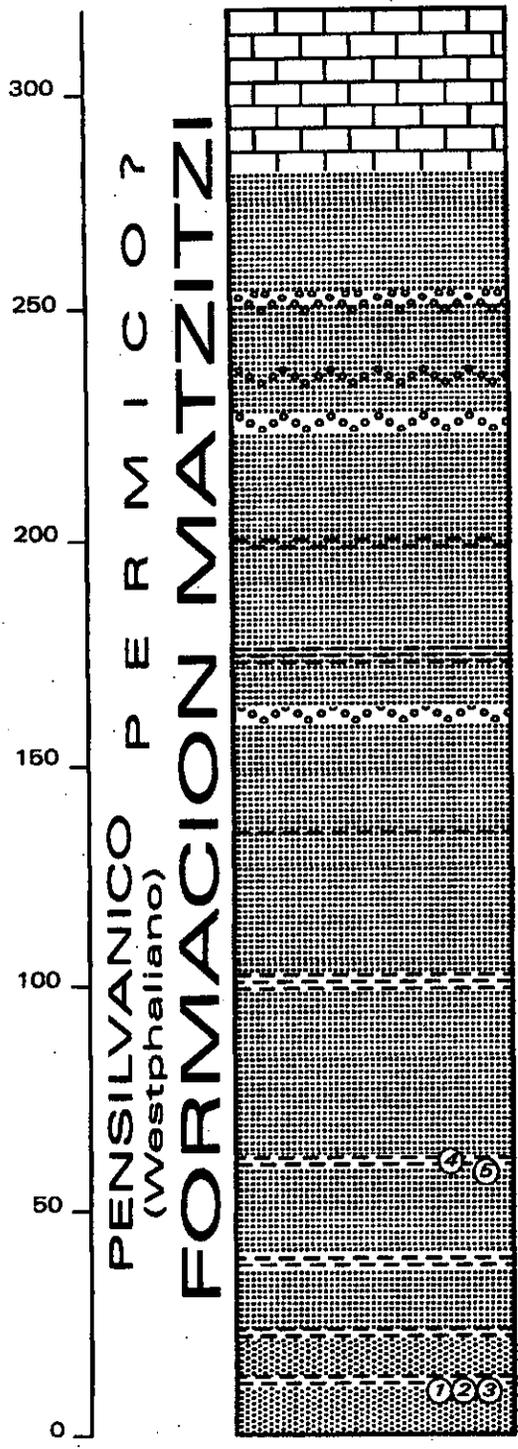
En Europa y Estados Unidos, los mantos de carbón resultaron de la acumulación de una flora exuberante en extensas cuencas pantanosas. La ausencia de este tipo de depósitos, en el área de estudio, sugiere que no existieron tan grandes pantanos. La humedad fue menor, la vegetación menos abundante y no alcanzó las grandes dimensiones características de las otras regiones comparadas (Silva, 1970).

### **Relaciones Estratigráficas.**

Tanto el contacto inferior como el superior, se observan en el área de estudio. En el área de Coatepec, la Formación Matzitzi cubre en discordancia a las rocas cristalinas del Complejo Oaxaqueño (Morán, 1987). El contacto inferior es una discordancia angular que separa a la Formación Matzitzi del Complejo Oaxaqueño (LAMINA 2, Lámina 2B); este

METROS

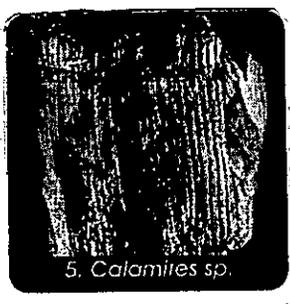
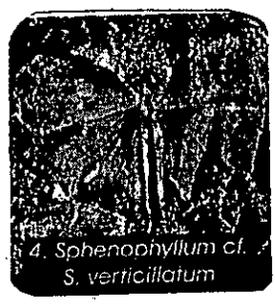
COLUMNA GEOLOGICA



PENSILVANICO (Westphaliano)  
FORMACION MATZITZI

CALIZA CRETACICO INFERIOR  
(Aptjano)

DISCORDANCIA.



UBICACION ESTRATIGRAFICA DE LA FLORA

Figura 7. Ubicación Estratigráfica de la flora en la Formación Matzitzi, región de San Luis Atolotitlán.

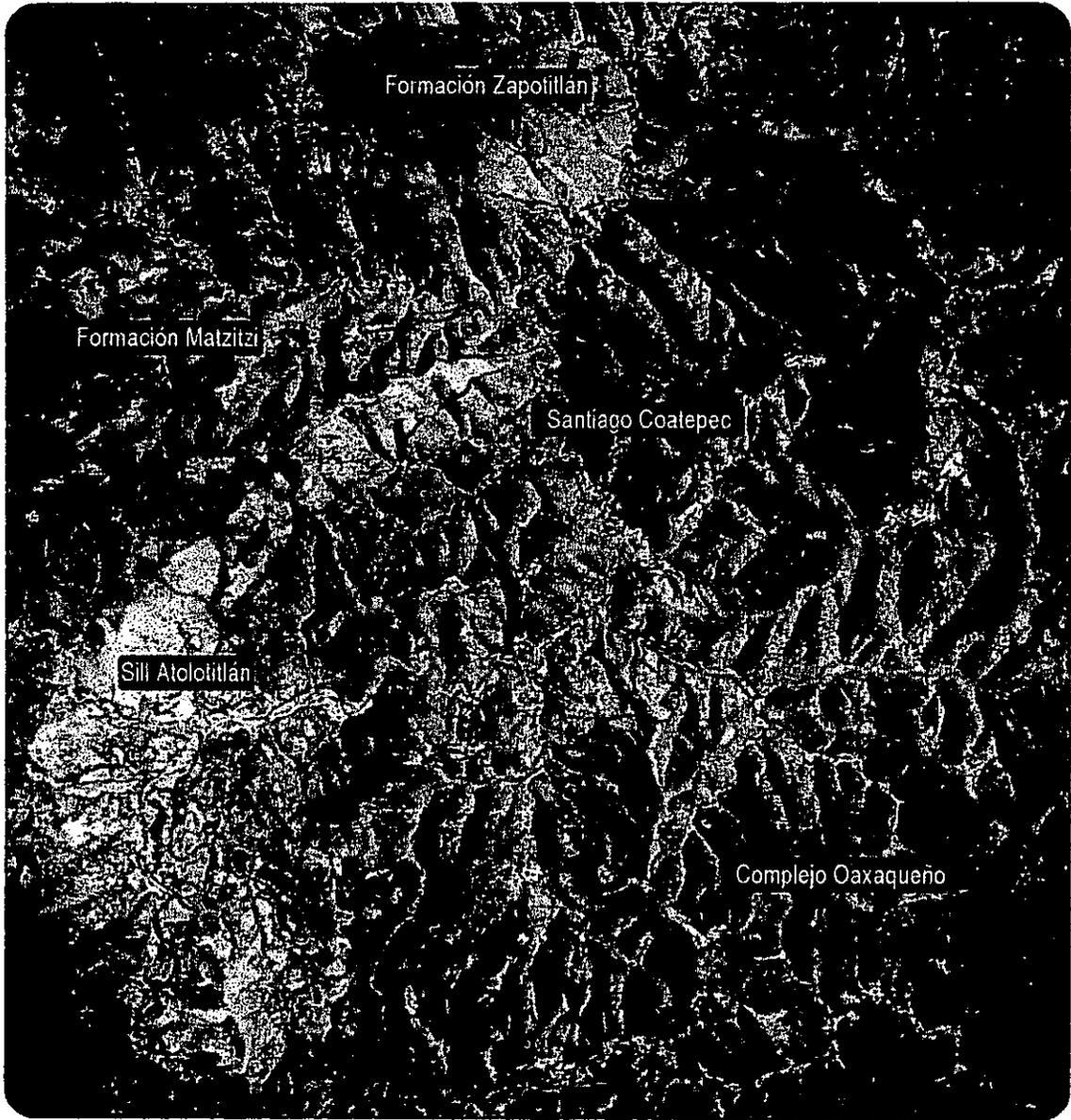


Figura 7-1. Relaciones estratigráficas de la Formación Matzitzi en el área de Santiago Coatepec.



Hacia el NW de Los Reyes Metzontla, extremo noroeste del área de estudio, existe una aparente relación discordante entre el Complejo Acatlán y la Formación Matzitzi (Ortega-Gutiérrez, 1981b, pág. 147). Las relaciones del Complejo Acatlán con la Formación Matzitzi no son muy claras (Morán, 1987); sin embargo, el autor pudo observar un afloramiento que se localiza entre los cerros Zoluche y Tabache, sobre el camino de vereda que sale del camino de terracería que va a los Reyes Metzontla (2.5 km), con dirección al cerro Pizarro, donde se aprecia que la Formación Matzitzi está en contacto discordante con el Complejo Acatlán (LÁMINA 3, LÁMINA 3B).

El contacto superior de la Formación Matzitzi en el área Coatepec (al E-SE del poblado del mismo nombre), está cubierto en ligera discordancia angular con un horizonte de conglomerado arenoso de color café rojizo que presenta un espesor de 20 m, que a su vez subyace transicionalmente a una secuencia marina con fauna del Valanginiano Temprano (Castro-Mora y Pacheco-Gutiérrez, 1986) la cual forma la base de la Formación Zapotitlán; sin embargo, Hernández-Láscares (1992), encontró una amonita en esta secuencia calcáreo-arcilloso, que fue descrita por Cantú-Chapa (1993), como *Puebligeras lascarences* (gen. nov. sp. nov.) con una edad del Hauteriviano Temprano, consecuentemente estos datos abren caminos para discutir si esta unidad litoestratigráfica corresponde o no a la Formación Zapotitlán.

En los alrededores de Los Reyes Metzontla (Figura 2, mapa geológico), la Formación Matzitzi subyace en discordancia angular a la Formación Zapotitlán. En el área de San Luis Atolotitlán, subyace en discordancia angular con los Lechos Rojos y calizas San Luis (Hernández-Láscares, y Buitrón, 1992).

Al SW de San Francisco Xochiltepec, al norte del área de estudio, la Formación Matzitzi aparece también en contacto discordante con el Lechos Rojos, mientras que el NW y NE de los Reyes Metzontla, subyace a una cubierta ígnea terciaria compuesta por derrames de la Andesita La.

Hacia el centro del área de estudio, la Formación Matzitzi se encuentra sobreyacida, en discordancia angular, por una gruesa unidad de derrames andesíticos a la que se denominó en este estudio Andesita Xochiltepec, localizados al NW-E-SW de San Luis Atolotitlán, y al NW-E-S, de San Francisco Xochiltepec. Al N-NW de San Luis Atolotitlán, la Formación Matzitzi se encuentra sobreyacida por el Conglomerado El Castillo.

Por último, la Formación Matzitzi, es cortada por varios cuerpos ígneos. Hacia el centro-NW del área de estudio, en el camino entre Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, sobre la Barranca Nacional, la unidad es intrusionada por el Dique Metzontla de edad Pérmica (Torres, et. al. 1986). Hacia el área de San Luis Atolotitlán, al NE-E-SE, y en los alrededores de Santiago Coatepec, la Formación Matzitzi está siendo afectada por el Dique Los Reyes, de edad Jurásico Medio.

### Paleontología (Paleobotánica)

La Formación Matzitzi es portadora de una tafoflora muy singular e importante; la cantidad y diversidad de estos fósiles están distribuidos en aproximadamente 30 km<sup>2</sup> (Figura 2, mapa geológico). Representa la única localidad conocida de una secuencia continental con plantas fósiles del Paleozoico Superior de México.

La distribución geográfica de la flora en las cuatro áreas (Los Reyes Metzontla, San Francisco Xochiltepec, San Luis Atolotitlán, Santiago Coatepec) varía en cuanto a cantidad y diversidad, las asociaciones florísticas que se localizan al SW (San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec) son diferentes en la mayoría de los casos, que las que se presentan al N y NW (San Francisco Xochiltepec y Los Reyes Metzontla).

Con base a estos datos y apoyado en la edad y posición estratigráfica de las plantas fósiles se determinó que la flora más antigua dentro de la Formación Matzitzi (Pensilvánico Tardío) se encuentra en la base de la sección medida que se localiza en la Barranca de Santiago Coatepec, cerca del contacto con el Complejo Oaxaqueño. Esta flora está compuesta principalmente por *Sigillaria* sp., *Sphenophyllum* sp., *Annularia* sp., *Calamites* sp., y helechos (Marattiales) (Figura 6), mientras que en el contacto con el Complejo Acatlán, al NW de Los Reyes Metzontla, sólo se encontraron helechos en la parte baja de la sección. El espesor en esta localidad es incompleta, apenas alcanza los 130 metros (Figura 4). Hacia la parte media y superior de esta misma sección, las plantas son difíciles de reconocer por su mala preservación. Las capas están muy deformadas y las plantas recolectadas no se identificaron. Por lo tanto es difícil su ubicación estratigráfica. En esta localidad se encuentran en contacto discordante la Formación Matzitzi y el Complejo Acatlán.

La flora de San Luis Atolotitlán está caracterizada por *Calamites*, *Annularia*, Marattiales y destaca principalmente la presencia de *Lepidodendron* sp. (Figura 7) y *Holcospermum* sp. (Figura 8), cerca del contacto con intrusivo Atolotitlán (LAMINA 4, Lámina 4B).

De acuerdo a los datos estructurales recabados (Figura 2), las capas expuestas de la Formación Matzitzi en el área de San Luis Atolotitlán se encuentran estratigráficamente arriba de las capas de Santiago Coatepec, lo que ubica al género *Lepidodendron* sp. aproximadamente a la mitad de la columna generalizada (Figura 9). Inmediatamente después de esta especie, fueron encontrados los géneros, *Calamites* sp., *Pecopteris* sp., *Holcospermum* sp. (Figura 8), y escasamente *Annularia* sp., *Sphenophyllum* sp., *Sigillaria* sp. (Figura 7) y formas parecidas a Gynophytas. Además de estos ejemplares, el autor de este trabajo y sus estudiantes, han encontrado una gran variedad de plantas, que llegan a ser del orden de unos 1,000 ejemplares principalmente en las dos localidades antes mencionadas.

METROS

COLUMNA GEOLOGICA

300  
250  
200  
150  
100  
50  
0

PENSILVANICO PERMIANO ?  
(Westphaliano)

# FORMACION MATZITZI

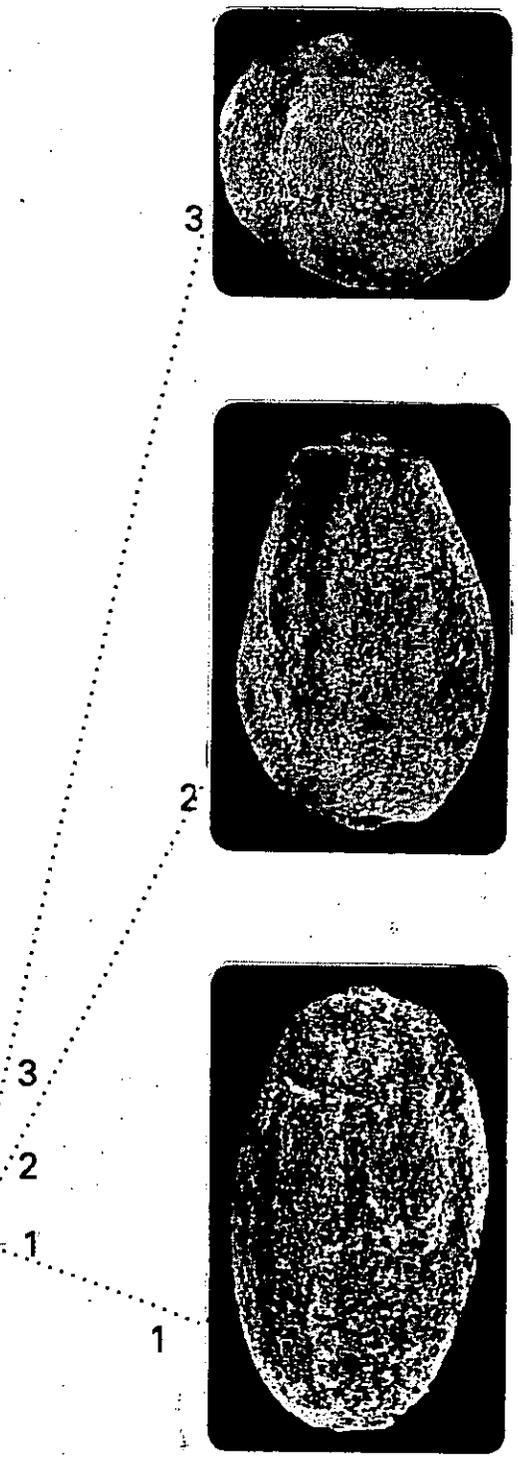
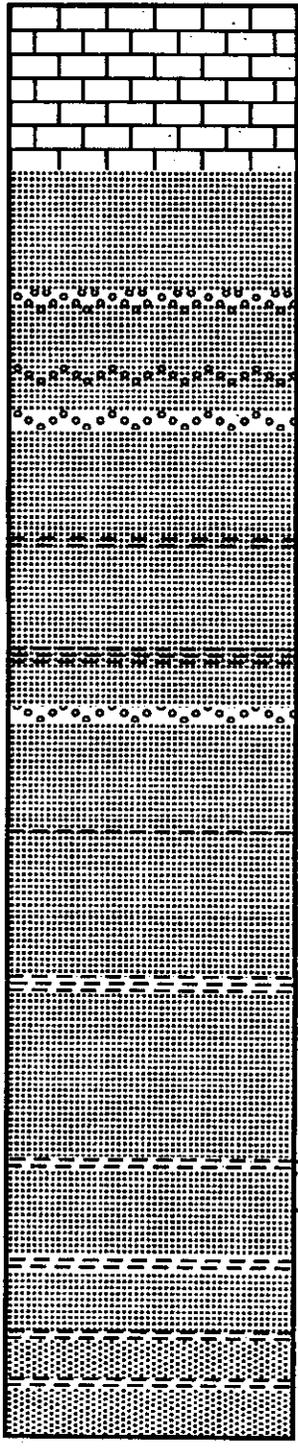


Figura 8. Ubicación Estratigráfica del género *Holcospermum* sp. de la Formación Matzitzi en la región de San Luis Atolotitlán.



Lámina 4A. Contacto tectónico entre la Formación Matzitz y el Cuerpo Porfirítico Andesítico, al NW de los Reyes Metzontla.

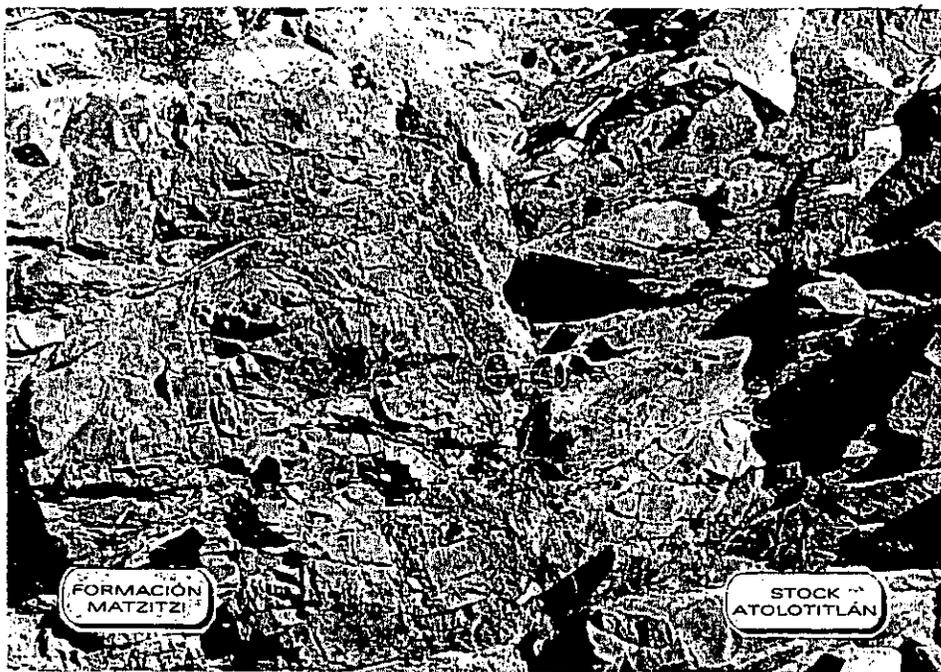
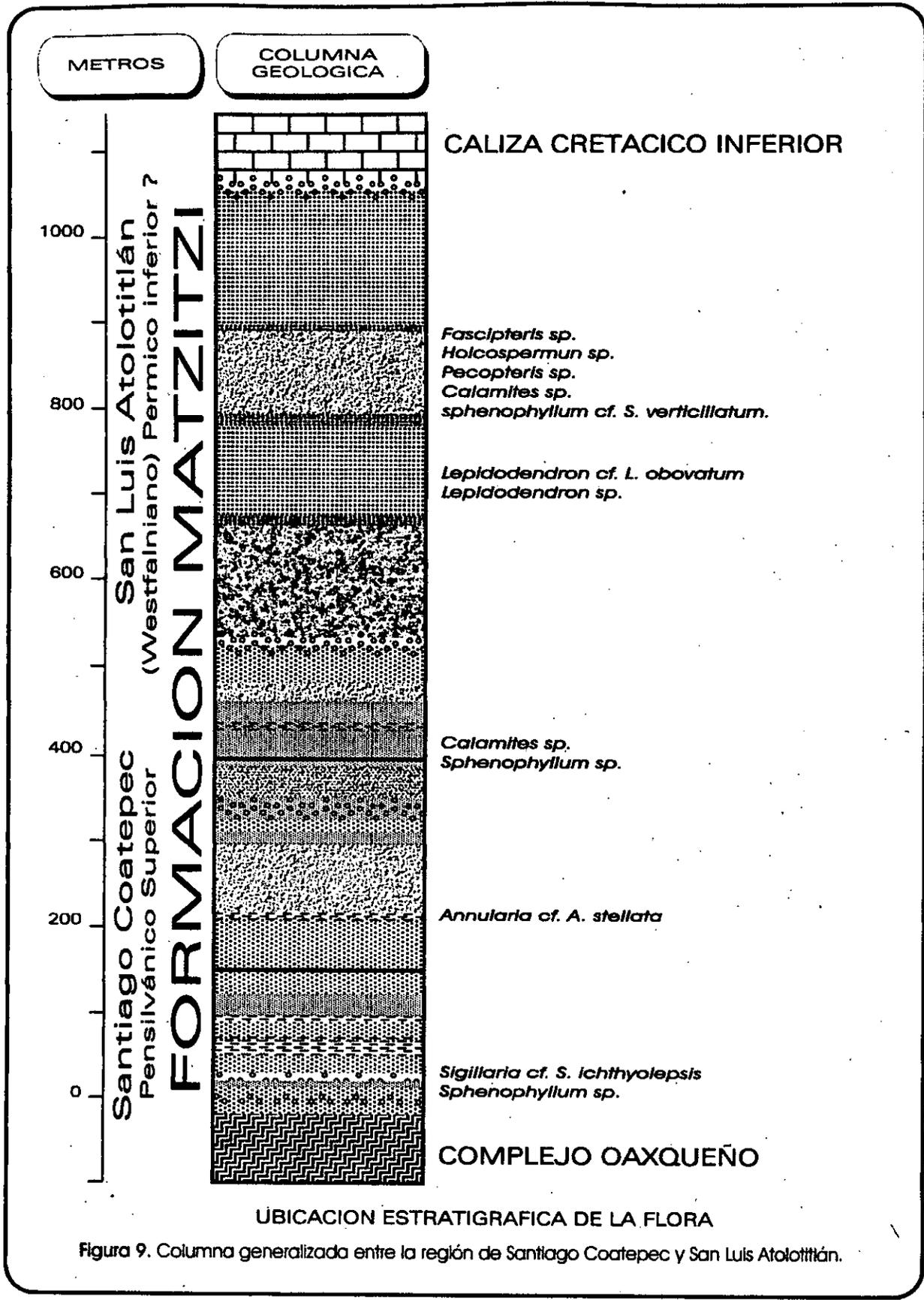


Lámina 4B. Contacto discordante entre la Formación Matzitz y el Sill Atlotitlán en el área de San Luis Atlotitlán.





En las áreas de San Francisco Xochiltepec y Los Reyes Metzontla, la flora predominante está representada principalmente por helechos (Marattiales) y escasos ejemplares de *Sigillaria sp.*, *Holcospermum sp.*, *Calamites sp.* y otras formas. Con base al mapeo geológico, a los datos bioestratigráficos y posición estratigráfica de la flora, los estratos de las áreas en Santiago Coatepec y San Luis Atolotitlán se ubican en la parte inferior y media de la columna geológica en general, y los estratos de las áreas de San Francisco Xochiltepec y Los Reyes Metzontla se ubican en la parte superior; sin embargo, en determinadas áreas la fuerte deformación estructural no permite asegurar tal aseveración.

La diversidad y la cantidad de las plantas permite suponer que el área de acumulación de los sedimentos de la Formación Matzitz debió haber sido mucho más amplia de lo que se reporta en este estudio, pero que el magmatismo, deformación, levantamiento, y erosión se han encargado de disminuir la superficie real.

### **Paleofitogeografía.**

Desde el punto de vista paleofitogeográfico la Formación Matzitz constituye un aspecto de trascendental importancia. La similitud de su flora con respecto a la de otras latitudes (Noreste de EUA, Sureste de Canadá; Francia, España, Alemania, Inglaterra, Sur de Asia), permite proponer que la flora mexicana tiene más relación con la flora del Hemisferio Norte (Laurasia), que con el Hemisferio Sur (Gondwana). Sphenopsida se halla representada por géneros cosmopolitas, como *Calamites*, *Annularia*, *Sphenophyllum*; de Licópsida se mencionan los géneros *Lepidodendron* y *Sigillaria* (Figura 10).

Los géneros encontrados en la localidad mexicana como *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Calamites*, *Annularia*, *Sphenophyllum*, *Pecopteris* entre otras son géneros reportados para la provincia paleoflorística Euroamericana-Cathaysia (Figura 10). Durante el Pensilvánico Tardío y el Pérmico Temprano, México ocupaba tanto el extremo Suroeste de Laurasia como el de la provincia Euroamericana-Cathaysia (Figura 11).

Entre los helechos pecopteridios de la Formación Matzitz, sólo *Fasciopsis* permite señalar 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 (Magallón, 1991).

La flora Matzitz a pesar de constituir un aspecto cosmopolita, sus especies presentan diferencias con floras de otras latitudes, lo que hace más complicada su interpretación y a la vez más interesante. Sus relaciones paleofitogeográficas aún tienen que considerarse tentativas por falta de estudios sistemáticos.

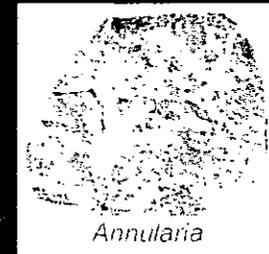
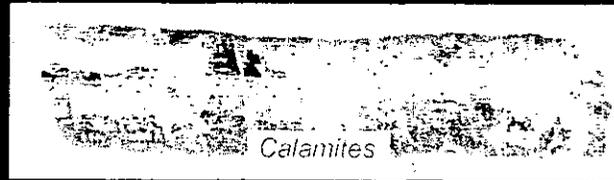


Figura 10. Mapa de distribución de las floras durante el Carbonífero Tardío (incluyendo Namuriano Tardío, Westfaliano, Stephaniano). La flora Euro-americana está caracterizada por los géneros *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Calamites*, *Annularia*, *Sphenophyllum*, *Pecopteris* y *Neuropteris* (Flora Euro-americana\*, Flora Angara ●). Estas mismas especies fueron encontradas en el área de estudio Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec, Puebla, México.



Figura 10. Mapa de distribución de las floras durante el Carbonífero Tardío (incluyendo Namuriano Tardío, Westphaliano, Stephaniano. La flora Euro-americana está caracterizada por los géneros *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Calamites*, *Annularia*, *Sphenophyllum*, *Pecopteris* y *Neuropteris* (Flora Euro-americana\*, Flora Angara O). Estas mismas especies fueron encontradas en el área de estudio Los Reyes Metzantla-Santiago Coatepec, Puebla, México.

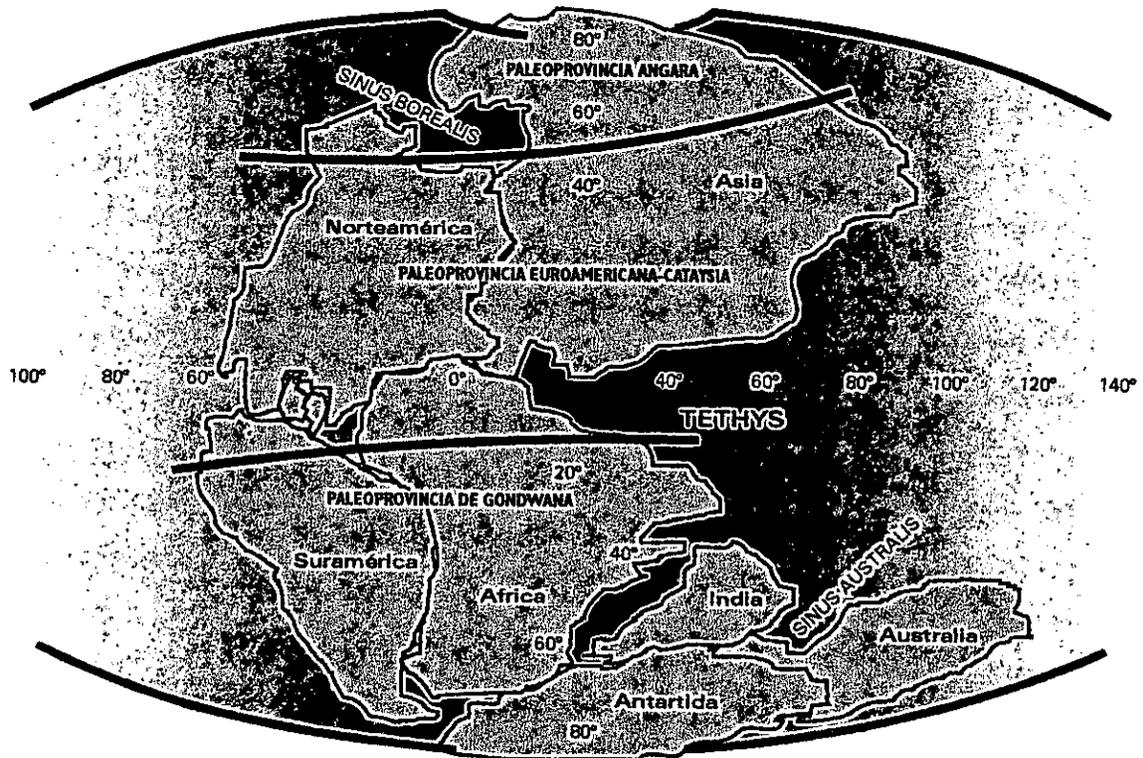


Figura 11. Presentación esquemática de la distribución de las floras entre el Westphalliano (Carbonífero Tardío) hasta el Artinskiano (Pérmico Temprano) (Remy, 1977).

## Edad y Correlación

La edad de la Formación Matzitzi, ha sido cuestionada desde la primera propuesta que hiciera Aguilera en 1896, quién reporta por primera vez el hallazgo de las plantas fósiles, y propone una edad del Triásico Tardío. Posteriormente, Flores (1909), a partir del estudio de restos fósiles colectados por el mismo considera una edad del Rético Liásico. Burckhardt (1930), propone una edad del Triásico Tardío al Jurásico Medio (Rético-Liásico-Dogger) y Müllerried (1933), les asigna una edad del Jurásico Temprano.

Calderón (1956) realiza uno de los primeros trabajos geológicos en la zona, de carácter muy general y apoyado en los estudios anteriores descarta la posibilidad de edad Triásica, propuesta por Burckhardt (1930) y asigna una edad Liásica para esta unidad. Los estudios de Erben (1956), también proponen una edad del Jurásico Medio.

Silva (1970), realiza el primer estudio de la flora Matzitzi, que comprende 25 especies pertenecientes a helechos, pteridospermas, calamitales y lepidodendrales y establece que la edad de la Formación Matzitzi es pensilvánica. La supuesta edad jurásica para las rocas con plantas de esta región, la descarta definitivamente.

Recientemente se reportan hallazgos nuevos de plantas de la Formación Matzitzi que son: *Taeniopteris* sp., *Holcospermum* sp., cf. *Pterophyllum* sp. Glóssopteridales gen. et sp. indet., *Baiera* sp. o *Rhipidopsis* sp., Gigantopteridales gen. et sp. indet. y Palaeophyllales gen. et sp. indet. (en Magallón-Puebla, 1991), y proponen que la secuencia estratigráfica de esta formación al menos incluye una porción Pérmica, o lo es en su totalidad.

Magallón-Puebla (1991), presenta la descripción de diez especies de helechos pecopteridios pertenecientes a dos géneros distintos: *Pecopteris* y *Fascipteris*, y concluye que el conjunto florístico de la Formación Matzitzi contiene elementos que indican edad Pérmica para los estratos que contienen *Taeniopteris* sp., *Baiera* sp., o *Rhipidopsis* sp., *Sigillaria ichthyolepis* (sinónimo de *S. brardil*, del Pérmico Temprano) y el follaje asignado a Gigantopteridales, pero no indica la posición de esos estratos portadores de la flora mencionada, aún más no indica la posición geográfica ni estratigráfica como tampoco hace referencia en lo más mínimo de la geología de la Formación Matzitzi.

Entre los helechos pecopteridios de la Formación Matzitzi, sólo *Fascipteris* permite señalar una edad Pérmica (Magallón-Puebla, 1991).

Como se puede observar en todos los trabajos aquí citados, sobre todo los que tienen enfoque paleobotánico carecen de una cartografía, de un marco geológico, de secciones medidas, de ubicación de la flora tanto geográfica como estratigráfica y de un estudio estratigráfico. Por lo tanto, la falta de este tipo de estudios en las plantas fósiles de la Formación Matzitzi quedan limitados para proponer edades.

Para llegar a determinar una edad de la Formación Matzitzi, el autor del presente estudio, consideró los aspectos geológicos-bioestratigráficos y paleobotánicos, apoyado en estudios anteriores sobre todo en los fechamientos de roca.

Los elementos principales de la interpretación de la edad son los siguientes:

De las cuatro áreas que comprende la Formación Matzitzi, sólo en Santiago Coatepec fue posible medir una sección y obtener por primera vez un espesor completo (Figura 2.3,6). En la base de la sección (primeros 200 metros) (Figura 7), cerca del contacto con el Complejo Oaxaqueño, se encontró una flora muy característica de las regiones Pensilvánicas (Figura 10). Estas plantas son identificadas como *Sphenophyllum*, *Sigillaria* cf. *ichthyolepis*, *Annularia* cf. *stellata*, *Calamites*, *Pecopteris*, entre otras (LÁMINA 5).

*Sigillaria* cf. *ichthyolepis* (LÁMINA 5, Lámina 5B), es una especie característica del Stefaniano (Pensilvánico Tardío), (Remy et Remy, 1977, pág. 340). En el área de estudio, la especie mexicana fue encontrada en la base de la sección cerca del contacto con rocas precámbricas, en estratos compuestos de areniscas intercalados con lutitas (Figura 3 y 6) y ligeramente afectada por un dique granodiorítico.

Magallón-Puebla (1991, pág. 106), registra la misma especie *S. ichthyolepis*, y propone que el estrato al que corresponde esta planta es de edad Pérmica, pero no indica ni la posición geográfica, ni la estratigráfica, como tampoco aparece la figura en sus láminas.

*Annularia* cf. *stellata*, (LÁMINA 5, Lámina 5C), fue encontrada en los primeros 200 metros de la sección medida, en el mismo lugar sobre la barranca de Coatepec. Esta planta es una especie característica del Stefaniano (Pensilvánico Tardío) y Autuniano (Pérmico Temprano) de Europa y, es poco frecuente del Westfalniano C, (Pensilvánico Superior) (Remy et Remy, 1977, pág. 371); sin embargo, Josten (1991) considera a *Annularia* cf. *stellata*, estratigráficamente del Westfalniano D, (Pensilvánico Tardío).

En cuanto a las especies de *Sphenophyllum* sp. se encontraron dos formas diferentes, una en la base de la sección (LÁMINA 5, Lámina 5A), y otra a los 400 metros sobre la base de la secuencia aproximadamente de la sección medida (Figura 6) (LÁMINA 5, Lámina 5D), asociada a *Calamites* sp. (LÁMINA 5, Lámina 5E) aunque no se logró una comparación precisa. El grupo de las Sphenophyllales tuvo su máximo desarrollo durante el Westphaliano (Pensilvánico Tardío), y muy escasamente llegó a la base del Pérmico (Figura 12).

En el área de San Luis Atolotitlán, en la base de la sección medida (parte media de la secuencia) (Figura 5, 7), fueron encontrados varios ejemplares que se identificaron como *Lepidodendron* cf. *obovatum* (Figura 7) (LÁMINA 6, Lámina 6A y 6C) así como otras

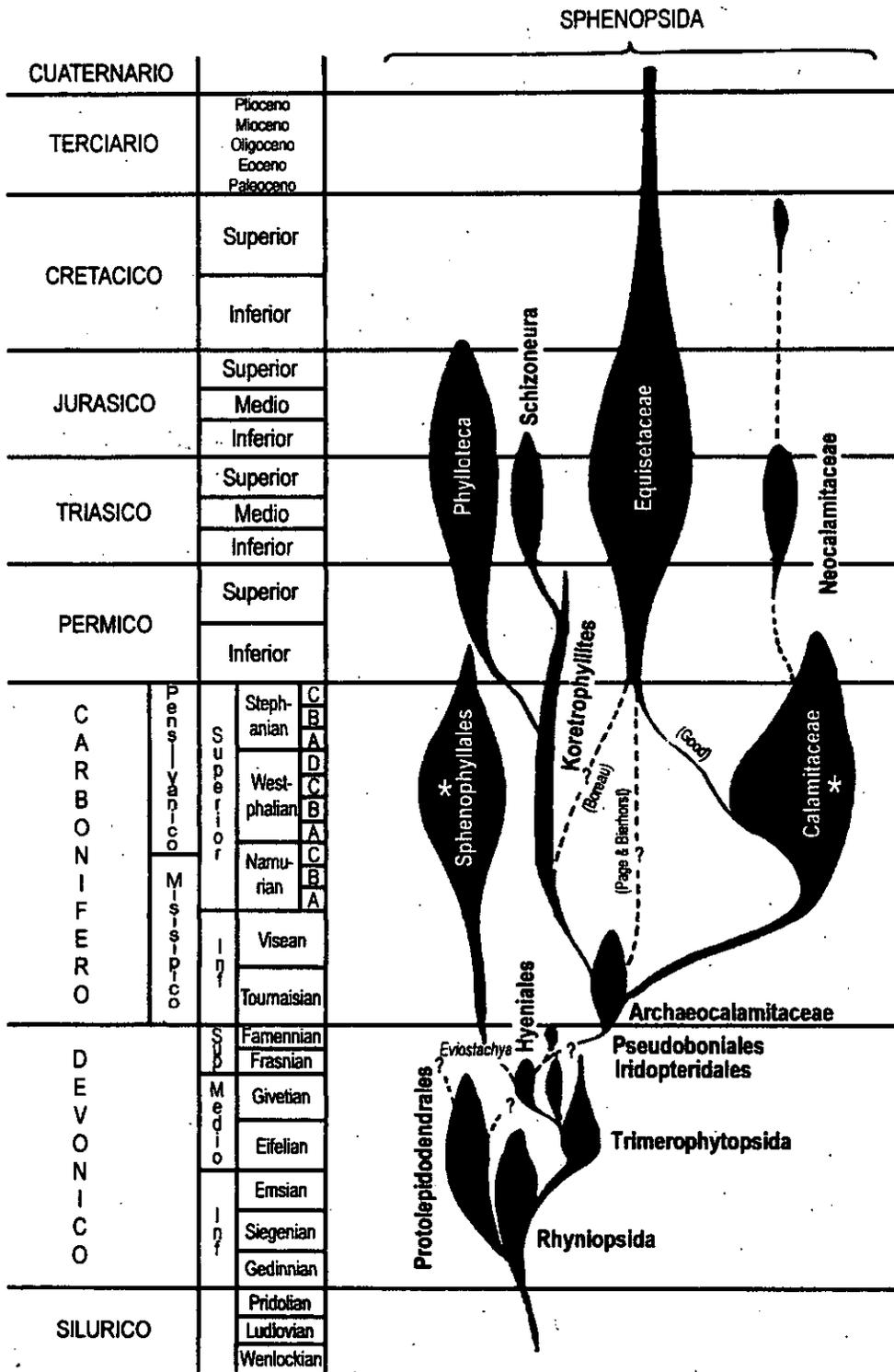


Figura 12. Orígenes sugeridos y su relación con grupos mayores de Sphenopsidas y su distribución en el tiempo geológico (Steward and Rothwell, 1993). El asterisco muestra las especies encontradas en el área de estudio.

especies de *Lepidodendron* sp., (LAMINA 6, Lámina 6B). Estas especies son características del Westphaliano C, (Pensilvánico Tardío) (Gothan et Remy, 1957) (en Remy et Remy, 1977, pág. 315). Josten (1991), considera esta especie como del Namuriano A/B (Carbonífero Medio), a Westphaliano D, (Pensilvánico Tardío). El alcance estratigráfico del género *Lepidodendron*, es desde el límite Devónico-Carbonífero hasta la base del Pérmico, teniendo su máximo desarrollo durante el Namuriano-Westfalniano. Esta planta es una Lycophyta característica del Carbonífero (Boureau, 1967) (Figura 13). A pesar que la especie mexicana tiene características muy particulares, se ubica dentro de este rango. Las *Lepidodendrales* fueron muy abundantes en casi todo el mundo y predominaron especialmente en los paisajes Pensilvánicos.

En el área de estudio *Lepidodendron* cf. *obovatum*, se ubica estratigráficamente en la parte superior de la Formación Matzitzi, en la columna generalizada (a 800 metros de la base) (Figura 9).

Asociado a *Lepidodendron* sp., se encontraron formas parecidas a *Sphenophyllum* sp., *Sigillaria* sp., muy probablemente este nivel, correspondería el límite Pensilvánico-Pérmico.

Aproximadamente a los 70 metros de la base de la sección medida (Sección D-D') (Figura 5 y 7) se encontraron zonificaciones del género *Calamites*, sp. (LAMINA 6, Lámina 6D) asociados a una variedad de helechos (Marattiales). También se encontró un sólo ejemplar de *Sphenophyllum* cf. *veticillatum*, (LAMINA 6, Lámina 6E). Esta especie es característica estratigráficamente del Stefaniano (entre el límite Pensilvánico Superior y el Pérmico Inferior) (Gothan et Remy, 1957; in Remy et Remy, 1977). Archangelsky (1970), reporta una especie parecida para Argentina, sólo que él la identifica como *S. speciosum*, del Pérmico Temprano; esta especie presenta verticilios de 6 hojas, dos de ellas más cortas, mientras la especie mexicana presenta verticilios de 6 hojas iguales.

Magallón-Puebla (1991), indica que entre los helechos pecopteridios de la Formación Matzitzi, sólo *Fascipteris* permite señalar una edad para los estratos, que sería Pérmico. Estos estratos (según las muestras S.L.A. 1-2) presumiblemente podrían situarse entre los 50 y 100 metros de la sección medida en San Luis Atolotitlán (Figura 4-7) y estratigráficamente en la parte superior de la Formación Matzitzi de la columna generalizada a unos 850 metros de la base (Figura 9). Por lo tanto *Fascipteris* estaría estratigráficamente encima de *Lepidodendron*. Si esto es así, solamente la parte superior de la Formación Matzitzi sería Pérmico, y muy probablemente Pérmico Temprano.

Torres et. al (1986), fecharon una muestra (TM-19) a 1 kilómetro al E de Los Reyes Metzontla, entre el camino de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec (Figura 2, mapa geológico del Dique Metzontla), sobre el arroyo barranca Nacional, entre las coordenadas 18° 13' 11"N y 97° 27' 59"W; la edad que proporciona a través del método K-Ar, es de 266±13 y 240±12 m.a., aproximadamente Pérmico Medio y está intrusionando a la Formación Matzitzi.

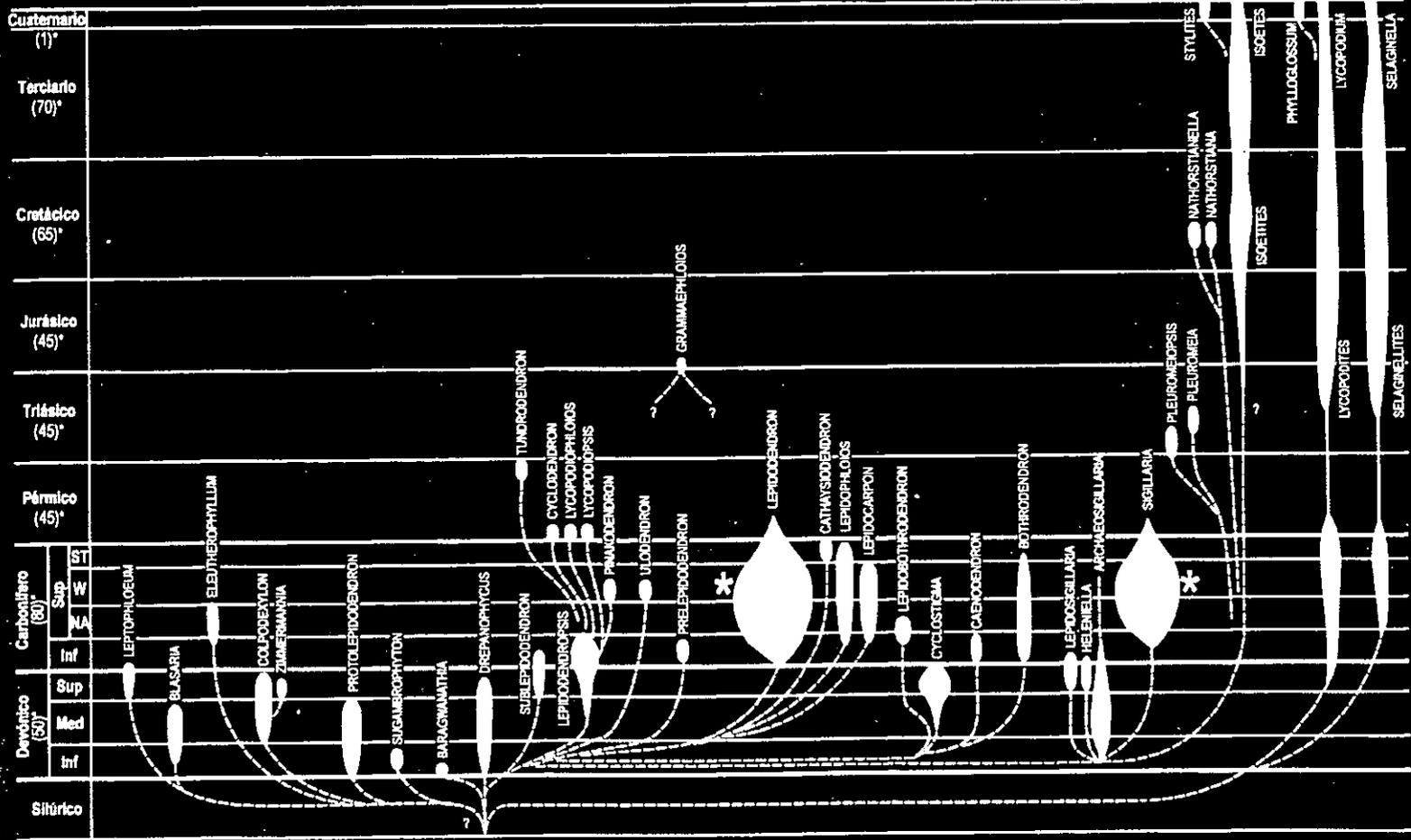


Figura 13. Filogenia y distribución geológica del grupo de las Lycophytas (Boureau, 1967).  
El asterisco muestra las especies encontradas en el área de estudio.

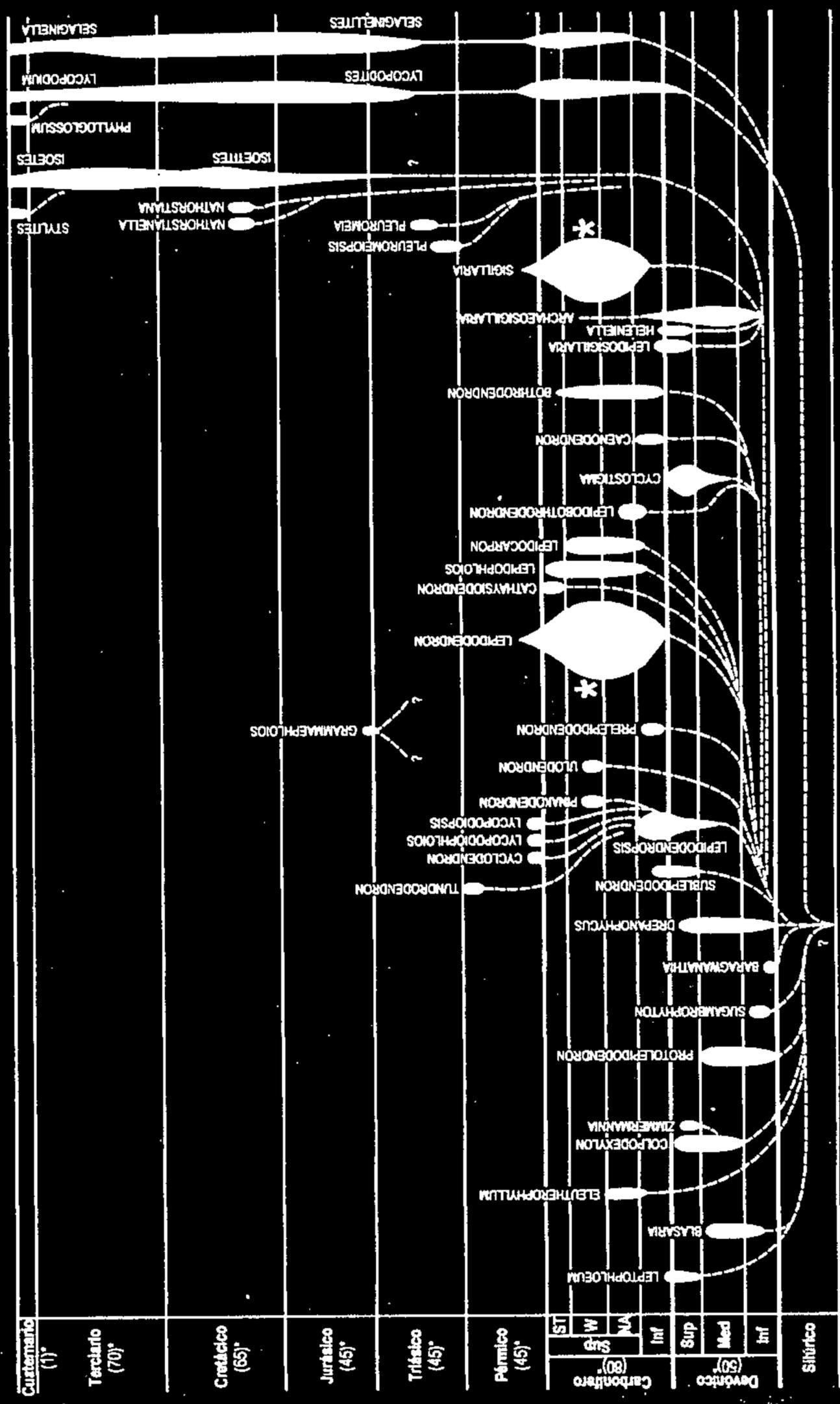


Figura 13. Filogenia y distribución geológica del grupo de las Lycophytes (Boureau, 1967). El asterisco muestra las especies encontradas en el área de estudio.

Sí estos fechamientos son correctos, confirmarían mi opinión de que la Formación Matzitzi en su parte superior (Área San Luis Atolotitlán) es Pérmico Temprano o Pensilvánico Tardío, mientras en la región de Santiago Coatepec, la edad propuesta es Pensilvánico Tardío (Westfaliniano-Stefaniano).

### Correlación.

Correlacionar la Formación Matzitzi con otras unidades del país es un tanto difícil porque no existen unidades continentales paleozoicas de plantas tan intensamente estudiadas como esta unidad. Sin embargo, se citan algunas unidades que han aportado estudios de flora relativamente aproximada a las que se reportan en este estudio. Estas son:

Carrillo Bravo (1961), menciona plantas del Paleozoico Tardío provenientes de la Formación Guacamaya del Anticlinorio de Huayacocotla entre los estados de Tamaulipas, Hidalgo y Veracruz ; de la flora obtenida como del grupo de la Sphenopsidas menciona tallos de *Calamites*, *Annularia* y *Lobatannularia*; de las Pteropsidas menciona *Pecopteris*, *Neropteris*, *Sphenopteris* y entre las coníferas menciona *Cordaites* y *Walchia* sp.; la edad que se propone es Pérmico (Wolfcampaniano-Leonerdino). Dicho autor reconoce que la flora es pobre y escasa y que además se requiere de hacer nuevas colectas y hacer un estudio a detalle de la ubicación estratigráfica y geográfica del conjunto florístico por lo tanto no es posible correlacionar la flora Matzitzi con esta localidad fosilífera [Figura 14 (1,2y 3)].

Hernández-García (1973), menciona plantas de la Formación Santa Rosa provenientes de los alrededores de Chicomuselo y del monte redondo en Chiapas. La edad que propone es Pensilvánico Medio y Superior. Los estudios de esta localidad son escasos, la flora mal preservada y con una geología incipiente; la ubicación geográfica y estratigráfica de la flora es imprecisa. En la Formación Calizas Paso Hondo, el mismo autor reporta plantas con una edad del Pérmico medio la cual esta basada más que en plantas en estudios micropaleontológicos principalmente de fusulínidos asociados con algas de esta edad. En la carretera Comala-Paso Hondo y Monte redondo-Guadalupe Victoria, en el mismo estado se reportan plantas y algunos fósiles de invertebrados, en localidades pertenecientes a lutitas y filitas Santa Rosa Superior, a las que se les asignó una edad del Pensilvánico Superior, con base en la presencia de *Komia* sp. En las calizas y lutitas de la formación grupera se ha señalado la presencia de flora fósil del Pérmico Inferior. Estas tres Formaciones afloran en la región de Chicomuselo en el Estado de Chiapas (Silva, 1987) [Figura 14 (8,9 y 10)].

Silva (1987), reporta para la formación Ixtaltepec en la región de Nochixtlán Oaxaca, reporta un sólo ejemplar de flora, que se trata de una fructificación de una Pteridosperma; la edad que le asigna es Pensilvánica. Como se puede observar un sólo



### EXPLICACION

- 1.- Formación Guacamaya, región de Cd. Victoria, Tamaulipas.
- 2.- Formación Guacamaya, Tlahualompa Hidalgo-San Mateo, Veracruz.
- 3.- Formación Guacamaya, región de Calnali, Hidalgo.
- 4.- Formación Patlanoaya, este de I. de Matamoros, Puebla.
- 5.- Formación Matzitzl, Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec, Puebla.
- 6.- Formación Olinalá-Arcos, región Ollinañá, Guerrero.
- 7.- Formación Ixtaltepec, región Nochixtlan, Oaxaca.
- 8.- Formación Santa Rosa, región de Chicomuselo Santa Rosa, Chiapas.
- 9.- Formación Paso Hondo, Sur de Paso Hondo, Chiapas.
- 10.- Formación Gruperá, Chicomusuelo, Chiapas.

Figura 14. Localidades continentales de plantas fósiles del Paleozoico Tardío en México.

ejemplar proporciona muy poca información; por lo tanto, es muy difícil hacer una correlación con esta localidad (Figura 14).

Villaseñor M. et al (1987), reporta plantas fósiles de los géneros *Pecopteris*, *Neuropteris*, *Calamites* y *Sigillaria*. Provenientes de San Salvador Patlanoaya en las cercanías de Izúcar de Matamoros, Puebla. Le asigna una edad de Pensilvánico. Dado que el estudio correspondiente a las plantas fósiles de esta región es muy incompleto no es adecuado llevar a cabo una correlación con la flora Matzitzi (Figura 14).

Corona-Esquivel (1982-1983), reporta raíces de Lepidodendrales provenientes de la Formación Los Arcos-Olinalá entre los ranchos Llano Grande y Rancho Viejo en el estado de Guerrero; la edad que le asigna es del Paleozoico Tardío. Al igual que las localidades anteriores no es posible correlacionar con esta área.

La flora Matzitzi encuentra sus mejores similitudes con el Carbonífero Superior de Europa (España, Portugal, Francia, Inglaterra, Alemania, Polonia, Checoslovaquia, Yugoslavia).

Diferentes publicaciones establecen que estas localidades europeas son muy similares con el Pensilvánico de Norteamérica; por lo tanto, una de las correlaciones más equilibradas entre la flora Matzitzi de Puebla-México sería con Estados Unidos de Norteamérica, entre las que destacan la región de:

Nueva Inglaterra en el área de la Cuenca de Narragansett, aquí las plantas están deformadas y poco conservadas.

Lyons, et al y Oleksyshyn 1976, Lyons y Darrah 1978, han mostrado la presencia de flora parecida a la flora Matzitzi con edad del Westfaliano. En el área carbonífera de Ohio que es una continuación de la planicie del este de Pensilvania y oeste de Virginia, se ha descrito flora de edad Pensilvánica (Cross, 1958).

La flora Pensilvánica de Michigan (Arnold, 1943-1949) ha sido correlacionada con plantas fósiles con el área de los Apalacheanos y Europa, asignándoles una edad del Westfaliano A al Westfaliano B. Varios trabajos se han publicado sobre las floras Pensilvánicas de Illinois, las cuales han sido descritas por Phillips, Pfefferkon y Peppers en 1973.

Condit y Miller (1951), reportaron flora en excelente estado de conservación en Iowa, en donde se hace mención de varias fructificaciones; la edad asignada a esta flora es Pensilvánico Medio y Tardío.

Clidland, Boris y Baxter (1973), publicaron una revisión y un sumario de la flora Pensilvánica de Kansas. Las impresiones de la flora de Colorado corresponden al Pensilvánico Superior (Arnold, 1941 y Elias, 1942).

### Geología Estructural

Las estructuras que afectan a la Formación Matzitzi son el resultado de diferentes fases de plegamiento y fallamiento sobrepuestos. Esta superposición de eventos ha producido patrones de interferencia que le dan el rumbo de las capas y a sus inclinaciones un comportamiento poco uniforme; el primer patrón se observa al N y NE de Los Reyes Metzontla, que se localiza en la porción NW del área de estudio. Las capas en esta localidad se inclinan hacia NW-W, siguiendo la misma posición de la secuencia cretácica que le sobreyace, el ángulo de inclinación varía de 20 a 80°, predominando ángulos de 25 a 35°; los pliegues son ligeros y poco deformados. Al NW del mismo poblado, el rumbo e inclinación de las capas cambia hacia el SW y los ángulos de inclinación son más suaves que en la parte NE.

La Formación Matzitzi está afectada en su porción noroeste por el Dique Los Reyes y cortada falla de tipo normal con dirección N-S, que se localiza sobre la barranca Nacional de edad post-cretácica temprana. Esta falla se encuentra afectando tanto a la secuencia paleozoica como a la mesozoica (Figura 2, mapa geológico).

Los plegamientos forman anticlinales y sinclinales y se observan mejor en el área de San Francisco Xochiltepec. El anticlinal buza en ambas direcciones (E-W). La inclinación de los flancos oscila entre 20 y 50°. Sobre la barranca de Xoconotixtla, entre el camino San Francisco Xochiltepec y San Luis Atolotitlán, se aprecian pequeños anticlinales y sinclinales de distancia de unos 100 metros. En esta localidad, las capas se encuentran muy levantadas, fracturadas y erosionadas, provocada por la falla Xoconotixtla con dirección N-S. El tipo de deformación estructural, por sus características, es diferente a la de Los Reyes Metzontla y su estilo de deformación es más parecido al de Santiago Coatepec. El segundo patrón de deformación se puede observar sobre el camino de terracería, entre los poblados de San Luis Atolotitlán y Santiago Coatepec, y en la barranca de Coatepec.

Sobre el camino de terracería de estos poblados, la secuencia paleozoica continental se encuentra intensamente deformada, a través de fallas y pliegues, así como estructuras secundarias "sin sedimentarias" (LAMINA 7, Lámina 7B). La inclinación de las capas no presenta una dirección preferente, debido a las fuertes fallas de la región.

Sobre la barranca de Coatepec, los plegamientos y la posición de las capas están muy deformados, las capas se presentan desde inclinaciones suaves (lado Oeste) hasta inclinaciones fuertes (lado Este). El buzamiento de las capas preferentemente es NE-E, con ángulo de inclinación de hasta 85° (LAMINA 7, Lámina 7A).

Las estructuras tectónicas que afectan a esta secuencia paleozoica consisten principalmente en pliegues anticlinales y sinclinales abiertos, con rumbos axiales y buzamiento al norte y noroeste, con intervalos disímornicos, en donde se observan pliegues de corta longitud de onda y cabalgamientos de corto desplazamiento. Se reconocen además pequeños sectores intensamente cizallados, con desarrollo incipiente de foliación en las capas menos competentes (Morán, 1987).

La secuencia cretácica de la Formación Zapotitlán ?, que descansa discordantemente sobre la Formación Matzitzi, en esta localidad presenta capas en posición casi vertical, a diferencia de la parte noroeste del área de estudio.



Lámina 7A. Afloramiento que muestra la posición vertical de los estratos de la Formación Matzitzi, en el lado Norte de la Barranca de Coatepec, al Este de Santiago Coatepec.

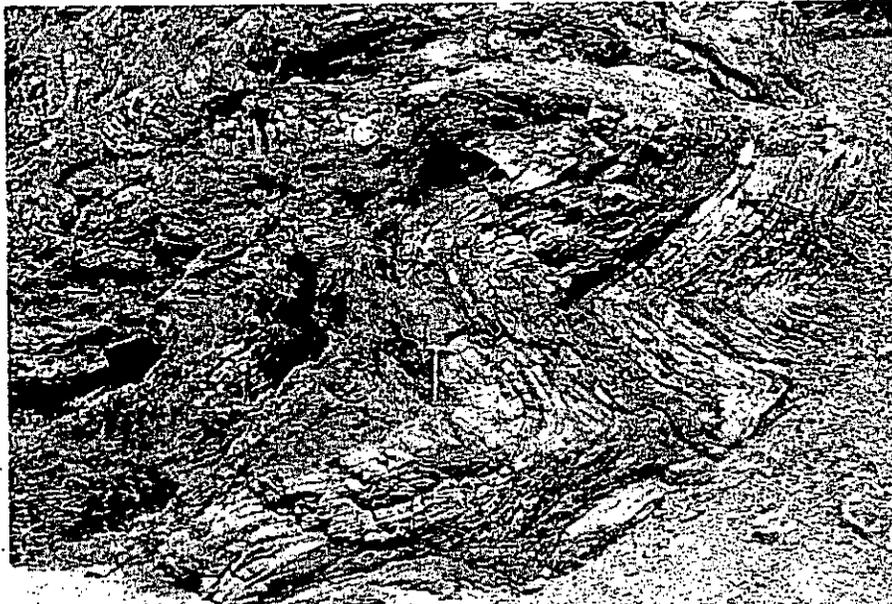


Lámina 7B. Afloramiento que muestra plegamientos de la formación Matzitzi, en el lado Sur de la barranca de Coatepec, en los alrededores de Santiago Coatepec.

## ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

### DIQUE METZONTLA

#### Definición, ubicación y expresión geomórfica.

Este nombre fue propuesto como Dique Metzontla por Torres (1986), a un cuerpo intrusivo tonalítico, que se ubica a 1 km, al E de Los Reyes Metzontla. "Aflora en el arroyo del Burro, entre el camino de Los Reyes Metzontla-Xochiltepec, y se prolonga hacia las faldas del C. Metzontla, con un rumbo NW-SE".

Este dique se ubica a la mitad del camino entre Los Reyes-Metzontla y San Francisco Xochiltepec, al centro noroeste del área de estudio, el mapeo geológico del presente estudio difiere de manera importante, tanto en dimensiones como en la relación de sus contactos con respecto al elaborado por Torres (*op. cit.*).

En el trabajo cartográfico se ubicó al Dique a 2 kilómetros al Este de Los Reyes Metzontla, a partir de la desviación Caltepec-Xochiltepec (Figura 2, mapa geológico) entre las coordenadas  $18^{\circ} 13' 11''\text{N}$  y  $97^{\circ} 27' 59''\text{W}$ .

Esta unidad litológica es una de las más pequeñas en el área de estudio; que corresponde aproximadamente al 0.09% y cubre una superficie de  $1.8\text{ km}^2$ , de un total de  $201\text{ km}^2$  (Gráfica 1 y 2).

El Dique Metzontla aflora únicamente sobre el arroyo del Burro (barranca Nacional). Presenta una forma semiredondeada, con su eje mayor en dirección norte-sur; se encuentra intrusionando a la Formación Matzitzi (Figura 2, mapa geológico).

Megascópicamente presenta una estructura ligeramente pegmatítica y cataclástica; al microscopio presenta estructura granular pegmatítica con abundante cuarzo, plagioclasa sódica-calcica, biotita, granate, magnetita, ortoclasa y zircón (Torres *et al.*, 1986).

#### Edad.

Los resultados de fechamiento por el mineral analizado de plagioclasa, a través del método K-Ar, indica una edad para el dique Metzontla de  $266\pm 13$  y  $240\pm 12$  millones de años, (Torres *et al.*, 1986), que se ubica aproximadamente en el Pérmico Medio.

## ROCAS GRANÍTICAS CALTEPEC

### Definición, ubicación y expresión geomórfica.

El nombre de Rocas Graníticas Caltepec fue mencionado por primera vez por Ruiz Castellanos (1979), en su tesis doctoral. Estas rocas intrusivas de color café amarillento afloran en los alrededores del poblado La Compañía a 2 km al NW del poblado de Caltepec.

En el estudio cartográfico las Rocas Graníticas Caltepec se localizan en el extremo SW del área de estudio, le corresponde un porcentaje de 3.70% y cubre una superficie de 7.5 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup> (Gráfica 1 y 2).

El color del afloramiento es café amarillento y se hace café rojizo hacia su parte superior. Parte de este intrusivo se observa en el camino de terracería, entre los poblados de Ecatepec y La Compañía. El examen petrográfico del cuerpo de granito permite observar diferentes grados de deformación cataclástica que ocurrieron hasta el final del emplazamiento del plutón (Ruiz-Castellanos, 1979).

Las relaciones estratigráficas al Sur de este Granito está intrusionando al Complejo Acatlán; mientras al N y NE en el camino de terracería entre los poblados de La Compañía y Caltepec subyace en forma discordante con los Lechos Rojos. Esta unidad litoestratigráfica no se encuentra en contacto con la Formación Matzitzi (Figura 2, mapa geológico).

### Estructura

Las Rocas Graníticas Caltepec están formando lomerios y sus partes altas se encuentran muy erosionadas.

### Edad

La edad propuesta a través del método Rubidio-Estroncio es de 269±21 m.a. (Ruiz-Castellanos, 1979).

## VI. ERATEMA MESOZOICO

### ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

#### DIQUE LOS REYES

##### **Definición, ubicación y expresión geomórfica.**

Este nombre fue utilizado por primera vez por Torres, *et al.* (1986), como Dique Los Reyes, que corresponde a un intrusivo localizado a 2 km al NW de Los Reyes Metzontla, entre las coordenadas 18°14'2''N y 97°29' 3''W, en la "zona de unión de los Complejos Acatlán y Oaxaqueño". Está representado por cuerpos de 2 km<sup>2</sup> de largo por 1 km<sup>2</sup> de ancho, que intrusionan a ambos ensambles metamórficos; al noroeste del cuerpo, afecta térmicamente a la Formación Matzitzi.

En el presente estudio el Dique Los Reyes, se ubica en los alrededores de los Reyes Metzontla, en la parte NW del área de estudio; presenta una forma alargada de aproximadamente 6 km de largo por 2 km de ancho donde su eje mayor tiene una dirección NW-SE; correspondiéndole el 5.6% y cubre una superficie de 11.25 km<sup>2</sup>.

El intrusivo se observa cataclástico en su totalidad y en parte presenta estructura "augen" que le da un aspecto gneísico (Torres, *et al.*, 1986). El color del afloramiento es café amarillento, muy alterado y compacto y litológicamente corresponde a una granodiorita.

El cuerpo granodiorítico está intrusionando a la Formación Matzitzi, en ocasiones los contactos no son claros; también se encuentra afectando al Complejo Acatlán y este mismo cuerpo ígneo a su vez esta siendo intrusionado por el Dique Zoluche al N y NW de Los Reyes Metzontla; es importante aclarar que la cartografía presentada por Torres *et al.* (1986), difieren significativamente.

En cuanto a que el Dique se encuentra emplazado en el contacto entre el Complejo Acatlán y el Oaxaqueño, al N y NW de Los Reyes Metzontla (Torres, *et al.*, 1986) es importante mencionar que durante el recorrido de campo no se observó que el Complejo Oaxaqueño esté aflorando en este lugar.

En cuanto a su expresión geomórfica, esta unidad forma lomas bajas, redondeadas, erosionadas y alargadas (Figura 2, mapa geológico), con altitudes que van de 1800 a 1900 m.s.n.m.; las pendientes son suaves (15 y 20°). Por su coloración y forma es posible confundirlo con la Formación Matzitzi.

### **Estructura**

El Dique Los Reyes se encuentra afectado por una deformación penetrante de carácter frágil y en parte está afectada por la fractura-falla de la barranca Nacional al Noroeste del área de estudio.

### **Edad**

Torres (1986), realizó un fechamiento isotópico por el método del K-Ar a partir del cual se obtuvo una edad de  $163 \pm 8$  m.a.

## SILL ATOLOTITLAN

### Definición, Ubicación y expresión Geomórfica.

Este nombre fue reconocido por Torres, *et al.* (1986) como "Sill de Atolotitlán", para designar a un cuerpo intrusivo de composición tonalítica, formado casi en su totalidad por feldespatos (andesina) y cuarzo y alguno minerales accesorios, que aflora hacia el sur y oriente del poblado de San Luis Atolotitlán.

En el presente estudio el Sill Atolotitlán se localiza al oriente del poblado de San Luis Atolotitlán y al norponiente y sur de Santiago Coatepec. Le corresponde el 2.3% y cubre una superficie de 4.2 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup>.

Está constituido por cuarzo y feldespato (andesina), el afloramiento es de color blanquizco, que intemperiza a gris claro y café amarillento, por su contenido mineral corresponde a una leucogranodiorita.

El Sill Atolotitlán se encuentra intrusionando a la Formación Matzitzi (LAMINA 4, Lámina 4B) y también se encuentra en forma de dique-estrato, este contacto se puede observar tanto en las afueras de San Luis Atolotitlán como a la mitad del camino de terracería hacia Santiago Coatepec (LAMINA 8, Lámina 8A y B). También afecta al gneiss del Complejo Oaxaqueño en el contacto entre esta unidad y la Formación Matzitzi al oeste de Santiago Coatepec. Hacia la parte más oriental de San Luis Atolotitlán, el intrusivo está sobreyacido por rocas lávicas terciarias.

El Sill Atolotitlán forma cerros redondeados y alargados, en altitudes promedio de 2000 m.s.n.m., las pendientes son pronunciadas entre 15 y 25°.

### Edad

La edad obtenida para el Sill Atolotitlán a través del análisis por el método K-Ar es de 163±8 M.a. (Torres, *et la.*, 1986).

## ROCAS SEDIMENTARIAS

### LECHOS ROJOS

#### Definición, ubicación y expresión geomórfica.

Calderón (1956), propuso por primera vez el nombre de Lechos Rojos para designar a toda la "secuencia de rocas continentales del Jurásico, existentes al Sur de la Sierra de Santa Rosa entre Santo Tomás Otlaltepec y esta Sierra, y entre Chazumba y la mencionada Sierra; en la Sierra Colorada y en varios lomerios y cortes de camino entre Santo Tomás Otlaltepec y Totoltepec de Guerrero. Estas localidades están aflorando a 30 km al E del área de estudio".

En el área de estudio Calderón (*op. cit.*) indica que los Lechos Rojos representan un cambio de facies de la Formación Matzitzi y cartografía a estas dos unidades como una sola Formación, y en su mapa geológico aparecen como Jurásico (Excursión A-11, Figura 5).

Esta unidad litoestratigráfica ha recibido el nombre de forma tentativa como Formación Huizachal (en Pano-Arciniega, 1973), debido a la estrecha relación que guardan estos sedimentos con la Formación Matzitzi y por su semejanza litológica con la Formación Huizachal del Cañón de Peregrina del estado de Tamaulipas a la cual se le ha asignado una edad del Triásico.

Otros autores proponen el nombre de Conglomerado Rojo (López-Ticha, 1975; Castro-Mora y Pacheco, 1986 en Torres, *et al.*, 1986; Hernández-Láscares y Buitrón, 1992).

Dado que no existe una informalidad para el nombre de esta unidad litoestratigráfica y de acuerdo al código de nomenclatura estratigráfica, se respetará el nombre propuesto por Calderón (1956), como Lechos Rojos.

En el área de estudio la unidad geológica de Lechos Rojos, se aplica para designar a una secuencia de conglomerados poligométrico, composicionalmente variable de clastos (5-8 cm), con intercalaciones de capas de arenisca de grano medio y grueso en parte conglomeráticas, intercalados con arcillas bentoníticas de color rojo y limolita. La matriz es arenosa-arcillosa, la estratificación es gruesa, arreglada en capas hasta de un metro de espesor. El color dominante varía de café rojizo a café oscuro.

La Formación de Lechos Rojos aflora en tres regiones dentro del área de estudio: En el tramo de Caltepec y el poblado La Compañía, sobre el camino de terracería, en dirección NW-SE. Otro de los afloramientos se encuentra entre el camino de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, ubicado aproximadamente al centro del área de estudio, cubriendo una área mucho más pequeña que la anterior. El tercer afloramiento se

localiza en los alrededores del cerro Machichi, al N de San Luis Atolotitlán, ubicado en el centro-oriental del área de estudio.

En conjunto a esta unidad litoestratigráfica le corresponde el 4.7% y cubre una superficie de 9.4km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup>.

Esta unidad forma lomas medianamente altas y alargadas (Caltepec-La Compañía), en altitudes que van de los 1800 a los 2000 m.s.n.m.

### Estructura

En los alrededores del cerro Machichi las capas de esta unidad se encuentran inclinadas hacia el noroeste. Sobreyacen discordantemente a la arenisca conglomerática de la Formación Matzitzi y su relación estratigráfica con las Calizas San Luis no es muy clara (Hernández-Láscara y Buitrón 1992). En el poblado de La Compañía, al E-SW del área de estudio, los Lechos Rojos subyace a las calizas de la Formación Zapotitlán.

Existen reportes, que indican que en esta misma localidad (entre el cerro Yistepec y La Compañía), la secuencia está invertida, observándose a los Lechos Rojos debajo de la Formación Zapotitlán, integrando parte de un sinclinal recostado (López-Ticha, 1975, en Torres, *et al.*, 1986). Esta aseveración aún no está claramente demostrada. Aunque el autor del presente estudio no realizó este tipo de observaciones, considera que no existen elementos para tal propuesta.

Entre el camino de Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, los Lechos Rojos, descansan discordantemente sobre la Formación Matzitzi y subyace al Conglomerado el Castillo de edad terciaria.

En la sección medida al Norte de San Luis Atolotitlán, se obtuvo un espesor de 80 metros. Entre el camino de Los Reyes y San Francisco Xochiltepec el espesor calculado fue del orden de 145 metros, y en el camino de La Compañía-Caltepec fue de 800 metros. Estos espesores fueron calculados a través de fotografías aéreas, mapa topográfico y datos estructurales tomados en campo. Al poniente de Chazumba, fuera del área de estudio (E-NW), se reporta un espesor de 550 metros, aunque el espesor pudiera ser mayor.

### Edad

Calderón (1956), indica la presencia de plantas fósiles de *Williamsonia* y *Otozamites* en la unidad inferior arcilloso-arenosa. La unidad inferior se ha referido al Liásico de Oaxaca. Y que representa la sección del Jurásico Medio, y posiblemente del Jurásico Tardío. Esta inferencia puede ser cuestionable porque el dato no representa la verdadera edad de los Lechos Rojos, es importante aclarar que en ninguna de las localidades de los Lechos Rojos en el área de estudio se encontraron plantas fósiles.

Zozaya (1973), propone en forma tentativa que estos sedimentos continentales pertenecen a la Formación Huizachal, por su semejanza litológica con la Formación Huizachal del Cañón de Peregrina del Estado de Tamaulipas, y sugiere una edad del Triásico. Esta inferencia es muy cuestionable porque no se puede proponer una edad por el simple hecho de tener semejanza litológica. Por otra parte, las distancias entre uno y otro son muy grandes.

Castro-Mora y Pacheco (1986), reportan fauna del Aptiano y en estudios micropaleontológicos realizados por Torres *et al.* (1986), una muestra dió edad post-Aptiano.

Este mismo autor, efectuó el análisis radiométrico de un clasto de latita porfídica que coexiste con los fragmentos de caliza en los Lechos Rojos y arrojó una edad de 153 m.a (Jurásico Tardío).

El suscrito muestreó varios afloramientos de esta unidad en busca de fósiles, sin éxito alguno. Sin embargo, se encontraron varios clastos de caliza en algunas capas de los Lechos Rojos, entre el camino de vereda los Reyes Metzontla-Caltepec; el análisis de estos fragmentos de caliza así como su estudio en láminas de sección delgadas no dieron resultados favorables. La edad de los Lechos Rojos en el presente estudio se queda como Aptiano, de acuerdo a los estudios de Castro-Mora, Pacheco y Torres *et al.*, (1986).

## FORMACION ZAPOTITLÁN

### Definición, ubicación, extensión y expresión geomórfica

Aguilera (1906), aplicó este nombre a la secuencia de lutitas y lutitas con bancos margosos que afloran en los alrededores de Zapotitlán, considerándola como perteneciente al Barremiano Tardío. (Calderón, 1956, p. 16), aplica este nombre a la secuencia de lutitas, calizas con rudistas y conglomerados que afloran desde el norte de San Antonio Texcala hasta la Sierra de Santa Rosa, y la considera como una sola formación. Alencaster (1956), elaboró uno de los trabajos paleontológicos más completos sobre esta formación, en donde describe 15 especies de pelecípodos y 25 especies de gasterópodos y le asigna una edad del Barremiano.

Calderón (1956), distingue dos miembros: el superior llamado Agua del Burro, de edad Barremiano Tardío y el Temprano, llamado Agua del Cordero, perteneciente al Barremiano Temprano y Tardío; Barceló (1978), eleva de miembros a formaciones a estas dos unidades.

La Formación Zapotitlán se encuentra aflorando en el entorno de la Formación Matzitzi. Se localiza al noroeste, norte, noreste y sureste del área de estudio. Es la unidad litoestratigráfica de mayor dimensión, le corresponde el 29.0% y cubre una superficie de 68.7 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup>.

La topografía de esta unidad es muy irregular, se tienen barrancas muy profundas como la Nacional o Agua la Cruz al NE de Los Reyes Metzontla, y la de Coatepec al SE, de Santiago Coatepec, hasta las partes muy altas, como son los cerros Yistepec o Zoluchi, a NW y SW de Los Reyes Metzontla y Calvario y La Cuesta al NE de San Francisco Xochiltepec.

Sus altitudes que van desde 1750 hasta 2450 m.s.n.m; las pendientes varían desde 10 hasta 50 grados (Figura 2, mapa geológico).

En el extremo NW del área de estudio, aflora parte de la Formación Zapotitlán, la cual descansa discordantemente sobre rocas continentales pensilvánicas de la Formación Matzitzi (Alencaster y Hernández-Láscars, 1991). Aquí la unidad consiste en una secuencia de calizas de color gris, de estratificación uniforme, que cambian gradualmente hacia la parte superior a calizas masivas, areniscas calcáreas y areniscas. En la parte alta de las capas de calizas, se encuentran las rocas portadoras de los fósiles, que están representadas por bancos de caliza y de caliza margosa; la fauna está bien conservada y consiste en pelecípodos, gasterópodos, escasos amonites, grandes y abundantes corales. Las especies de gasterópodos son de tamaño pequeño y corresponden a los géneros *Columbellina* d'Orbigny, 1843, *Purpuroidea* Lycett, 1848, un nerinéido del género *Oligoptyxis* Pcelincev, 1953, *Lunatia* Gray, 1847, y probablemente *Tylostomata princeps* White, del Neocomiano de Zapotitlán (Alencaster y Hernández-Láscars, 1991).

Entre los pelecípodos se encuentran las especies *Neithea* (*Neitheops*) *atava* (Roemer), del Neocomiano de San Juan Raya y de otras partes de México y de Europa, *Lima* (*Plagiostoma*) *cf. kanei* Imlay y *Aetostreon reedi* (Imlay) del Neocomiano de varias regiones de México.

Los hallazgos más importantes realizados durante el desarrollo del presente estudio son los géneros *Pachyrismella* Cox 1964 y *Trichites* Quenstedt, 1857, porque se registran por primera vez no sólo en México, sino en el continente americano.

*Pachyrismella* se ha encontrado en el Jurásico Tardío de Europa y del Líbano; pertenece a la familia Megalodontidae, que contiene los diferentes géneros que desde el Devónico, a través de una evolución gradual originaron a los rudistas. El segundo género, *Trichites* (pertenece a la superfamilia Pinnacea y al orden Mytiloida) que es característico del Jurásico Tardío, con sólo dos especies del Neocomiano; se encuentra en Europa, Asia, norte y oriente de Africa; es un género muy extraño por la estructura de la concha, constituida por prismas muy grandes de calcita, perpendiculares a la superficie de la concha, cuyo espesor puede alcanzar hasta 5 cm. Habitó aguas cálidas y someras, ricas en nutrientes y en sales calcáreas. Frecuentemente está asociado con corales, rudistas primitivos del Jurásico Tardío, gasterópodos y pelecípodos marinos estrictos. Vivió como los rudistas, fijo al sustrato, tal vez sólo en el estado juvenil. La especie más semejante es *Trichites marcoui* Chofaff, del Hauteriviano de Portugal (Alencaster y Hernández-Láscars, 1991).

En el extremo SE del área se encuentra aflorando una secuencia que en su base está formada por areniscas de color verde, intercalada con conglomerados del mismo color, que cambian a café amarillento, contiene algunos fósiles mal preservados (pelecípodos). Hacia su parte intermedia, cambia a calizas de color gris, interestratificadas con lutitas, en su parte más superior; la litología cambia a calizas en ocasiones se vuelve margosa; descansa discordantemente con la Formación Matzitzi. Hernández-Láscars y sus estudiantes encontraron braquiópodos muy pequeños (4 mm) equinoideos y una amonita relativamente grande (25 cms. de diámetro). La amonita tiene forma sublatiumbilicada, ornamentación lateral compuesta de costillas principales simples, fuertes, espaciadas y ligeramente retroversas, ventralmente interrumpidas y línea de sutura es neocomítide (primer lóbulo lateral ligeramente asimétrico).

Este ejemplar fue definido como *Puebligeras lascarence* gen. nov. sp. nov. por Cantú Chapa (1993), quién le asigna una edad de Hauteriviano inferior. Aproximadamente en esta misma secuencia se reporta fauna del Valanginiano Temprano (Castro-Mora y Pacheco-Gutiérrez, 1986).

La secuencia en esta localidad es diferente al resto de la Formación Zaapotitlán, en cuanto a su estructura, litología, y paleontología, aún más la edad no es típica de esta Formación, esto apunta hacia la posibilidad de realizar nuevas investigaciones.

En el extremo noreste, en los alrededores de San Francisco Xochiltepec aflora también la Formación Zapotitlán, debido a que esta parte de la unidad no entra en contacto con la Formación Zapotitlán no se visitó como el resto de las otras localidades.

Sin embargo, nuevamente se observa características estructurales y geológicas muy diferente a esta unidad litoestratigráfica.

La Formación Zapotitlán, desde principios de siglo, carece de una cartografía y una diferenciación geológica a detalle, de un alcance estratigráfico bien establecido, de una ubicación de la fauna, tanto geográfica, como estratigráfica, de indicadores faunísticos confiables, entre otros.

### **Edad**

El alcance estratigráfico para las capas expuestas de esta unidad en el área de estudio de acuerdo a la fauna, tanto en la parte NW con el la parte SE varía desde el Jurásico Tardío hasta el Hauteriviano Temprano. Estas edades invitan a la reflexión para llevar a cabo una investigación y una revisión profunda de los trabajos realizados hasta la fecha en torno a la estratigrafía mesozoica de esta región.

Los fósiles fueron recolectados por Hernández-Láscares y sus estudiantes (1987-1990) y se encuentran depositados en la colección de Paleontología el Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

## CALIZA SAN LUIS

### Definición, ubicación, y expresión geomórfica.

El nombre de Caliza San Luis fue propuesto como "Caliza Cretácico Inferior" por Hernández-Láscares y Buitrón (1992). La razón del cambio obedece a que "Caliza Cretácico Inferior" no es válido de acuerdo al Código de Nomenclatura Estratigráfica.

Se propone informalmente el nombre de Caliza San Luis, para designar al cuerpo litoestratigráfico constituido por calizas de estratificación gruesa (80 cm) a masiva, de color gris claro; en su base y parte intermedia se encuentra interestratificado con arenisca calcárea y caliza arcillosa de color gris a gris claro que se altera a color café amarillento; se encuentra ubicada altitudinalmente entre las cotas de 2000 y 2350 m.s.n.m. Le corresponde el 1.4% y cubre una superficie de 2.81 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup> (Gráfica 1 y 2).

Por la cercanía con la Formación Zapotitlán que aflora a unos 8 km al NW del área de estudio, es posible que Caliza San Luis del presente estudio corresponda a esta unidad. Sin embargo, la falta de un estudio a detalle sobre la distribución estratigráfica y paleontológica de la Formación Zapotitlán no permite tener la certeza de que las calizas en el área de estudio pertenezca a esa Formación (Hernández-Láscares y Buitrón 1992).

La caliza San Luis aflora en la parte superior del cerro Machichi, al centro-sureste del área de estudio, su estructura tiene forma de domo.

Esta unidad sobreyace discordantemente a los Lechos Rojos y sobreyace a la Formación Matzitzi.

Se midió una sección en la parte suroeste del cerro Matzitzi y el espesor obtenido fue de 200 m. La caliza San Luis se compone en su parte inferior de arenisca de grano grueso que varía de arenisca conglomerática cuarzosa, de color gris azulosa, muy alterada con algunas intercalaciones de conglomerado del tamaño de la grava.

En la parte superior de los primeros 40 metros la litología cambia a caliza arenosa recristalizada de color gris claro donde se encontraron fragmentos de pequeños gasterópodos (15 mm) mal preservados. De los 40 a los 80 m la litología se compone de caliza arenosa de color gris claro con alternancia de arenisca de grano grueso, conglomerática y caliza alternada con lutita de color ocre con algunos interestratos de caliza arcillosa. En esta parte de la sección fueron encontradas las especies *Neithea* (*Neitheos*) *atava* Roemer, y *Lunatia praegrans* (Roemer) asociada a corales no estudiados en el presente trabajo.

En la parte media de la sección de los 80 a los 140 m, la litología se compone de caliza arcillosa, intercalada con caliza arenosa mal estratificada donde se localizaron las

especies *Nerinella dayi* Blanckenhorn, *Cossmanea (Eunerinea) luttickei* (Blanckenhorn), *Adiozontryxis coquandiana* (d'Orbigny) y *Tylostoma aguilerai* Alencaster.

En la parte superior de la sección, de los 140 a los 200 m la litología se compone de una caliza masiva de color gris muy intemperizada donde se hallaron las especies *Trypanotrochus rikuchuensis* (Nagao) con corales no estudiados en el presente trabajo y *Tetragramma malbosii* (Agassiz).

### Edad

En la sección medida se encontraron fósiles cuyo alcance estratigráfico abarca del Barremiano al Albiano. Sin embargo, la presencia de las especies *Tylostoma aguilerai* Alencaster, *Adiozontryxis coquandiana* (d'Orbigny), *Tetragramma malbosii* (Agassiz) y *Trypanotrochus rikuchuensis* (Nagao), marca una edad del Aptiano y es posible que esta edad se limita al Aptiano Tardío (Hernández-Láscars y Buitrón 1992).

## VII. ERATEMA CENOZOICO SISTEMA TERCIARIO

### ROCAS ÍGNEAS

#### ANDESITA LA CRUZ

##### **Definición, ubicación y expresión geomórfica.**

Se propone *informalmente* el nombre de Andesita la Cruz para designar a las rocas ígneas formadas por derrames lávicos. La unidad posee un color gris y gris claro, su textura es porfirítica de matriz afanítica, composición mineralógica de andesita de hornblenda y augita; se alterna en su parte superior con tobas litocristalinas y vitrocrystalinas.

El nombre proviene de la barranca Agua la Cruz, que se ubica a unos 5 km al NE de Los Reyes Metzontla, en la parte norte-noroeste del área de estudio.

Esta unidad se ubica al NE, NW y SE de Los Reyes Metzontla, distribuidos en seis afloramientos pequeños, que presentan orientaciones de SE-NW y E-W. En conjunto el porcentaje que le corresponde del área total es de 0.9% y cubre una superficie de 1.8 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup>.

Los cuatro afloramientos de andesita presentan una forma alargada con dirección NW-SE; se localizan sobre el camino de la terracería que lleva a Los Reyes Metzontla, sobre el río de la barranca Nacional, y en la ladera derecha del cerro Metzontla, entre las cotas de 1900 y 2000 m.s.n.m.

La Andesita La Cruz descansa discordantemente sobre la Formación Matzitzi (LAMINA 4, Lámina 4A), Dique Los Reyes y la Formación Zapotitlán (Figura 2, mapa geológico). Al NW de los Reyes Metzontla y al E del Cerro Metzontla.

##### **Edad**

La edad precisa de estos cuerpos no se conoce, pero su posición estratigráfica y su naturaleza apuntan hacia la posibilidad de que sean terciarios.

Se dato una roca en Miquistlahuaca a unos 12 km al SW del área de estudio y arrojó una edad de  $46 \pm$  m.a. en vulcanismo basáltico

## ANDESITA XOCHILTEPEC

### Definición, ubicación y expresión geomórfica

Se propone *informalmente* el nombre de Andesita Xochiltepec para designar a la secuencia de derrames lávicos de andesita de oxihorblenda microporfirítica o porfirítica de color gris claro, que cambian a gris oscuro e intemperiza a café cremoso-amarillento. En nombre proviene del poblado de San Francisco Xochiltepec que se encuentra al E del Cerro Metzontla, ubicado al N del área de estudio.

La litología es uniforme, la mayor parte de las muestras presentan texturas afaníticas. La Andesita Xochiltepec es producto de varios derrames lávicos. La gran mayoría de las rocas son andesitas, con tres variedades en su coloración; la andesita clara, de color intermedio y oscura. Una muestra de andesita holocristalina se tomó entre el camino de Caltepec y San Luis Atolotitlán, en el estudio de la lámina en sección delgada se observaron fenocristales que constituyen del 30 al 35% del total de la roca; siendo el olivino el fenocristal más abundante, el resto son plagioclasas, otros minerales como la magnetita o ilmenita constituye del 2 al 4%.

Las clinopiroxenas son principalmente augita, pero a veces los cristales son muy pequeños para hacer una distinción precisa. Aproximadamente el 10% de las muestras tienen oxihornblenda y 7% tienen clinopiroxenos y olivino u hornblenda como minerales máficos esenciales. La cantidad de plagioclasa varía del 60 al 80%.

Esta formación es la parte alta de la zona volcánica montañosa, en el norte-centro-sur del área cartografiada. El espesor total estimado es de 350 a 400 metros.

Los afloramientos de esta unidad presenta una forma alargada con dirección N-S; se localiza en la parte centro y centro-sur, entre las cotas 2000 y 2300 m.s.n.m., su superficie es muy extensa. La discriminación cartográfica de los derrames individuales no corresponde al alcance del presente estudio. En conjunto el porcentaje de afloramiento de la Andesita Xochiltepec es de 15.8% y cubre una superficie de 31.8 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup>.

Las relaciones estratigráficas de estos cuerpos indican que sobreyacen en discordancia a los Complejos Oaxaqueño y Acatlán en los extremos SW y SE respectivamente; a la Formación Matzitzi al poniente de San Luis Atolotitlán, al oriente y sur de San Francisco Xochiltepec. Hacia el centro del área de estudio descansa en discordancia sobre el Dique Los Reyes, y los Lechos Rojos. Hacia el norte del cerro Metzontla cubre discordantemente a las calizas de la Formación Zapotitlán (Figura 2, mapa geológico).

## Edad

La edad precisa de La Andesita Xochiltepec no se conoce. Aunque proponer una edad por posición estratigráfica no es muy confiable, por ahora no se tienen otros elementos más que la posición estratigráfica que guarda esta andesita con respecto a la Andesita La Cruz y las Formaciones Caliza San Luis y Zapotitlán. De tal manera que una edad tentativa para estas lavas se puede estimar como de edad pos-cretácica.

## DIQUES ZOLUCHE

### Definición, ubicación y expresión geomórfica.

Se propone *informalmente* el nombre de Diques Zoluche a un conjunto de 7 diques andesíticos que se encuentran aflorando al N y NW del área de estudio.

El nombre proviene del Cerro Zoluche localizado en extremo NW del área de estudio. El porcentaje que le corresponde en su conjunto a estos diques es de 0.2% y cubren una superficie de 0.4 km<sup>2</sup>, de un total de 201 km<sup>2</sup>.

Aunque estos diques son muy pequeños es posible señalarlos en la cartografía, los diques tienen una longitud variable de pocos metros; el más grande no sobre pasa los 100 m. Están agrupados en dos conjuntos; el primero se ubica al NW y NE de Los Reyes Metzontla y el segundo al NW y SW de San Francisco Xochiltepec.

Los diques tienen una composición mineralógica de andesita. Aparecen como cuerpos intrusivo hipabisales. Cortan tanto a la Formación Matzitzi, al Dique Los Reyes, y a la Andesita Xochiltepec; los contactos están marcados por zonas de alteración de 1.20 a 5.0 metros de ancho.

Los Diques Zoluche presenta varias modalidades de emplazamiento, lo cual a su vez determina ligeras diferencias en las características petrográficas, estructurales y en las relaciones estratigráficas de los mismos. Algunos diques que cortan el camino de terracería aproximadamente a 2 kms antes de llegar a Los Reyes Metzontla viniendo de Zapotitlán, presentan desarrollo de exfoliación esferoidal. La mayor parte de esta andesitas son holocristalinas porfiríticas a microporfiríticas. Mineralógicamente, la mayor parte de los ejemplares de mano de esto diques son andesitas.

### Edad

La edad del dique Zoluche es desconocida. La evidencia objetiva de campo indica que su emplazamiento es definitivamente posterior a la Andesita Xochiltepec. Se concluye por tanto, que el límite mínimo de edad para el Dique Zoluche, es de edad terciaria o post-terciaria.

## ROCAS SEDIMENTARIAS

### CONGLOMERADO EL CASTILLO

#### Definición, ubicación y expresión geomórfica

El estudio detallado y la clasificación de esta unidad, está más allá de los objetivos de este trabajo, y solamente se anotan algunas de sus principales características.

Este nombre se propone *informalmente*, como Conglomerado El Castillo, que se localiza al NE del área de estudio; su nombre proviene de la barranca El Castillo ubicada en ese mismo lugar. Conglomerado El Castillo se propone para designar a una secuencia conglomerática poligomítica de color blanquizo, compuesta por fragmentos de esquistos, arenisca, calizas, rocas ígneas extrusivas y otros fragmentos, de forma subangulosa a semirredondeada, con tamaños variables que van desde 2 a 25 cms, derivados de rocas pre-existentes.

Esta unidad aflora entre el Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec, al NE-E-SE de este último poblado y al N-NE de San Luis Atolotitlán.

En conjunto el porcentaje de afloramiento es de 7.5% y cubre una superficie de 15 km<sup>2</sup> de un total de 201 km<sup>2</sup> (Gráfica 1 y 2) (Figura2, mapa geológico). Su eje mayor se encuentra orientado en dirección NW-SE.

El Conglomerado El Castillo sobreyace discordantemente a la Formación Matzitzi y a La Andesita Xochiltepec por la parte SW de esta unidad y a la Formación Zapotitlán por su parte NW.

#### Edad

No se encontraron fósiles en los sedimentos del Conglomerado El Castillo y su edad no se conoce con precisión; pero tomando en cuenta la mezcla de fragmentos de andesitas, de rocas metamórficas, calizas, diques etc. su edad apunta hacia posterciaria.

## VIII. SINOPSIS DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los rasgos estructurales más importantes que se observan en la región son fallas de carácter regional que afectan a la mayoría de las Formaciones aquí descritas.

El conjunto de las rocas consideradas premisisípicas, denominadas Complejo Oaxaqueño y Acatlán están siendo afectadas por fuertes fallas que llevan la misma dirección de las barrancas Atolotitlán-Coatepec localizadas al SE del área de estudio y Nacional al NW. Localmente, en el Complejo Oaxaqueño se observan bandeamiento, fracturamiento y fallamiento. La fractura principal que lo afecta tiene una dirección N-S (barranca Atolotitlán) en una distancia de 1.5 km. Otro sistema menos desarrollado es perpendicular al principal y en ocasiones sigue la dirección de los arroyos.

En los análisis de las fotografías aéreas se observan fuertes fracturamientos cuyos afloramientos se salen del área de estudio. Por lo que respecta al Complejo Acatlán, está afectado por una fuerte falla normal con dirección N-S sobre todo en los alrededores de Los Reyes Metzontla y hacia el extremo SW por fallas con dirección EN-SW, las estructuras más importantes que se analizaron con las fotografías aéreas se salen del área de estudio pero sin duda alguna las que están siendo afectadas en el área descrita obedece a patrones estructurales regionales.

La Formación Matzitzi es quizá una de las unidades más deformadas estructuralmente en toda la región. Las fallas más sobresalientes son de tipo normal, ángulo alto y desplazamiento vertical; su magnitud varía de unos cuantos metros hasta unos pocos kilómetros; sin embargo, los lineamientos estructurales observados en las fotografías aéreas y en los mapas topográficos de la región (publicados por INEGI, 1984), denotan extensiones de decenas de kilómetros, adjudicable probablemente a un sistema de fallas, paralelas y muy próximas entre ellas.

La frecuencia de la dirección que muestra las fallas y fracturas permiten definir dos conjuntos o sistemas principales: uno orientado en sentido Norte-Sur, que corresponde, aproximadamente a la dirección de las barrancas y muestran mayor desarrollo; el otro está dispuesto en dirección aproximada Este-Oeste. Estas fallas constituyen una de las principales, y se encuentra cortando a la secuencia Paleozoica (Formación Matzitzi) y a la cubierta cretácica, hacia la región de San Luis Atolotitlán, la falla Xoconotixtla, sólo corta a La Formación Zapotitlán pero no al Sill Atolotitlán, lo que nos hace suponer de un período de deformación pre-jurásico. Esta falla probablemente se continúe hacia el Sur.

El segundo sistema de fallas es casi perpendicular al primero, las fallas son menos aparentes y las principales fracturas quedan evidenciadas por el curso sensiblemente rectilíneo de las corrientes fluviales, estas fallas se ubican en la barranca Nacional entre el camino Los Reyes Metzontla y San Francisco Xochiltepec y la barranca Coatepec en el extremo SE del área de estudio. Las deformaciones que se pueden observar con mayor facilidad son las que se encuentran en el camino de San Francisco Xochiltepec y San Luis



Atlotitlán, donde las capas están en ángulos de 30 a 60°. Otras deformaciones mayores se observan en el camino de San Luis Atlotitlán-Santiago Coatepec, donde las rocas están casi destrozadas totalmente. Pero el mayor fallamiento se encuentra en la barranca Coatepec, donde fue medida la sección completa. Aquí las capas están en posición casi vertical y en otras ocasiones plegadas.

La edad del fallamiento debe ser post-cretácico, y probablemente se extienda a los cuerpos lávicos.

Hacia la región SE del área de estudio, se pudo observar que la Formación Zapotitlán, presenta una deformación estructural completamente diferente a las unidades paleozoicas, esto se puede observar claramente en la barranca Nacional y en las calizas del Cerro El Castillo en el extremo SE del área de estudio, en este último las capas se encuentran en posición casi vertical y le sobrepone a una secuencia de sedimentos rojos que pone en contacto a las Formaciones Matzitzi y Zapotitlán.

La Formación Zapotitlán se encuentra muy plegada con respecto a las demás unidades. Hacia la parte SW las capas están inclinándose hacia el NW-E-SW, con pendientes entre 15 y 60°; mientras hacia la parte SE del área las capas se inclinan hacia el NE-E-SE y las capas llegan a encontrarse en posición vertical.

En términos generales se puede observar que los depósitos de la Formación son diferentes tanto en una parte como en la otra, del área de estudio.

Las secuencias ígneas terciarias que cubren una superficie muy amplia en el área de estudio, solo se marcaron las fracturas mas evidentes, pero sin duda alguna, muchas de estas fracturas deben estudiarse a detalle porque pueden ser fallas.

En conjunto el área de estudio ha pasado por fuertes levantamientos, plegamientos, fracturamientos y es posible que actualmente continúen levantados por movimientos tectónicos regionales.

## IX. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El área de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec se localiza en el extremo suroriental del Estado de Puebla, está caracterizada por una litología muy variada y compleja, enmarcada en un superficie de 201 km<sup>2</sup>.

En el área de Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec se puede observar un registro estratigráfico con un alcance muy amplio, que va desde el Precámbrico Tardío hasta el reciente. Esta secuencia está compuesta de 14 unidades litoestratigráficas, de las cuales una es precámbrica (Complejo Oaxaqueño), otra es pre-pensilvánica (Complejo Acatlán), una Pensilvánica (Formación Matzitzi), dos son Pérmicas (Dique Metzontla, Rocas Graníticas Caltepec), cinco son mesozoicas ( Dique Los Reyes, Sill Atolotitlán, Lechos Rojos, Formación Zapotitlán, Caliza San Luis) y cuatro son cenozoicas (Andesita La Cruz, Andesita Xochiltepec, Diques Zoluchi y Conglomerado El Castillo).

Una de las características más notables de dicho registro es la descripción estratigráfica de la Formación Matzitzi y su relación con las unidades subyacentes y sobreyacentes compuestas por rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas.

La Formación Matzitzi cubre en discordancia angular a las rocas cristalinas de los Complejos Oaxaqueño y Acatlán y subyace discordantemente a rocas mesozoicas (Formaciones: Zapotitlán, Lechos Rojos y Calizas San Luis) y cenozoicas (Andesita La Cruz, Metzontla y Conglomerado El Castillo), y está siendo intrusionada por cuerpos ígneos intrusivos paleozoicos (Dique Metzontla ), mesozoicos ( Dique Los Reyes, Sill Atolotitlán) y cenozoicos (Diques Zoluchi).

La Formación Matzitzi está distribuida en tres conjuntos de afloramientos, su forma es alargada en dirección NW-SE.

Las estructuras tectónicas que afectan a esta secuencia paleozoica consisten principalmente en pliegues anticlinales y sinclinales abiertos, y por lo menos se observan tres períodos de deformación.

Uno de los trabajos sobresalientes que se obtuvo en la Formación Matzitzi fue decifrar su propia columna geológica, en donde la determinación del espesor de aproximadamente 1080 metros a través de una sección medida en la barranca de Santiago Coatepec contribuyó de manera significativa esclareciendo la secuencia estratigráfica.

La Formación Matzitzi en el área de trabajo tiene una distribución muy irregular, aunque el área de estudio abarca un total de 201 kilómetros cuadrados, sólo 30 km<sup>2</sup> le corresponde a esta unidad es decir le corresponde 14.9% del total del área estudiada. Es posible que el área debió ser mucho más grande, solo que el intemperismo y la erosión se han encargado de borrar la superficie original.



El estudio sistemático de la flora ha sido clave para el entendimiento geológico. En la base de la Formación Matzitzi se ubicó el género *Sigillaria* cf. *S. ichthyolepsis* y *Sphenophyllum*. Cerca del contacto con el Complejo Oaxaqueño, también fueron encontrados ejemplares como *Sphenophyllum* sp., *Annularia* cf. *A. stellata*, *Calamites* sp. que permitieron determinar una edad del Pensilvánico Tardío (Westphaliano-Stefaniano). Hacia la región de San Luis Atolotitlán se ubicó estratigráficamente y geográficamente el género *Lepidodendron* cf. *L. obovatum* y otra especie de *Lepidodendron* sp. de una edad también del Pensilvánico Tardío.

Se determinó que solo la parte superior de la Formación Matzitzi podría corresponder al Pérmico Temprano.

Con el espesor obtenido las características petrológicas estratigráficas y la distribución y ubicación de la flora, se concluyó que el ambiente probable de depósito fue sobre un complejo fluvial con depósitos de llanuras de inundación de canal y de abanico aluvial, desarrollado sobre un basamento cristalino pre-pensilvánico formado por los complejos Oaxaqueño y Acatlán.

La relación de los sedimentos terrestres con el resto de las plantas denota la existencia de un clima húmedo constante tanto atmosférico como de suelos además caliente, uniforme sin marcadas diferencias estacionales, el depósito fue una cuenca de profundidad reducida que prevaleció en la región.

En Europa y Estados Unidos, los mantos de carbón resultaron de la acumulación de una flora exuberante en extensas cuencas pantanosas. La ausencia de este tipo de depósitos en el área de estudio, sugiere que no existieron tan grandes pantanos. La humedad fue menor, la vegetación menos abundante.

La similitud de su flora con respecto a la de otras latitudes (Noreste de EUA, Sureste de Canada, Francia, España, Alemania, Inglaterra, España, Portugal, Sur de Asia) permite proponer que la flora mexicana tiene más relación con la flora del Hemisferio Norte (Laurasia), que con la del Hemisferio Sur (Gondwana).

Las especies y géneros de plantas fósiles mexicanos ubican a México en la Provincia Paleoflorística Euroamericana-Cataysia durante el Pensilvánico Tardío y Pérmico, a la vez de que esta región consecuentemente se ubicaba en la zona más austral del extremo suroeste de lo que fue Laurasia.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, A. E., Mackenzie, W. S. and Guilford C., 1991. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Longman Scientific & Technical, Copublished in the United States with John Wiley & Sons, Inc., New York, 104 p.
- Aguilera, J. G., 1896. Bosquejo geológico de México. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geol., Vol. núm. 4-6, 267 p.
- Aguilera, J. G., Ordoñez, E., y Buelna, R. J., 1897. Bosquejo Geológico de México. Inst. Geol. de México. Bol. 4-6.
- \_\_\_\_\_, 1906. Excursión de Tehuacán a Zapotitlán et San Juan Raya, México: Congr. Geol. Internal. 10, Libro guía de la excursión 7, 27 p.
- Alencaster, G., 1956. Pelecípodos y gasterópodos del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla: Univ. Nal. Autón. México, Inst. de Geol., Paleotol. Mexicana, núm. 2, 47 p.
- \_\_\_\_\_, y Hernández-Láscares, D., 1987. Los géneros *Neithea* y *Trychites* (Mollusca-Pelecypoda), del Cretácico Inferior del Noroeste de Los Reyes Metzontla, Mpio. de Zapotitlán, Estado de Puebla, Centro Sur de México. Soc. Mex. de Paleont. Resumen.
- \_\_\_\_\_, y Hernández-Láscares, D., 1991. Nueva Fauna de Moluscos del Neocomiano de la región de Los Reyes Metzontla, Puebla. Soc. Mex. de Paleont. 86. Resumen.
- Archangelsky, S., 1970. Fundamentos de Paleobotánica. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Serie Técnica y Didáctica No. 11, 347 p.
- Arnold, C. A., 1941. Some Paleozoic plants from central Colorado and their stratigraphic significance. Contr. Mus. Paleontol. Univ. Michigan 6(4):59-70.
- \_\_\_\_\_, 1949. Fossil flora of the Michigan coal basin. Contr. Mus. Paleotol. Univ. Michigan. Michigan 6(4) :177-204.
- Barceló-Duarte, J., 1978. Estratigrafía y Petrografía detallada del área de Tehuacán, San Juan Raya, Estado de Puebla; México D.F., Univ. Nal. Autón. México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 143 p.
- Boureau, E., 1964-1975. Traité de Paléobotanique. Masson et C<sup>ie</sup> Editeurs. Paris  
1964., 3. Sphenophyta, Moeggerathiophyta, 436 p. Figs. 544,  
1967., 2. Bryophyta, Psilophyta, Lycophyta. 509 p. Figs. 845.

- 1970., 4 (1) Filicophyta, 378 p. Figs. 519.
- 1975., 4 (2) Pteridophyta, 600 p. Figs. 768.
- Brechley, P.J., 1984. Fossiles and Climate. John Wiley & Sons 352 p.
- Burckhardt, C., 1930. Étude synthétique sur le Mésozoïque mexicain. Soc. Paleont. Suisse, Mém. v. 49-50: 280. 18 láms.
- Byers, D. S., 1967. Climate and Hidrology, In: Byers, D. S. (ed.) The prehistory of the Tehuacán valley. Volume one. Enviroment and subsistence. R. S. Peabody FoundUniversity of the Texas Press. Austin, pp. 48-65.
- Calderón G., 1956. Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya: XX Congr. Geol. Internal., Excursión A-11, pp. 9-33.
- Carrillo, B. J., 1961. Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas, Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 13, 98 p.
- Campa, M. F., y Coney, P. J., 1983. Tectono-stratigrafic terrenos and mineral resource distributions in México. Can. J. Earth Sci., 26:1040-1051.
- Cantú Chapa, A., 1993. Publiceras Gen. Nov. Amonita Neocomtidae del Hauteriviano Inferior de Puebla, Centro de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 1(6): 67-70.
- Carfantan, J. C., 1983. Les ensembles géologiques du Mexique Meridional. Evolution geodynamique que durant le Mesozoique et le Cenozoique. Geofis. Inter., 22: 177-358.
- Castro-Mora, J. T. y Pacheco, C., 1986. Estratigrafía de la Región Sur de Puebla. Soc. Geol. Mex. VIII Convención Geológica Nacional. Resúmenes, pp. 191-192.
- Condit, C. and Miller A., 1951. Concretions from Iowa like those of Mazon Creek, Illinois. Jour. Geol. 59: 395-396.
- Corona, R., 1981 (1983). Estratigrafía de la región de Olinalá-Teconcoyuca, noreste del Estado de Guerrero. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5, no. 1, p 17-18.
- Cridland A., Morris J. y Baxter R., 1963. The Pennsylvanian plants of Kansas and their stratigraphic significance. Palaeontografica B. 112: 58-92.
- Cross, A., 1958. Fossil flora of the Dunkard strata of eastern United State. In M:T: Sturgeon. The geology and mineral resources of Athens Country, Ohio. Ohio, Div. Geol. Sur. 57: 191-197.

- Crowley, J. T. and North, R. G., 1991. *Paleoclimatology*. by Oxford University Press, Inc., 339 p.
- Cserna, Z., 1970. Reflexiones sobre algunos de los problemas de la geología de la parte centro-meridional de México. *Bol. Soc. Geol. Mexicana, Excursión México-Oaxaca*, pp. 37-50.
- Elias, M. K., 1942. *Walchia* associated with diagnostic early Pennsylvanian forms in central Colorado. 1 (Abs.) *Geol. Soc. Am. Bull.* 53(12, Pt.2) 1800.
- Erben, H. K., 1956. El Jurásico Medio y Calloviano de México. *Congr., Geol. Internal.*, 20 Ses., México, 77 p. 14 figs.
- Folk, R. L., 1969. *Petrología de las Rocas Sedimentarias*. Univ. Nal. Autóm. México, Inst. de Geología, 405 p.
- Fries, C., Jr., Schmitter, E., Damon, P. E., y Livingston, D. E., 1962. Rocas precámbricas de edad grenvilliana de la parte central de Oaxaca en el sur de México. *Univ. Nal. Autóm. México, Bol. Inst. Geol.* 64, pp. 45-53.
- Fries, Carl, Jr., Chlaepfer, C. J., y Ríncon-Orta, C., 1966. Nuevos datos geocronológicos del Complejo Oaxaqueño. *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, ( 29): 59-66.
- García, E., 1973. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen*. Univ. Nal. Autóm. de México. Inst. de Geografía. 256 p.
- Gothan, W., 1953. *Die Steinkohlenflora der westlichen paralischen Steinkohlenreviere Deutschlands*. Beihefte *Geol. Jahrb.*, n. 10, 83 p.
- Hedberg, H. D., 1980. *International Stratigraphic Guide a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. John Wiley and Sons, New York, 205 p.
- Hernández-Estevez, S., 1980. Borde noreste de la paleopenínsula de Oaxaca (sureste del Estado de Oaxaca): *Soc. Geol. Mex. Libro-Guía*, pp 1-11.
- Hernández, G, R., 1973. Paleogeografía del Paleozoico de Chiapas, México. *Bol. Asoc. Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 25,p.79-134.
- Hernández-Láscares, D. y Silva, A., 1988. *Beitrage sur Geologie und Oberkarbonischen Flora der Formation Matzitzi in Staare Puebla, Mexikó: 11 Geowissenschaftliches Lateinamerika Kolloquium Universität Hannover, Bundesrepublik Deutschland*, 5p.

- \_\_\_\_\_, y Buitrón, B.E., 1992. Bioestratigrafía del Cretácico Inferior (Aptiano) en el Cerro Matzitzi, región de San Luis Atlotitlán, Estado de Puebla. *Rev. Soc. Mex. de Paleontol.* 1(5): 55-69.
- \_\_\_\_\_, y Zapata M, Murga B., 1993. Presencia de *Annularia* (Sphenophyta-Calamitaceae) del Pensilvánico, en la región de Santiago Coatepec Extremo Suroriental del Estado de Puebla, Centro Sur de México. *Soc. Mex. Paleontología. Memoria del IV Congreso Nacional de Paleontología.* p. 43. Resumen.
- \_\_\_\_\_, y Salazar-Vázquez, V., Galván-Mendoza, E. y Silva-Pineda, A. 1995. Presencia de *Lepidodendron cf. obovatum*. (Licopsida-Lepidodendracea) del Pensilvánico superior, región de San Luis Atlotitlán., extremo suroriental del Estado de Puebla. *Rev. Soc. Mex. de Paleontol.* p 22. Resumen.
- \_\_\_\_\_, y Salazar-Vázquez, V. 1998. Presencia de *Holcospermum* sp. (Spermatophyta-Medullosaceae) del Pensilvánico superior de la Formación Matzitzi, región de San Luis Atlotitlán extremo Suroriental del Estado de Puebla. *Rev. Soc. Mex. de Paleontol.* p 31. Resumen.
- \_\_\_\_\_, Salazar-Vázquez, V. y Galván-Mendoza, E. 1998. Presencia de *Sigillaria cf. elegans*. (Licopsida-Lepidodendracea) del Pensilvánico superior, región de Santiago Coatepec, extremo Suroriental del Estado de Puebla. *Rev. Soc. Mex. de Paleontol.* p. 32. Resumen.
- Josten, K. H., 1991. Die Steinkohlen Floren Nordwestdeutschland. Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen. Tafelband, Figs. 220, 430 p., Textband Figs. 232, 434 p. 29 tablas.
- Lyons, P., Tiffney, B., y Cameron, B., 1976. Early Pennsylvanian age of the Norfolk basin, southeastern Massachusetts, based on plant megafossils. *Geol. Soc. Am. Mem.* 146, p.p. 181-197.
- Lyons, P., and Darrah, W., 1978. Late Middle Pennsylvanian flora of the Narragansett Basin. *Massachusetts Geol. Soc. Am. Bull.* 89, p.p. 433-438.
- Magallón-Puebla, S., 1991. Estudio Sistemático y Biométrico de helechos del tipo Pecopteris (Marattiales- Pteridophytas) de la Formación Matzitzi (Permo-Carbonífero). Tesis, Facultad de Ciencias UNAM.
- Meyrán, G. J., 1973. Guía botánica de cactáceas y otras suculentas del Valle de Tehuacán, *Soc. Mex. de Cactología, A.C. México.*

- Morán, Z., 1987. Paleogeografía y Paleomagnetismo Precenozoico del Terreno Mixteco. Univ. Nal. Autón. México. Facultad de Ciencias. Tesis de Maestría 177 p.
- Müllerrried, F. K., 1933-1934. Estudios Paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla, An. Inst. Biól. México, (4):33-46, 79-33, 309-338, (5):55-88.
- Oleksyshyn, J., 1976. Fossil plants of Pennsylvanian age from northwestern Narragansett Basin. Geol. Soc. Am. Mem. 146, p.p. 143-180.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1978a. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja. Estado de Puebla y Oaxaca. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología, Rev., 2(2): 112-131.
- \_\_\_\_\_, 1978b. Notas sobre la geología del área entre Santa Cruz Ayuquila. Estado de Puebla y Oaxaca. Univ. Nal. Autón. México. Paleontología Mexicana 44, p.p. 17-26.
- \_\_\_\_\_, 1981-1984. La Evolución Tectónica Premisisipica del Sur de México. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista., 2(5): 140-157.
- Phillips, T., Pfefferkon, H., Peppers R., 1973. Development of paleobotany in the Illinois Basin. Illinois State Geol. Sur. Circ. 480, 86 p.
- Raisz, E., 1964. Land Forms of México. Cambridge, Mass., 1 mapa con texto.
- Remy, W. et Remy, R., 1977. Die Floren des Erdaltertums. Verlag Gluckauf G M B H. Essen, 468 p.
- Ruiz-Castellanos, M., 1979. Rubidium- Strontium geochronology of the Oaxaca and Acatlán metamorphic areas of Southern Mexico. Ph. D. Dissertation. The University of Texas at Dallas, 178 p.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México. Lumusa. México, pp. 237-261.
- Schweitzer, H., 1990. Pflanzen erobern das Land. Kleine Senckenberg-Reihe Nr. 18, 75 p.
- Silva, P. A., 1970. Plantas del Pensilvánico de la región de Tehuacán. Univ. Nal. Autón. México. Paleontología Mexicana. 29, 109 p.
- Silva, P. A., Villalobos C. D., 1987. Conocimiento Actualizado de la Flora Paleozoica de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología. Soc. Mex. De Paleontología, v. 1, no. 1. p.p 328-346.
- Smith Jr., C. E., 1965. Flora Tehuacán Valley. Fieldiana Botany, 31 (14):105-144.

Stewart, W. S., and Rothwell, G. W., 1993. Paleobotany and the Evolution of Plants. Second Edition. Cambridge University Press. 521 p.

Streckeisen, A., 1965. Die Klassifikation der Eruptivgesteine: Geol. Rundschau, (55):478-491.

Torres, R., 1986. Estudio Petrográfico de las rocas Igneas y Metamórficas del Prospecto Zapotitlán. Instituto Mexicano del Petróleo. Informe Inédito.

\_\_\_\_\_, Murillo G., y Grajales, M., 1986. Estudio petrográfico y radiométrico de la porción norte del límite entre los Complejos Acatlán y Oaxaca. Soc. Geol. Mex., VIII Conv. Geol. Nal. Resúmenes 148-149.

Villaseñor, J. L., Dávila, P., y Chiang, F., 1991. Fotogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. de México, 50: 135-149.

Villaseñor, M. A., Martínez, C.A., y Contreras, M. B., 1987. Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México. Rev. Soc. Mex. De Paleontología. v. 1, no.1, p.p 396-417.

Zavala, H. A., 1982. Estudios ecológicos en el valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación Numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. Biótica 1 (7): 99-120.

Zozaya, S. M., 1969. Prospecto Tehuacán. Informe Geológico final, IG-PR-107, Petróleos Mexicanos. Informe Inédito.

## LÁMINA 5

### Lámina 5A-D *Sphenophyllum* sp.

#### (A). Ejemplar UAMI Ss-30 (X1.5).

Ejemplar que muestra más 3 verticilos en los nudos, la muestra fue encontrada en la barranca de Santiago Coatepec (lado W), cerca del contacto con rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño.

#### (E). Ejemplar UAMI Ss-62 (X1).

Ejemplar que muestra verticilos de 6 hojas grandes, encontrado en la barranca de Santiago Coatepec a 200 metros del contacto con rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño.

### Lámina 5C. *Annularia* sp. cf. *A. stellata*

#### (C). Ejemplar UAMI Sa-45 (X1)

Ejemplar que muestra hojas lanceoladas, dispuestas en verticilos unidos por su base formando círculos, los verticilos presentan contornos irregulares, contienen de 6 a 12 hojas. El ejemplar fue encontrado a unos 170 metros del contacto con el Complejo Oaxaqueño, sobre la barranca de Coatepec, en los alrededores del poblado del mismo nombre.

### Lámina 5B. *Sigillaria* sp. cf. *S. ichthyolepis*

#### (B). Ejemplar UAMI Ls-20 (X1).

Ejemplar que muestra cicatrices foliares hexagonales dispuestas en hileras longitudinales sobre la corteza. La muestra fue encontrada en la barranca de Coatepec cerca del contacto con el Complejo Oaxaqueño.

### Lámina 5E. *Calamites* sp.

(E). Ejemplar UAMI Sc-75 (X1) Ejemplar que muestra costillas y seis entrenudos. La muestra fue encontrada a unos 200 metros del contacto con el Complejo Oaxaqueño, sobre la Barranca de Coatepec.

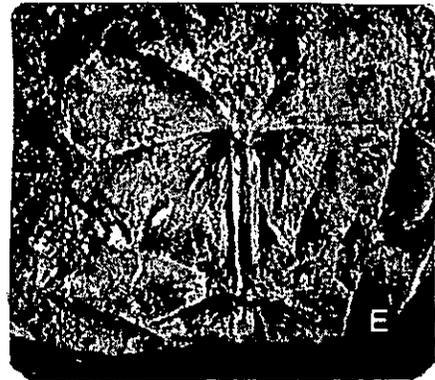
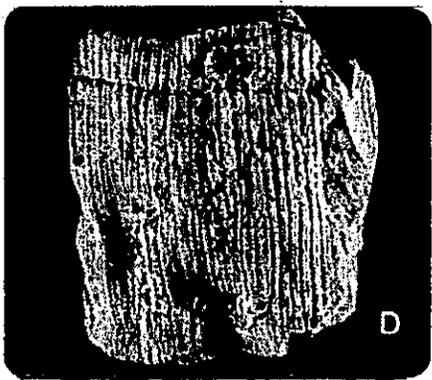


Lámina 5.

## LÁMINA 6

Lámina 6A-B-C. *Lepidodendron* sp.

Lámina 6A. *Lepidodendron* sp. cf. *L. obovatum*

(A). Ejemplar UAMI LI-105 (X.90).

Ejemplar que muestra cojinetes foliares rómbicos, dispuestos en hileras en diagonal.  
La muestra fue encontrada en el área de San Luis Atolotitlán, cerca del contacto con intrusivo.

Lámina B. *Lepidodendron* sp.

(B). Ejemplar UAMI LI-110 (X.75):

Ejemplar que muestra cojinetes foliares alargados, dispuestos en hileras en diagonal  
La muestra encontrada en el área de San Luis Atolotitlán,  
cerca del contacto con Intrusivo.

(B). Ejemplar UAMI LI-113 (X.90).

Lámina 6D. *Calamites* sp.

(D). Ejemplar UAMI Sc-130 (X1).

Ejemplar incompleto, que muestra costillas separadas y un entrenudo.  
La muestra fue encontrada en el área de San Luis Atolotitlán.

Lámina 6E. *Sphenophylum* sp. cf. *S. verticillatum*

(E). Ejemplar UAMI Ss-75 (X.75).

Muestra que presenta verticilios de 6 hojas iguales.  
La muestra fue encontrada en el área de San Luis Atolotitlán.

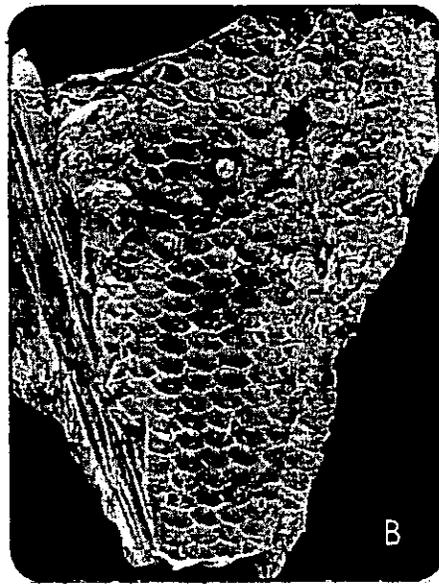


Lámina 6.

## APÉNDICE 1

### FORMACIÓN MATZITZI

#### Sección Tipo

La sección tipo que se propone para la Formación Matzitzi se localiza cerca del poblado de Santiago Coatepec.

La línea de sección se extiende desde un punto situado aproximadamente a unos 600 metros al SW de la Iglesia del poblado del mismo nombre y su parte Oeste a unos 1100 al SE de la misma Iglesia (Figura 2).

El punto inicial se encuentra localizado, donde termina la barranca de San Luis Atolotitlán y donde empieza el río o la barranca de Coatepec.

El acceso a esta sección es relativamente fácil, se puede llegar con camioneta sencilla por el camino de terracería que viene de Los Reyes Metzontla hasta Santiago Coatepec, donde termina el camino.

Sobre el río o barranca de Coatepec, se encuentra expuesta dicha sección en dirección E-W. Esta sección se midió con cinta métrica, brújula Brunton, apoyado con fotografías aéreas escala 1:25,000 y 1:12,500 con un mapa topográfico escala 1:6,000 (ampliado).

UNIDAD	MUESTRA	DESCRIPCION	ESPESOR (metros)
-3		Roca metamórfica, color verde oscuro, que intemperiza a café amarillento y café oscuro, de composición cuarzo-feldespática y grano grueso.	
-2		Roca ígnea intrusiva, color café amarillento por alteración, de composición granítica-cuarzosa, sumamente alterada.	
-1		Roca ígnea intrusiva color café amarillento por alteración. Muestra 15-A de composición granítica, con abundante cuarzo y algunos minerales de biotita. Roca en contacto con arenisca de la Formación Matzitzi.	
0		Roca metamórfica granítica; color blanquizo, que intemperiza a café oscuro, con textura fanerítica, alto porcentaje de cuarzo con algunos minerales oscuros verdosos. Algunos fenocristales de color semioscuro que pudieran tratarse de granates.	
		<b>DISCORDANCIA FORMACION MATZITZI</b>	
1	1	Arenisca de grano grueso, color gris azulado que intemperiza a color café y café amarillento, compuesto principalmente por cuarzo opaco de forma angulosa, la muestra está alterada por óxidos.	1.00
		Arenisca de grano grueso fuertemente alterada, afectada por el intrusivo. Esta unidad está en contacto con el intrusivo y la roca metamórfica del Complejo Oaxaqueño.	1.00
2	2	Arenisca de grano grueso intercalada con un horizonte de conglomerado (2A).	1.50
		Arenisca de grano grueso que cambia a conglomerática con algunos granos gruesos de cuarzo, de color gris azulado, intemperiza a un café amarillento oscuro.	1.50
	2A	Horizonte de conglomerado, compuestos de clastos de arenisca y cuarzo con tamaños que varían de 1 a 8 cms. Estos clastos son graníticos principalmente.	2.00
3		Afloramiento cubierto.	6.00
4	3	Estrato conglomerático grueso: su parte inferior de color café amarillento, que intemperiza a café oscuro, los clastos están bien redondeados, el tamaño varía de 3 a 10 cm.	1.00
		Espesor del conglomerado que está mezclado con areniscas gruesas y areniscas conglomeráticas, el dato estructural es de N40°E70° de inclinación.	1.00
		Se clasificaron las siguientes muestras con sus respectivos espesores:	
		3.1 Fragmento bien redondeado con un tamaño de 9 cm, subredondeado de composición granítica.	1.00
		3.2 Fragmento bien redondeado granítico, con cristales oxidados y algunos minerales oscuros.	1.00
		3.3 Igual que el anterior, espesor muy compactado.	1.00
		3.4 Fragmento bien redondeado, con un tamaño de 4.5 cm, compuesto de cuarzo más del 95%, color rosado con algunos clastos grandes de 3 a 8 mm.	0.50
		3.5 Fragmento bien redondeado, más largo que ancho (8cm). Roca granítica cuarzosa azulosa.	0.50
5	4	Arenisca de grano fino a medio, color verdoso oscuro que intemperiza a un café amarillento rojo, el estrato presenta variaciones de su base a la parte superior.	3.00
		En este espesor se obtuvo una arenisca de grano fino de color verde oscuro, compuesta de cuarzo en un 80%, bajo el microscopio se observó de biotita, así como otros minerales verdosos.	1.50
		Estrato que muestra arenisca de grano grueso, de color gris azulado que intemperiza a color oscuro y café rojizo.	1.50
6		Afloramiento cubierto. Horizonte de plantas tipo <i>Sigillaria</i> sp.	6.00

7	5	<p>Estrato conglomerático mezclado con interestrato de arenisca. Fragmento conglomerático en una matriz arenosa color gris, aunque el intemperismo no permite definir su color, aunque se aprecia oscuro y café oscuro amarillento.</p> <p>Arenisca cuarzosa de grano grueso. los cuarzos son de forma angulosa. textura vidriosa. cuarzo de color miel. Los clastos se componen de cuarzo y fragmentos de lutita, al microscopio éstas parecen fragmentos de esquistos.</p> <p>La muestra (5B) es una lutita bien estratificada laminar compuesta mineralógicamente de biotita. su superficie presenta trozos de plantas.</p>	0.46
8	6	<p>Arenisca fosilífera: color gris oscuro que intemperiza a café amarillento donde se presentan las marcas de las plantas (helechos y tallos).</p> <p>El estrato de arenisca se encuentra intercalado con lutitas de color negro, muy intemperizada</p>	0.60
9	7	<p>Espesor que contiene arenisca de grano grueso, mediano y fino; de color gris oscuro. La base del estrato esta compuesta por una arenisca conglomerática. su parte intermedia es una arenisca micacífera (7B), y hacia su parte superior, la arenisca se hace más fina.</p>	1.00
		<p>Estrato con arenisca cuarzosa con granos de forma angulosa, presenta algunos fenocristales de cuarzo de color blanco en una matriz cuyas formas de los cristales son angulosas, hay presencia de minerales secundarios como muscovita y biotita.</p>	1.00
		<p>Del lado norte de la sección afloran capas compuestas de arenisca micacífera de grano fino; de color gris oscuro, intercalado con una lutita muy fosilífera y se presntan plantas de helechos que estan muy destrozados.</p>	1.20
		<p>Espesor que muestra ligero metamorfismo. El estrato es muy fosilífero, se encontraron helechos y otras plantas bien presevadas del tipo de las <i>Sphenophyllum</i> sp.</p>	0.70
		<p>La parte superior que es un estrato relativamente corto se compone de arenisca de grano fino (7B), de color rojizo y café amarillento, contiene helechos mal preservados y algunos <i>Calamites</i> sp. Con costillas finas. Estas muestras se obtuvieron completas.</p>	0.50
10	8	<p>Espesor que muestra areniscas de gran fino (8A), de color gris que se aprecia alterada con presencia de algunas marcas de plantas del tipo de <i>Calamites</i> sp.; el paquete se encuentra ligeramente estratificado. Existe una muestra (8B) también muy alterada.</p>	1.00
11	9	<p>Este espesor muestra en su parte inferior en el primer metro una arenisca cuarzo-feldespática micacífera identificada como una subarcosa; preferentemente grano grueso; los siguientes dos metros son de color gris-verdoso que intemperiza a un café amarillento y a un color rojizo. La forma de los granos es angulosa con un alto contenido de cuarzo (85%) y los feldespatos (10%) están alterados al igual que las micas.</p>	3.00
12	10A	<p>Espesor corto compuesto de una arenisca de grano fino; color gris oscuro que intemperiza a café amarillento.</p>	0.60
	10B	<p>Arenisca mal clasificada. cuarzosa. micacífera con un alto contenido de moscovita y biotita en una matriz arenosa.</p> <p>En la parte superior de este paquete la arenisca se hace más de grano fino, muy compacta.</p>	2.50 2.50
13	S/M (SIN MUESTRA)	<p>Espesor con características iguales a la muestra número 9, sólo que mas fosilífera.</p>	3.00
14		<p>Afloramiento cubierto.</p>	3.00

15	11	Este espesor grueso esta constituido por una roca ignea intrusiva, que corresponde a un dique granodioritico, de color blanquizo con algunas fracturas y un alto porcentaje de cuarzo. El color dl afloramiento es café amarillento.	7.00
16	12	Espesor compuesto de una arenisca micacifera, su parte inferior (2 m) es de color gris oscuro que interperiza a café amarillento; en su parte media (70 cm) es muy fosilifera (plantas), a partir de este punto hasta su parte superior hay alternancias con lutitas y con conglomerados con clastos del tamaño de la grava.	6.00
	12A	Espesor formado por una arenisca micacifera color gris oscuro que interperiza a café rojizo, los granos tienen forma de angulo a subanguloso.  Secuencia que muestra una roca arcillosa con biotita, se encuentra alterada producto del metamorfismo de contacto, a pesar de ello el estrato es muy fosilifero (plantas).  Otra muestra fue obtenida en la parte más superior en los últimos 1.50 m y el estrato es de un color verde-amarillento. La arenisca es una subgrauvaca con micas alteradas.	3.00  1.50  1.50
17	13	Espesor que muestra arenisca de grano muy compacto; color verde-amarillento. El estrato es casi una roca cuarcifera con micas alteradas de color verde, la matriz es arenosa, la geometría de los granos es angulosa.	0.10
18	14A	Arenisca de grano fino; color verde amarillento que interperiza, roca muy compacta, su parte media y superior es de grano fino, con algunos fragmentos de cuarzo.	0.10
19	S/M	Afloramiento muy fosilifero compuesto de areniscas y lutitas, la alternancia se manifiesta así a lo ancho del espesor con presencia de helechos mal preservados.  En el mismo estrato fueron encontradas arenisca de grano fino con alternancia de lutita y presencia de plantas del tipo de las <i>Sigillaria</i> .  En este mismo paquete los últimos 4.5 metros es de material muy destrozado con alternancia de lutitas y areniscas. Los fósiles no se pueden obtener completos.	9.00  4.5  4.5
20	16	Roca ignea intrusiva (Dique) granodioritica de color gris que interperiza a amarillento grisáceo, textura faneritica muy compactada, cuarcifera muy silificada.	15.00
21	17	Arenisca de grano fino, color oscuro, ligeramente alterada, con helechos muestra con apariencia silificada por encontrarse en contacto con el dique del nivel 22.	1.40
22	18	Arenisca de grano fino intercalada con lutitas de color oscuro, que interperiza a café-amarillento, estrato fosilifero con presencia de <i>Sigillaria</i> sp.	0.70
23	S/M	Arenisca intercalada con lutitas, presenta marca de plantas del tipo de <i>Sigillaria</i> sp.	2.40
24	19	Arenisca conglomerática; color gris verdoso que se altera a café amarillento. Presencia de cuarzo en más del 85%, el tamaño de los granos es de 2-3 mm, de forma angulosa; algunos cristales de cuarzo llegan a medir hasta 8 mm; se observan marcas de plantas en forma de <i>Calamites</i> sp. Mal preservadas, estas marcas se encuentran en la parte superior de este nivel.	0.08
25	S/M	Arenisca de grano fino; color oscuro, que se altera a café amarillento; estrato muy quebradizo, se encuentra muy oxidado, con marca de tallos deformados.	2.50
26	S/M	Arenisca de grano fino, micacifera; color gris claro, compacta.	0.60
27	S/M	Paquete de arenisca de grano fino, muy fosilifero, intercalado con lutitas.	1.00
28	20	Arenisca de grano grueso; color verde amarillento que interperiza a un café amarillento, en su parte intermedia es muy conglomerática, con fragmentos redondeados y de composición granítica.	0.12

29	S/M	Arenisca de grano medio muy compacta, silicificada.	0.35
30	S/M	Arenisca igual que la muestra 20.	0.90
31	S/M	Arenisca de grano fino; color oscuro con marca de plantas mal preservadas.	0.50
32	S/M	Paquete de arenisca; color gris verdoso con estratificación masiva.	0.05
<b>SECCION QUE SE CONTINUA DEL LADO NORTE DEL ARROYO.</b>			
33	21	Arenisca de grano fino micacifera; color café amarillento, que intemperiza a un color café rojizo. su mineralogía está compuesta de cuarzo y con presencia de mica alterada, el afloramiento está bien estratificado pero muy alterado.	1.40
34	22	Arenisca de grano fino micacifera; color gris verdoso y se altera a un color café rojizo, mineralógicamente es igual a la muestra anterior, sólo que esta muestra tiene marca de tallos mal preservados.	0.25
35	22B	Arenisca de grano fino; color gris que intemperiza fuertemente a un café amarillento, estrato fosilífero bien estratificado con datos estructurales de N40°E25°, con fósiles de los géneros <i>Pecoperis</i> y <i>Sphenophyllum</i> .	0.20
36	S/M	Arenisca de grano fino, alterada, erosionada hacia la parte superior (últimos 50 cm) la arenisca se hace de grano grueso.	1.20
37	S/M	Paquete de lutita muy fallado y plegado.	1.00
38	23	Estrato de arenisca de grano fino de color azulado muy alterado.	1.40
39	24	Arenisca de grano medio de color gris verdoso que se altera a café amarillento, arenisca cuarcifera con minerales oscuros compuestos de biotita, su parte inferior (primeros 50 cm) es de grano fino y va cambiando gradualmente hacia la parte superior a una arenisca de grano grueso.	1.00
40	S/M	Arenisca de grado fino, micacifera, color verde amarillento, igual que la muestra anterior.	1.20
41	S/M	Arenisca de grano fino, muy compacta, fosilífera.	1.30
42	S/M	Arenisca igual a la muestra 20 y 24.	2.20
43	S/M	Afloramiento de arenisca muy alterado, con varias impresiones de tallos no identificables.	1.70
44	S/M	Arenisca de grano grueso; color gris claro, masivamente estratificado, a la mitad de este espesor se encuentra un interestrato de 20 cm, compuesto de clastos del tamaño de la grava.	3.00
45	S/M	Estrato masivo que contiene areniscas de grano grueso en su base (1 m) y arenisca conglomerática en su parte media (1.5 m), intercalados con clastos del tamaño de la grava en su último metro y medio.  Estrato masivo compuesto de grano grueso y arenisca conglomerática (3 m).  Espesor intercalado cada 50 cm de grano grueso, arenisca conglomerática y clastos del tamaño.	
46	S/M	Unidad igual que la anterior.	2.40
<b>SECCION QUE CONTINUA DEL LADO SUR</b>			

DEL ARROYO			
47		Estrato de roca ígnea granítica con cuarzo del tamaño de 3.5 cm de color gris oscuro que intemperiza a café amarillento.	2.50
		Estrato que continua al anterior con clastos de roca granítica con tamaños 6.5 cm bien redondeados.	2.50
48		Afloramiento cubierto.	8.00
49	S/M	Arenisca de grano fino de color gris oscuro, con estratos en posición vertical y con abundantes plantas fósiles mal preservadas.	1.90
50	S/M	Zona de falla.	18.50
51	S/M	Estrato que muestra arenisca de grano fino a medio, su parte inferior (primeros 50 cm) es de color oscuro, intercalados a esto sedimentos se encuentran helechos mal preservados.  La parte superior (1m) es un paquete de arenisca de color verde claro sin fósiles.	1.50
52	S/M	Zona de falla.	4.00
53	S/M	Estrato que muestra arenisca de grano fino y medio de color gris verdoso, que intemperiza a café amarillento.  Arenisca de grano fino intercalada con lutita de color gris verdoso que intemperiza a café amarillento.  Arenisca de grano fino intercalada con lutitas, que presentan plantas fósiles mal preservadas, el color de este afloramiento es café amarillento.	2.00 2.00 3.00
54	S/M	Estrato masivo de grano fino, color gris verdoso. Afloramiento fuertemente plegado.	8.40
55		Afloramiento cubierto.	3.90
56	28	Arenisca de grano fino; color café amarillento, cuarcifera con algunos minerales de biotita. Estratificación cruzada.	2.35
57	S/M	Estrato de lutita de color gris oscuro, fuertemente erosionado.	0.35
58	S/M	Muestra igual a la anterior, estrato plegado.	0.80
59	S/M	Arenisca igual que la anterior.	0.40
60	S/M	Unidad igual a la anterior.	0.60
61	S/M	Unidad igual a la anterior.	1.50
62	S/M	Unidad igual a la anterior.	3.00
63	S/M	Unidad igual a la anterior.	0.80
64	S/M	Unidad igual a la anterior. Estratos con ángulo de 70°, se encontraron fragmentos de <i>Calamites</i> sp. Y marcas de tallos de <i>Sigillaria</i> sp.	0.80
65	S/M	Unidad igual a la anterior.	2.20
66	S/M	Unidad igual a la anterior.	2.70
67	S/M	Arenisca de grano fino; color café amarillento, que intemperiza a café rojizo.	1.80
68	S/M	Unidad igual a la anterior.	0.80

69	S/M	Arenisca de grano fino, color oscuro muy fosilífera.	0.70
70	S/M	Unidad igual a la anterior. Capas bien estratificadas.	5.50
71	S/M	Arenisca de grano grueso, color verde amarillento, bien estratificada.	6.60
72	S/M	Arenisca de grano fino interestratificada con lutitas de color oscuro, estratos muy fosilíferos, deleznales.	1.30
73	S/M	Arenisca de color café rojizo por oxidación, estrato fosilífero	2.00
74	S/M	Estrato de arenisca fuertemente plegado en posición casi vertical.	1.00
75	S/M	Zona de falla, afloramiento cubierto.  Espesor que muestra arenisca de grano fino intercalada con lutitas de color oscuro con rasgos de plantas mal preservadas.  Zona de falla, afloramiento cubierto. Estrato formado por arenisca de grano fino, intercalada con lutita, el afloramiento es de gris oscuro alterado, fracturado y no se sigue una secuencia de estratificación orientada.  Zona de falla. Afloramiento cubierto.	25.00  3.00  10.00 5.00  12.00
76	30	Arenisca de grano medio a grano grueso, micacífera, color verde amarillento que interperiza a gris oscuro.  Estrato que muestra arenisca de grano grueso micacífera color verde amarillento que interperiza a gris oscuro.  Espesor que muestra una subarcosa de grano fino a medio intercalado con algunas lutitas de color verde amarillento.  Subarcosa de grano medio intercalados con grano grueso, con minerales oscuros. El color del afloramiento es verde amarillento que interperiza a gris oscuro.  Espesor de arenisca gruesa intercalada con conglomerado de clastos del tamaño de la grava, de color gris oscuro.  Arenisca de grano medio a grano grueso, micacífera, color verde amarillento que interperiza a gris oscuro.  Arcosa micacífera, color verde amarillento que interperiza a gris oscuro.  Espesor igual al anterior.  Arenisca de grano medio a grano grueso, micacífera, color verde amarillento que interperiza a gris oscuro.	3.00  2.00  3.00  3.00  4.00  4.00  3.00  3.00  4.00
77	31	Arenisca conglomerática, color verde amarillento que interperiza a café amarillento, clastos compuestos de cuarzo tamaño de 4 mm, en promedio la mineralogía está compuesta de cuarzo, feldespatos y otros minerales.  Estrato que muestran capas que presentan ligeras trazas de <i>Calamites</i> sp. y <i>Annularia</i> sp., mal preservados, afloramiento plegado y fallado.  Estrato que muestran capas con trazas de <i>Calamites</i> sp., <i>Annularia</i> sp., y helechos mal preservados, el afloramiento en su conjunto está plegado y fallado.	2.50  2.50  5.00

		<p>Espesor que muestra arenisca conglomerática con intercalaciones de arenisca gruesa color verde amarillento que intemperiza a café amarillento, los clastos están compuestos de cuarzo de tamaño 0.5 a 2.0 mm.</p> <p>Arenisca conglomerática, color verde amarillento que intemperiza a café amarillento, clastos compuestos de cuarzo tamaño de 4 mm. en promedio la mineralogía está compuesta de cuarzo, feldespatos y otros minerales.</p>	<p>7.00</p> <p>5.00</p>
78	32	<p>Contacto entre arenisca y conglomerado masivo, este tramo fue medido del lado norte del río, cercano a una zona de falla, en el contacto, la arenisca es muy cuarzosa fuertemente oxidada.</p> <p>Estrato que muestra las primeras capas del conglomerado masivo, están compuestos de clastos bien redondeados de composición granítica y origen metamórfico, su tamaño varía entre 5 y 40cm.</p> <p>Estrato masivo de conglomerado de composición granítica de origen metamórfico cementado en una matriz arenosa, los clastos tienen una semejanza con las rocas del basamento; su tamaño es mucho más grande que el anterior y es común el tamaño de 40, 50 y 60 cm.</p> <p>Mismo que el anterior aunque en este estrato también se observan clastos de arenisca; el tamaño de los fragmentos varía desde gránulos (5-10 mm) hasta bloques (1.5 m), pero los guijarros de un tamaño de 15 cm son los más comunes.</p> <p>Mismo que el anterior, sólo que éste espesor presenta una alteración rojiza, la presencia de hematita confiere la coloración. Los intersticios están ocupados por una matriz arenosa gruesa, donde abunda el cuarzo.</p> <p>Estratos de conglomerado compuestos de clastos bien redondeados de composición granítica de origen metamórfico, el conglomerado está cementado en una matriz arenosa. Los clastos tienen una semejanza con las rocas del basamento. Ocasionalmente se encuentran intercalados con areniscas conglomeráticas y conglomerados del tamaño de las gravas. En términos generales el tamaño de los clastos van de 0.5 cm a 90 cm, siendo los clastos predominantes de un tamaño de 50 y 60 cm.</p> <p>Estrato igual que el anterior.</p> <p>Espesor igual que el anterior con capas que se encuentran levantadas en un ángulo de 45° aproximadamente.</p> <p>Espesor igual que el anterior con capas que se encuentran en posición casi vertical.</p> <p>Espesor que contiene alternancia de areniscas conglomeráticas, gravas con lutita interestratificada.</p> <p>Estrato compuesto de clastos con forma de subredondeados a redondeados de composición granítica, el color del afloramiento es claro y alterado a gris claro, gris y gris oscuro.</p> <p>Espesor que muestra conglomerados con clastos bien redondeados y su tamaño es preferentemente de 60 a 70 cm, habiendo fragmentos que rebasan el 1.20 m.</p> <p>Espesor compuesto de arenisca conglomerática y clastos del tamaño de la grava, interestratificado. El afloramiento es de color gris y gris oscuro.</p> <p>Espesor de conglomerados de composición granítica con un tamaño promedio de 8 cm, se aprecian otros clastos de origen metamórfico. El rumbo de la capa es más apreciativo y su dato estructural es N45°W.</p> <p>Espesor de conglomerado del tamaño de las gravas alternando con arenisca de color</p>	<p>2.00</p> <p>4.00</p> <p>10.00</p> <p>15.00</p> <p>15.00</p> <p>20.00</p> <p>5.00</p> <p>10.00</p> <p>10.00</p> <p>5.00</p> <p>5.00</p> <p>10.00</p> <p>5.00</p>

		rojizo, con un dato estructural N55°E y con un ángulo aproximado de 70°. En los conglomerados se pueden apreciar fragmentos graníticos y algunos fragmentos de Augen-gneiss.	5.00
			6.00
79	33	Estrato que muestra capas, compuesto de arenisca de grano fino, lutitas de color oscuro con una cantidad muy importante de plantas fósiles, de helechos y calamites muy mal preservados, por lo cual no se obtuvieron muestras representativas.	5.00
		Secuencia de arenisca de grano fino a medio, intercalado con lutitas y en la parte superior (1 m) se observa un estrato de conglomerados del tamaño de la grava.	6.00
		Estratos compuesto de lutitas color oscuro con algunas intercalaciones de arenisca de grano fino, con plantas fósiles mal preservadas.	1.00
		Estrato igual que el anterior, sin plantas fósiles.	2.00
		Espesor igual que el anterior, presentando en su parte superior areniscas de grano grueso intercaladas con conglomerados de color gris oscuro.	5.85
80	34	Conglomerado masivo cementado de una matriz de sílice, color gris verdoso que interperiza a color café amarillento, los clastos de armazón están derivados principalmente de rocas graníticas muy semejantes al basamento Precámbrico Oaxaqueño. El tamaño de los clastos son relativamente grandes llegando algunos a ser hasta de 70 cm.	15.00
		Estrato igual que el anterior y se encuentra intercalado con horizontes de areniscas, y la composición de los clastos de estas capas es de augen-gneiss.	15.00
		Espesor igual que el anterior, incluye metagranitos, clastos de cuarzo, y el tamaño de los cuarzos varía de gránulo (2 cm) hasta bloques (1.60 m).	20.00
		Espesor con clastos son bien redondeados, de redondeados a subangulosos, predominando los primeros. Las inclinaciones de estos estratos son de 80°.	20.00
		Espesor igual que el anterior, solo que los intersticios están ocupados por una matriz arenosa gruesa o arcillosa, la mayor parte de los granos de la matriz son de cuarzo. La estratificación tiene inclinación hasta de 70 ° y es masiva.	30.00
		Estrato que presenta conglomerado masivo color gris verdoso que interperiza a color café amarillento, bien consolidados. Los clastos de armazón están derivados principalmente de rocas graníticas muy semejantes al basamento.	30.00
		Estrato igual que el anterior.	30.00
			20.00
81	37	Estrato que muestra arenisca de grano grueso; color gris oscuro, alterada a un color rojizo, mineralógicamente se compone de cuarzo de forma angulosa, biotita y una mica de color dorado que probablemente se trate de una muscovita.	2.50
		Espesor igual que el anterior.	2.50
		Espesor igual que el anterior con presencia de hematita que confiere a gran parte la coloración rojiza, la roca está fuertemente alterada y se encuentra bien estratificada hacia su parte superior; en la parte sobreyacente en contacto se encuentra una arenisca de grano fino de color gris verdoso.	5.00

	38	estrato que presenta arenisca conglomerática de color gris verdoso que interperiza a café amarillento, se encuentran fenocristales de cuarzo de un tamaño de 3 a 4 mm, mal clasificados con algunos clastos de cuarzo.	5.00
		Espesor igual que el anterior, sólo que en éste se encuentran estratificados con conglomerados bien redondeados cuyos tamaños son de 15 cm, principalmente compuestos de rocas graníticas, las capas tienen una inclinación de 80° y un buzamiento de S50°W.	7.00
		Estrato igual que el anterior.	3.00
82	39	Unidad igual que la anterior.	15.00
		Estrato que muestra arenisca de grano grueso de color verde amarillento que interperiza a un color claro cremoso muy compacta; tiene un buzamiento de N55°E y un ángulo de 80°.	10.00
		Estrato igual que el anterior.	10.00
		Estrato igual que el anterior.	10.00
		Estrato igual que el anterior con ángulo de 60°.	15.00
	39A	Estrato masivo que se compone de una arenisca altamente cuarcífera.	10.00
	40	Conglomerado masivo compuesto de clastos graníticos, de rocas metamórficas de tipo gneiss, los clastos son de tamaño hasta de un metro.	14.00
83	41	Contacto de conglomerados masivos igual que el anterior de color gris verdoso con clastos graníticos bien estratificados, la arenisca en contacto es de grano grueso altamente cuarcífera (más del 90%), el buzamiento de estas capas es de S25°W con un ángulo de 80°.	10.00
		Estrato igual que el anterior con un ángulo de 60°.	10.00
84	42	Arenisca de grano grueso; color verde amarillento cuarcífera muy compactada que en sus últimos dos metros presenta estratificación cruzada.	4.00
85	43	Estrato masivo compuesto de arenisca de grano medio, con características igual que el estrato anterior, este tipo de rocas encuentra en los primeros tres metros, los estratos comunes son de 20 a 40 cm.	24.70
86	44	Arenisca igual que la anterior.	16.74
87	45	Arenisca igual que la anterior.	9.0
88	46	Arenisca igual que la anterior, este estrato presenta estructuras secundarias.	1.79
89	S/M	Arenisca igual que la anterior, sólo que éste estrato presenta estratificación cruzada.	8.98
90	47	Arenisca de grano grueso, cuarcífera con algunos cristales oscuros, hematita alterada, se presenta estratificación cruzada, las capas se encuentran buzando hacia el N08°E con una inclinación de 85°.	18.95
91	48	Arenisca igual que la anterior, presenta estratificación cruzada.	12.85
92	49	Arenisca igual que la anterior, mostrando estratificación cruzada.	17.00
		Arenisca de grano grueso con hematita y presenta estratificación cruzada.	17.00
93	50	Estrato masivo compuesto de arenisca de grano grueso de color verde amarillento, con estratificación cruzada.	15.00

		Estrato igual que el anterior.	15.00
94	51	Arenisca igual que la anterior, alterada, estratificación cruzada.	9.50
95	52	Arenisca de grano fino; color café amarillento con presencia de marcas de <i>Sigillaria</i> y helechos mal preservados.	11.02
96	54	Arenisca igual que la anterior, la estructura se encuentra deformada.	9.60
97	S/M	Afloramiento bien estratificado, casi en posición vertical, compuesto de arenisca de grano fino, medio y grueso.	10.08
98	55	Arenisca de grano grueso, en ocasiones conglomerática cuarcífera; color gris claro, zona fuertemente deformada.	15.00
		Estrato que muestra arenisca de grano grueso intercalado con arenisca conglomerática, color gris claro. El estrato completo se encuentra deformado.	15.00
		Estrato igual que el anterior.	20.00
99	56	Arenisca de grano fino, con textura de apariencia silicosa muy compacta de color gris oscuro.	15.00
100	57	Arenisca de grano grueso de color verdoso, cuarcífera con presencia de algunas plagioclasas sódicas, granos angulosos, muy alterada.	40.00
101	58	Arenisca igual que la anterior, mal estratificada cerca del contacto superior.	11.04
102	59	Arenisca cerca del contacto con el conglomerado rojo, de grano grueso; color verdoso, que interperiza a un color café rojizo, bien estratificado, muy compacta.	10.00
		<b>ESPESOR TOTAL DE LA FORMACION MATZITZI</b>	
		<b>1099.38 METROS</b>	
		<b>CONTACTO SUPERIOR DE LA FORMACION MATZITZI</b>	
103	S/M	Zona de contacto con un horizonte de Conglomerado Rojo.	20.00
104	60	Conglomerado rojo compuesto de clastos de cuarzo, predominantemente en una matriz arenosa de color café rojizo, los clastos están bien redondeados y son de un tamaño hasta de 8 cm.	23.31
	61	Los siguientes cinco metros stán compuestos de una areniscas con algunos fenocristales de cuarzo, capas bien estratificadas con buzamiento de 80° y un ángulo de 65°.	5.00
	62	Los siguientes cinco metros están compuestos de una arenisca con algunos fenocristales de cuarzo, capas bien estratificadas con un buzamiento de 80° y un ángulo de 65°.	5.00
	63	Conglomerado de color café rojizo con clastos del tamaño de la grava (2 a 4 cm) muy alterado, bien estratificado.	0.30
	64	La parte superior de esta unidad, está compuesta de una arenisca cuarcífera muy alterada de color café rojizo.	0.70
105	65	Arenisca de grano medio; color verde amarillento alterada.	0.75
106	66	Arenisca de grano fino arcillosa de color gris oscuro bien estratificado.	0.50
107	S/M	Los primeros 30 cm están compuestos de una arenisca de rano medio a fino y hacia su parte superior se hace conglomerático arcilloso.	1.00
108	S/M	Arenisca de grano fino intercalada con lutita y conglomerados; presencia de algunos fósiles de invertebrados del tipo de los pelecypodos.	4.60
109	S/M	Caliza arenosa en su parte inferior y hacia su parte superior muy calcárea, estos estratos tienen un buzamiento de N75°E con un ángulo de 60°.	1.50

**APENDICE 2**

**REGISTRO DEL MATERIAL PALEBOTÁNICO  
DE LA  
FORMACIÓN MATZITZI**

LA COLECCIÓN SE ENCUENTRA IDENTIFICADA CON LA SIGLAS *UAMI* que quiere decir *Universidad Autónoma  
Metropolitana-Iztapalapa*  
Y SE ENCUENTRA DEPOSITADA EN EL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA  
Av. Michoacán y Purísima, Col. Vicentina, Delegación Iztapalapa, C.P. 09340 México D.F.

# APÉNDICE 2

## COLECCIÓN PALEOBOTANICA DE LA UAM-I

DIVISION: *Filicophyta*

CLASE: *Filicatae*

ORDEN: *Marattiales*

FAMILIA: *Marattiaceae*

(Clasificación según Remy at Remy 1977),

CATALOGO	COLECTA	CLASIFIC	LOCALIDAD	ERA	PERIODO	FORMACION	COLECTOR	COORDENADAS	CARTA	FOTOGRAFIA	DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	PIEZAS	CHAROLA
Fm-01	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-02	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-03	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-04	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-05	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-06	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-07	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-08	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-09	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-10	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-11	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-12	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-13	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-14	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-15	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-16	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-17	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-18	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-19	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-20	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-21	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-22	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-23	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-24	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-25	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1
Fm-26	00	Helecho	San Luis Atolatlán Pue.	Paleozoica	Carbonifero Sup	Matzzi					Filicophyta	Filicopsida	Marattiales	Marattiaceae	Pecopteris	00	1

























**COLECCIÓN PALEOBOTANICA DE LA UAM-I**  
**DIVISION: Filicophyta**  
**CLASE: Filicatae**  
**ORDEN: Osmundales**

(Clasificación según Remy 1977).

CATALOGO	COLECTA	CLASIFIC	LOCALIDAD	ERA	PERIODO	FORMACION	COLECTOR	COORDENADAS	CARTA	FOTOGRAFIA	DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	PIEZAS	CHAROLA
Fo-01	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-02	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-03	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-04	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-05	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-06	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-07	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-08	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-09	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-10	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-11	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-12	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-13	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-14	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-15	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-16	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-17	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-18	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-19	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-20	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-21	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-22	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-23	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-24	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicopsida	Osmundales			0.0	17
Fo-25	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicatae	Osmundales			0.0	17
Fo-26	0.0	Helecho	San Luis Atotitlán, Pue.	Paleozoica	Carbonífero Sup.	Matzli					Filicophyta	Filicatae	Osmundales			0.0	17



