

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN CIENCIAS AMBIENTALES**



CUCRA



BIBLIOTECA CENTRAL

**ESTUDIO PALEBOTÁNICO DE LA LOCALIDAD
EL BAJÍO EN LA CALDERA DE LA SIERRA
LA PRIMAVERA, JALISCO.**

**TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA
P R E S E N T A
NATALIA AMEZCUA TORRES
GUADALAJARA, JALISCO. 2000**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS DIVISIÓN
CIENCIAS AMBIENTALES**

**ESTUDIO PALEOBOTÁNICO DE LA
LOCALIDAD EL BAJÍO EN LA CALDERA DE
LA SIERRA LA PRIMAVERA, JALISCO.**

**TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

NATALIA AMEZCUA TORRES

GUADALAJARA, JALISCO. 2000



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA


COMITÉ DE TITULACIÓN

C. NATALIA AMEZCUA TORRES
PRESENTE.

Manifiestamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de TESIS con el título "ESTUDIO PALEBOTANICO DE LA LOCALIDAD "EL BAJIO" EN LA CALDERA SIERRA LA PRIMAVERA, JALISCO", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo al **GEOL. ROBERTO MACIEL FLORES** y como asesor al **DR. JORGE A. PEREZ DE LA ROSA**.

ATENTAMENTE
" PIENSA Y TRABAJA "
LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., FEBRERO 26 DE 1999


DR. ARTURO OROZCO BAROCIO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

COMITE DE
TITULACION




M. EN C. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

c.c.p. GEOL. ROBERTO MACIEL FLORES.- Director del Trabajo.
c.c.p. DR. JORGE A. PEREZ DE LA ROSA.- Asesor del Trabajo.
c.c.p. Expediente del alumno

AOB/MGOM/bacg*

DRA. MONICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizó la pasante: **NATALIA AMEZCUA TORRES** con el título: **ESTUDIO PALEOBOTÁNICO DE LA LOCALIDAD "EL BAJÍO" EN LA CALDERA DE LA SIERRA LA PRIMAVERA, JALISCO**", consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para la autorización de impresión y en su caso programación de fecha de tesis y profesional respectivos.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

Las Agujas, Zapopan, Jalisco a 15 de diciembre de 1999

EL DIRECTOR DE TESIS

EL ASESOR




ING. GEOL. ROBERTO MACIEL FLORES



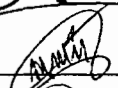
DR. JORGE ALBERTO PÉREZ DE LA ROSA

SINODALES


1.- DRA. VICTORIA CARRILLO CAMACHO



2.- BIOL. MARGARITO MORA NUÑEZ



3.- Q.F.B. MARIA NOEMI JIMENEZ REYES



**Agradezco a todos aquellos quienes hicieron posible la realización de ésta
tesis**

El presente trabajo, fue realizado en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, Departamento de Ciencias Ambientales; con el apoyo del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) Proyecto CI-96 -207. Autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) Oficio No. 0702.

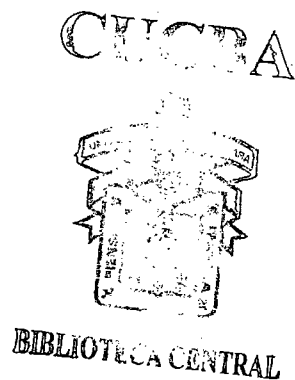
ESTUDIO PALEOBOTÁNICO DE LA LOCALIDAD EL BAJÍO EN LA CALDERA SIERRA LA PRIMAVERA

ÍNDICE

RESUMEN	01
INTRODUCCIÓN	02
MARCO TEÓRICO	
1.1 Principios en los que se Basa la Investigación Paleontológica	03
1.2 Leyes Paleontológicas	04
1.3 Tafonomía	05
1.4 Yacimientos Fosilíferos	05
1.5 Etapas de Formación de un Yacimiento	06
1.6 Tipos de Fósiles Vegetales	09
1.7 Paleobotánica	12
1.8 Género <i>Pinus</i>	12
1.9 Origen, Evolución y Biogeografía del Género <i>Pinus</i>	13
1.10 Dispersión Preglacial y Postglacial de los Pinos de México y Centro América	17
1.11 Eemiense el Último Interglacial (Sangamoniense)	18
1.12 Eventos Geológicos Relevantes al Origen de los Pinos Mexicanos	22
2. ANTECEDENTES	
2.1 Avance de la Paleontología en el Estado de Jalisco	27
2.2 Localidades Fosilíferas en el Estado de Jalisco por Municipio	29
2.3 Estado Actual de las Zonas Fosilíferas	30
2.4 Marco Legal	30

3. ZONA DE ESTUDIO	
3.1 Panorama Regional	31
3.2 Localidad El Bajío	32
3.3 Origen Geológico	34
4. OBJETIVOS	36
5. MATERIALES Y METODOS	37
5.1 Fase de Gabinete	37
5.2 Fase de Campo	37
5.3 Fase de Laboratorio	38
6. RESULTADOS	41
6.1 Fase de Campo	41
6.1.1 Características Sedimentológicas y Estratigráficas de la Localidad	41
6.2 Fase de Laboratorio	45
6.2.1 Taxonomía de los Fósiles de la Localidad El Bajío	45
6.2.1.1 Descripción Particular de Cada Especie	49
<i>Pinus montezumae</i> A. B. Lambert	49
<i>Pinus teocote</i> Schlechtendal & Chamisso	52
<i>Pinus leiophylla</i> Schlechtendal & Chamisso	55
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	58
<i>Pinus douglaciana</i> Martínez	60
<i>Pinus luzmariae</i> Pérez de la Rosa	62
Herbáceas aff. <i>Gramineae</i>	65

<i>aff. Quercus laeta</i>	66
6.3 Resguardo	66
6.4 Especies actuales y fósiles	67
6.5 Paleoambiente	68
7. CONCLUSIONES	69
8. LITERATURA CITADA	71
9. ANEXOS	74



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Fig. 1- Etapas de Formación de un Yacimiento	07
Fig. 2- Efecto de la Selección Hidrodinámica	08
Fig. 3- Ubicación de la Localidad de Estudio	33
Fig. 4- Proceso de Formación de una Caldera	35
Fig. 5- Secuencia Estratigráfica de la Localidad El Bajío	44
Fig. 6- <i>Pinus montezumae</i> A. B. Lambert	49
Fig. 7- <i>Pinus teocote</i> Schlechtendal & Chamisso	52
Fig. 8- <i>Pinus leiophylla</i> Schlechtendal & Chamisso	55
Fig. 9- <i>Pinus durangensis</i> Martínez	58
Fig.10- <i>Pinus douglasiana</i> Martínez	60
Fig.11- <i>Pinus luzmariae</i> Pérez de la Rosa	62

TABLAS

Tabla 1- Eras Glaciales	18
Tabla 2- Duración de las Eras Geológicas desde el Fanerozoico al Presente	21
Tabla 3- Provincias Morfotectónicas de México	26
Tabla 4- Especies Determinadas 001IBUGPBBJ	46
Tabla 5- Especies Determinadas 002 IBUGPBBJ	47
Tabla 6- Especies Determinadas 003 IBUGPBBJ	48
Tabla 7- Especies identificadas en el registro fósil, que se encuentran hoy en día en el Bosque La Primavera	67

RESUMEN

Los depósitos vulcanosedimentarios existentes dentro de la Caldera de la Sierra La Primavera, en particular los estudiados en la localidad El Bajío, contienen microfósiles que sugieren una diversidad específica de un Bosque de Coníferas de clima templado, muy diferente en composición de especies a la diversidad del bosque actual.

Estos fósiles del Pleistoceno tardío se conforman por un total de sesenta y nueve elementos, la mayoría de ellos pertenecen a la Familia *Pinaceae*, género *Pinus* y comprenden un total de 6 especies: *Pinus montezumae* A. B. Lambert, *P. teocote* Schlechtendal & Chamisso, *P. leiophylla* Schlechtendal & Chamisso, *P. durangensis* Martínez, *P. douglasiana* Martínez y *P. luzmariae* Pérez de la Rosa, de las cuales solo 2 (*P. douglasiana* y *P. luzmariae*) permanecen hoy en día formando parte de la composición florística del Bosque La Primavera. El resto de las especies, se cataloga como desaparecidas de esta área.

Fósiles de *aff. Quercus* y *aff. Gramineae* también fueron encontrados. Este último es un indicador de cambio abrupto dentro del ecosistema.

Se infiere que los cambios climáticos propiciados por los periodos Glaciales e Interglaciales, así como la actividad de este complejo volcánico, influyeron sobre los rangos de tolerancia de estas especies, promoviendo la desaparición de algunas de ellas en el área.

Los fósiles se encuentran resguardados dentro del Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, en la sección de Paleobotánica. Bajo la autorización oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia delegación Jalisco.

INTRODUCCIÓN

La Paleontología es considerada como la ciencia de la vida prehistórica, de la flora y fauna en el pasado geológico. A ella concierne la sistemática, modo de vida, distribución espacial, sucesión temporal y evolución filogenética de formas de vida en su mayoría extintas y posteriormente fosilizadas; en resumen, los fósiles¹.

A través del registro paleontológico se provee información de eventos tales como el desarrollo (evolución), composición y distribución de organismos y sus comunidades, los cuales han sido influenciados por factores que promueven la aparición de nuevos fenotipos, determinando la diversidad biológica de una región². Tiene como objetivo el descubrimiento y análisis de las biotas sobre largos periodos de tiempo.

Entre sus fundadores, se encuentra el naturalista francés Georges Cuvier (1769-1832), quien dio una nueva dirección a la Paleontología, mediante la divulgación de métodos comparativos de deducción, así como el reconocimiento de que muchos fósiles no eran restos de organismos pertenecientes a especies vivas, sino de tipos similares ya extintos.

No obstante que esta ciencia progresó debido a los esfuerzos de hombres como Cuvier, los geólogos desarrollaron los principales conceptos que apoyarían la interpretación de los fenómenos que produjeron la sucesión de depósitos de roca que componen la superficie terrestre; entre ellos se encuentran Charles Lyell (1797-1875) quien propuso el termino "Pleistoceno" en 1839, así como James Hutton (1720-1797), entre otros. Referente a teorías y conceptos relacionados con los fenómenos evolutivos, se puede citar a biólogos y naturalistas, tales como Lamarck, Darwin, Wallace y Pictect, a principios y mediados del siglo XIX.

La Paleontología se considera una disciplina extremadamente compleja, que precisa de todas las Ciencias Naturales, ocupando una posición intermedia de enlace, entre las biológicas y geológicas, empleando métodos de investigación obtenidos de ambas, sin prescindir de otras que podrían parecer menos afines a ella. Cuenta con un carácter netamente histórico, ya que investiga la sucesión en el tiempo de los acontecimientos relacionados con los seres vivos, buscando sus causas y efectos ulteriores, que ocasionaron su evolución o extinción, unificando todas las ciencias de la naturaleza³.

MARCO TEÓRICO

1.1-Principios en los que se basa la investigación paleontológica.

La paleontología, como toda ciencia, cuenta con principios y leyes propias³, las cuales son citadas a continuación.

Actualismo.- El actualismo paleontológico establece que los organismos (animales o vegetales) cuyos restos hallamos fosilizados, se regían por las mismas leyes biológicas que los seres vivos actuales, tenían sus mismas necesidades en cuanto a su fisiología (respiración, nutrición, metabolismo y reproducción, entre otras) y estaban organizados en forma análoga equivalente.

Anatomía Comparada.- Permite establecer diferencias y analogías de los organismos o entre sus partes constituyentes. En general, la comparación anatómica de los fósiles con las formas vivientes o con otras también fósiles permite reconocerlos, aunque se trate de restos fragmentados. Cuando se trata de fósiles que no tiene equivalentes en la biota actual, hay que recurrir a comparaciones con otros grupos afines o análogos, hasta llegar a una interpretación adecuada, cosa que no siempre es posible.

Correlación Orgánica.- Establece la correlación existente entre los diversos órganos, piezas y estructuras que forman un ser vivo, de tal forma que un animal no sólo puede ser reconocido por cualquiera de ellas aunque esté aislada, sino que podemos inducir cómo serían las demás piezas que lo compongan en un conjunto de fósiles diversos llegando a seleccionar las piezas que correspondan a un determinado organismo.

Cronología Relativa.- La paleontología es una ciencia esencialmente "histórica" y en la interpretación de los fósiles es necesario tener en cuenta el factor "tiempo", para establecer las relaciones temporales de prioridad y secuencia.

El principio de la Cronología Relativa establece que el orden de superposición de los estratos corresponde al orden cronológico en que se depositaron: los más antiguos bajo los más modernos. De esta forma, los fósiles contenidos en un estrato son posteriores a los que se encuentran dentro del subyacente y anteriores en el tiempo a los contenidos en los estratos superpuestos a él. En ciertas cuestiones paleobiológicas, por ejemplo en Filogenia, es imprescindible establecer la sucesión cronológica de los fósiles, para deducir posteriormente sus posibles relaciones de descendencia.

1.2 Leyes Paleontológicas

I. La duración de algunas de las "especies" en las épocas geológicas ha sido limitada.

Cada grupo biológico cumple un ciclo vital, que va desde su aparición o Tipogénesis, a las fases de desarrollo, dispersión y predominio denominadas Tipostasis, continuando con una declinación o Tipólisis, hasta su extinción.

Ésta ley es importante desde dos puntos de vista: estratigráfico, ya que gracias a esto los fósiles pueden ser empleados como "característicos" de una época geológica. Paleobiológico que es la base de lo que podríamos llamar "experimental" para establecer la variación de los vegetales y animales en el tiempo, es decir su evolución.

II. Las diferencias existentes entre las faunas fósiles y los animales actuales son tanto más acusadas cuanto más antiguas sean. Hecho favorable para la teoría evolutiva, pero no puede aplicarse a todos los grupos sistemáticos, ya que aparentemente los Organismos Pancrónicos constituyen una excepción, lo que sin embargo no invalida ni desvalida el sentido evolutivo general.

III. Los animales más perfectos, de organización más compleja, son relativamente más recientes.

El desarrollo progresivo de menor a mayor complicación anatómica o de efectividad va en relación con su especial género de vida. Esto indica una progresiva complejidad de la biósfera.

IV. Desde el momento del origen de un grupo biológico hasta su extinción, éste no ha tenido interrupción en su existencia.

Las aparentes interrupciones de ciertos grupos biológicos, son siempre consecuencia de nuestra documentación paleontológica que es esencialmente incompleta.

V. Cada especie ha llegado a la existencia, coincidiendo en espacio y tiempo, con otra preexistente estrictamente próxima.

La secuencia natural de las especies por orden de afinidad, es también temporal y geográfica, habiendo tenido cada una por antetipo inmediato al suyo, otra próxima existente al tiempo mismo de su origen. Por la simple observación de las condiciones en que aparecieron los fósiles y sus asociaciones recíprocas, podemos establecer su ordenación en el tiempo y espacio.

VI. El orden de aparición de los representantes de un cierto tipo de animales, se reproduce en las fases por las que pasa el desarrollo individual de los más perfectos (y más recientes) del mismo tipo. Ley de la recapitulación, donde la Ontogenia recapitula a la Filogenia.

VII. La distribución geográfica de los grupos biológicos ha sufrido cambios en el transcurso del tiempo.

Esta ley es sin lugar a dudas la aplicada en estudios paleobiogeográficos, de las especies. Efecto ligado a la dinámica terrestre de épocas geológicas pasadas.

1.3 Tafonomía

La Tafonomía es una rama de la Paleontología que estudia la formación de los yacimientos fosilíferos. Existen factores biológicos y geológicos que contribuyen a la formación de los yacimientos o que son causa de que nunca lleguen a formarse³.

Factores Biológicos

En primer término influye la dinámica de las poblaciones y las causas que condicionan la concentración de seres vivos por razón de su alimentación, reproducción, etcetera. En segundo lugar, las causas que condicionan la acumulación de cadáveres. Existen factores biológicos negativos, como la destrucción sistemática de los restos por los organismos carroñeros o por los procesos bacterianos, sin dar lugar a la fosilización. En general, no fosilizan los animales desprovistos de partes esqueléticas duras y esto incluye a priori todas las formas larvianas y juveniles, lo que hace que ciertos grupos de fósiles sean escasos y raros.

Factores Geológicos

Para la fosilización, se requiere que los restos orgánicos se acumulen en un área de sedimentación y que ésta se realice con cierta velocidad, para que cubra los restos en corto tiempo, evitando su destrucción. Finalmente que los sedimentos sean de tal naturaleza, que permitan la conservación de dichos restos.

Entre los factores geológicos, se encuentran también los mecanismos de acarreo hidrodinámico, en los que intervienen la velocidad de la corriente de agua, los procesos de diagénesis de los sedimentos simultáneos a los de fosilización y posteriormente, los de diastrofismo tectónico y metamorfismo, que suelen destruir los fósiles.

1.4 Yacimientos Fosilíferos

En general los yacimientos pueden ser de carácter autóctono y alóctono, encontrándose asociados fósiles de animales o vegetales que vivían en el área de sedimentación con otros cuyos restos o cadáveres han venido de otros biotopos distintos, por lo que, es necesario diferenciar ambos tipos de fósiles para ciertos estudios paleobiológicos⁴. Los términos autóctono y alóctono son utilizados para describir la inferencia en el estatus de transporte de restos orgánicos⁵.

Los restos autóctonos son preservados en el sitio de la muerte de un organismo o

el sitio donde las partes fueron desechadas. Para organismos sésiles, la muerte o lugar de desecho coincide con el hábitat. Para formas móviles, usualmente es también dentro del hábitat donde suceden estos eventos⁵.

Alóctono se refiere a los restos que han sido movidos del sitio de su muerte o fuera de su hábitat natural. El termino Parautóctono puede ser usado en restos que son transportados del lugar de su muerte o sitio de desecho, pero que permanecen dentro del hábitat original⁵.

La mayoría de los yacimientos se encuentran en lugares donde las rocas que los contienen han sido expuestas de alguna manera. Con frecuencia, tales estratos expuestos son accesibles a lo largo de arroyos o ríos que han erosionado las rocas. Mostrando a aquellas que almacenan fósiles. Además de la exposición natural de estratos, las excavaciones son sitios donde es posible encontrarlos. Por ejemplo, caminos cortados, en ocasiones revelan superficies frescas con rocas no intemperizadas que contienen fósiles bien preservados. Lo mismo puede decirse de las minas. Estas excavaciones profundas revelan rocas que de otra forma serían inaccesibles. Además la mayoría de los sitios donde hay construcciones a gran escala, tales como presas, plantas hidroeléctricas, entre otros, llegan a exponer sitios de gran interés paleontológico⁴.

1.5 Etapas de Formación de un Yacimiento

La asociación de animales o vegetales, existentes en un biotopo recibe el nombre de Biocenosis, al existir esta se puede dar la acumulación y reunión de cadáveres, proceso conocido como Tanatocenosis, eliminándose a través de éste las especies raras y poco numerosas, por una simple ley estadística. La Tanatocenosis contendrá un termino medio de la Biocenosis, por lo que sólo estará representada la biota más abundante y la que se acumule por causas especiales³ (Fig. 1).

La siguiente etapa, implica el depósito de los restos en el área de sedimentación, precisándose para la mayoría un previo transporte, donde se llegan a perder muchos elementos de la Tanatocenosis: formas muy grandes o muy pequeñas, individuos muy jóvenes o muy viejos y en general los restos orgánicos que flotan en el agua y no se depositan en la misma área de sedimentación donde lo harían la mayoría de los restos, realizándose una verdadera selección hidrodinámica. De este modo se forman las Tafocenosis, donde a los elementos propios, autóctonos, se unen los procedentes del transporte hidrodinámico³.

Finalmente se da la Fosilización, en la cual se eliminan, normalmente, las formas carentes de esqueleto poco mineralizado o cartilaginoso: vegetales no muy lignificados, artrópodos de tegumentos quitinosos poco consistentes, es decir, las formas larvarias en general, conservándose tan solo los adultos cuyo esqueleto tiene mayor cantidad de minerales, quienes incluso en ocasiones llegan a

destruirse por disolución³. Suceden entonces, una serie de alteraciones seguidas al enterramiento, como lo son: compactación, rompimiento y distorsión, debido a la presión de los sedimentos superiores, así como la remineralización o el replazamiento por la percolación de minerales a través de la roca³. El replazamiento ocurre a escala microscópica, por lo que detalles del tamaño celular pueden permanecer. La longitud y el tiempo de remineralización varia con la composición y química del sedimento, 10,000 años por lo general un buen mínimo (huesos en sitios arqueológicos no son remineralizados).

Las diferentes etapas recorridas por los restos orgánicos, desde las Biocenosis hasta la asociación de fósiles u Orictocenosis en el yacimiento, supone una serie de auténticas "cribas" que dan origen a una progresiva "selección", de forma que, en el yacimiento faltarán necesariamente muchos de los elementos que formaban parte de la Biocenosis, encontrándose sólo aquellos que pudieron fosilizar y están, en cambio, asociados a elementos procedentes de otras biocenosis que en la biósfera no tuvieron ninguna relación, pero por el efecto de la selección hidrodinámica (Fig. 2) se encuentran ahora formando parte de la misma Orictocenosis³.

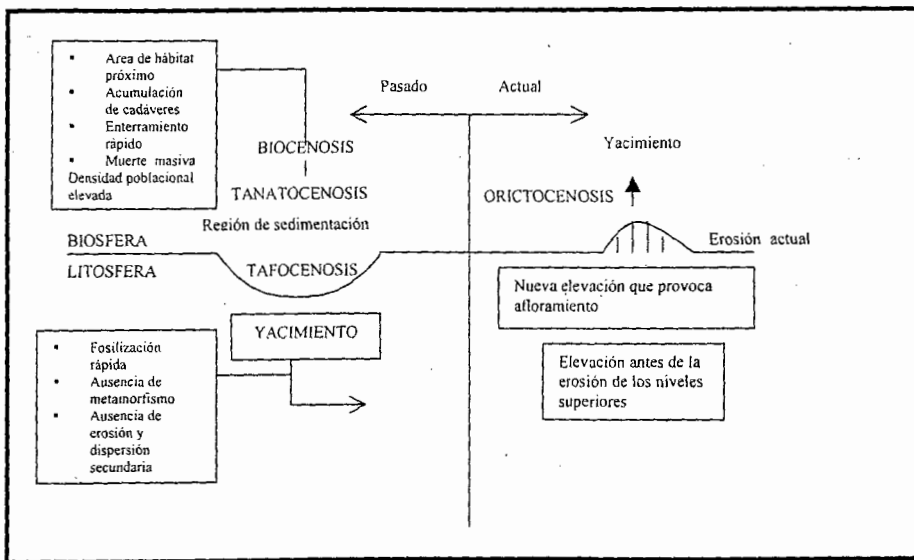


Fig. 1.- Etapas de formación de un Yacimiento³

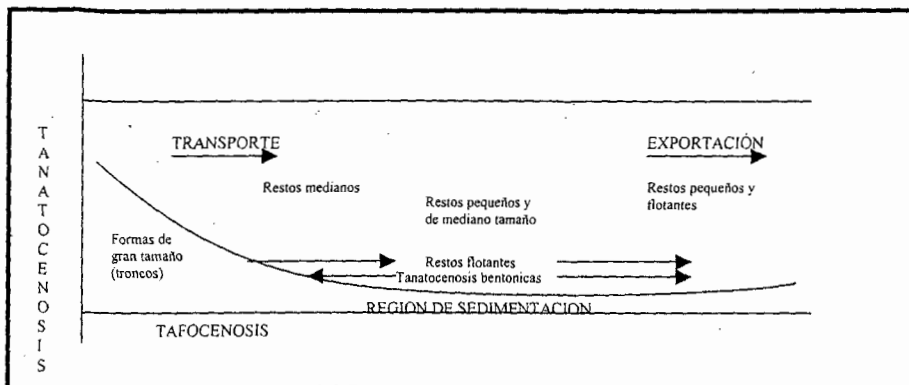


Fig. 2 - Efecto de la selección hidrodinámica entre una Tanatocenosis definida y las diferentes Tafocenosis a que puede dar lugar, según la distancia a que sean arrastrados los restos orgánicos³.

Es necesario tener siempre en cuenta que en un yacimiento de carácter alóctono, los animales o vegetales allí asociados pueden no haber formado parte de una sola biocenosis.

Las regiones que aparecen "vacías" de determinados tipos de fósiles sólo indican la falta de condiciones propicias para la formación de yacimientos, nunca demuestra que no existiesen, sino únicamente que no llegaron sus restos a las áreas de sedimentación o que no pudieron fosilizar.

Supuesto que ocurran todas las circunstancias adecuadas para que llegue a formarse un yacimiento fosilífero, este va ganando profundidad en la litósfera, por lo que no llegan a actuar sobre él los procesos de diastrofismo que le destruirán. Ahí queda, incorporado a las rocas sedimentarias, durante millones de años sometido tanto a procesos geológicos como fenómenos tectónicos, diagenéticos y metamórficos. Si todo este proceso no le ha destruido por haberse mantenido en profundidad adecuada y libre de diastrofismos demasiado intensos, entonces está en condiciones de aflorar nuevamente, como consecuencia de los procesos de erosión, que ponen al descubierto zonas de la litósfera cada vez más profundas.

Las plantas son preservadas en la corteza terrestre en una variedad de formas y tipos que involucran procesos tanto físicos como químicos al momento de su preservación. Gracias a esto, los Paleobotánicos pueden emplear diversas técnicas para extraer la mayor cantidad de información del fósil⁶.

1.6 Tipos de Fósiles Vegetales

Compresiones

Fósiles de plantas son encontrados en casi todas las regiones de la tierra, las excepciones más notables son las islas de reciente formación volcánica. Por otro lado las rocas sedimentarias terrestres, son buenas almacenadoras de éstos.

Las rocas sedimentarias son aquellas formadas por la acumulación de partículas de roca derivadas de procesos de intemperismo y abrasión mecánica. El rompimiento de rocas en pequeñas unidades también ocurre por el intemperismo químico, donde los componentes de la misma son liberados en solución para resolidificarse en otro lugar. Comúnmente, partes de plantas fosilizan en áreas donde estos sedimentos se acumulan.

Esta situación puede observarse en un delta, donde el curso de un río ha abandonado algunos canales e iniciado otros nuevos⁷; involucra un delta sin perturbaciones por algún tiempo, para que se desarrolle vegetación. Asociado al sistema deltaico están los arroyos con canales abandonados, en lugares donde una alta concentración de sedimentos pueda enterrarlos.

Como es de esperarse, los fragmentos de plantas acarreados grandes distancias tienden a ser destrozados, mientras que los depositados cerca de donde crecieron se encontrarán en mejor estado. Al acumularse los sedimentos comienzan a compactarse y los fragmentos de plantas contenidos en ellos son presionados. La estructura interna es alterada, ya que las células son aplastadas, con frecuencia esto deja como resultado una delgada película carbónica, que conforma el contorno original de la parte de la planta involucrada. Este tipo de fósil es llamado compresión y es uno de los más comunes⁷.

Si la granulometría del sedimento que enterró las plantas es grande y angular, las compresiones resultantes muestran menos detalles que si las partículas fueran lisas y pequeñas. Existe un vasto rango en cuanto a tamaño y estructura de sedimentos, dándose casos en los que partes de plantas han sido preservados en conglomerados (rocas con partículas de varios tamaños)

Las compresiones no siempre se forman en sistemas deltaicos, en márgenes de ríos; estanques, humedales y otros; en algunos casos, las compresiones son encontradas en cenizas volcánicas consolidadas. Éstos fósiles representan plantas que crecieron cerca del área de actividad volcánica (como lo es en este caso el material de estudio). Las compresiones más fáciles de estudiar son aquellas en las que el fósil, preservado como una película carbónica relativamente obscura, se encuentra sobre una matriz de color más claro⁶.



Carbón

Técnicamente, el carbón puede clasificarse como una compresión fósil. Este es una compleja mezcla heterogénea de compuestos orgánicos macromoleculares, derivados de restos vegetales⁷. El lignito representa el estado primario en la formación de carbón, con partes de plantas destrozadas pero fáciles de reconocer. La antracita es el tipo más metamorfoseado de carbón, alterado de tal forma que es difícil reconocer el material vegetal que lo conforma⁷. Los componentes del carbón pueden ser útiles para documentar el ambiente en el que se depositaron⁶.

Impresiones

Si un Paleobotánico fracciona una roca que contiene fósiles de fragmentos de plantas, a lo largo del plano de la capa puede ver partículas carbónicas. La compresión a lo largo de una cara revelará un negativo impreso de alguna parte de la planta con poco o nada de carbón adherido a esta. Este "negativo" mostrará todos los detalles superficiales de la compresión, tales como la forma de la hoja y venación, pero sin material de la planta preservado. A este tipo de fósil se le llama impresión y es análogo a lo que frecuentemente ocurre en las impresiones en el concreto de las aceras.

La impresión se forma cuando las hojas caen en el concreto fresco; cuando este endurece, se marca el contorno de la hoja que está sobre él. Eventualmente la hoja se desintegrará, pero un negativo réplica de la misma quedará en el concreto⁷.

Las impresiones de huellas de dinosaurios representan otro ejemplo de este tipo de fosilización. Cuando algunas de estas son descubiertas en el mismo punto, se puede suponer fueron realizadas por el mismo animal, llegando a clasificar en ocasiones el tipo de dinosaurio que las hizo.

A pesar de que los detalles celulares no pueden ser observados en una impresión, porque no hay materia orgánica adherida, en algunos casos, especialmente donde la matriz es extremadamente fina, una réplica de la impresión puede ser hecha con látex o algún material similar. Ésta, reproducirá sin embargo detalles de la superficie donde estaba la impresión. Examinar un fragmento de réplica en Microscopio Electrónico de Barrido puede revelar, por ejemplo, patrones epidermales, pelos, glándulas u otras estructuras superficiales con gran claridad⁷.

Moldes

En algunos casos, partes tridimensionales como tallos o semillas, son acarreados dentro de una cuenca de acumulación de sedimentos y son enterrados. Después de un tiempo, pueden preservarse como compresiones e impresiones. Sin embargo en ocasiones, el sedimento alrededor de estas partes tridimensionales de plantas endurece antes de que la planta sea "aplastada"; el sedimento

entonces forma un negativo tridimensional de ella. Si el material de la planta se desintegra, el hueco que permanece en el sedimento representa un molde. El molde puede reproducir fielmente las formas superficiales (estructura externa) de una parte de la planta, como ornamentación de semillas y frutos, sin preservar el material orgánico.

Subsecuentemente si otros sedimentos "lavan" dentro de la cavidad del molde y solidifican, crearán una réplica tridimensional positiva de la forma original de la planta. Este tipo de fósiles son importantes por mostrar la estructura de una planta en forma tridimensional⁷.

Permineralización

Con algunas pocas excepciones, ninguno de los tipos de fósiles anteriores permite un examen de la estructura interna de las plantas. La permineralización, es un importante tipo de preservación que hace posible el seccionamiento y examen de los tejidos dentro de la planta fósil⁷.

La permineralización es formada cuando una parte de la planta es inmersa en agua que contiene altas concentraciones de material disuelto. Los minerales disueltos penetran en las células y tejidos; éstos pueden ser, por ejemplo, silicatos, carbonatos y óxidos. En este estado es poco claro lo que sucede, pero algo provoca la precipitación del mineral disuelto (por ejemplo un cambio de pH) que endurece dentro del fragmento de planta como lo haría por fuera.

Cuando el material solidifica completamente, el fragmento de planta, en efecto, es sepultado dentro de una roca sólida. A pesar de que las paredes celulares siguen conteniendo materia orgánica, han sido alteradas químicamente y los espacios intercelulares son rellenados con material mineral⁷.

Material inalterado

En ocasiones, partes de plantas son encontradas como fósiles en forma inalterada. Granos de polen, esporas, diatomeas, cutículas, resinas como el ámbar y restos de cierta clase de algas, son ejemplos de fósiles inalterados⁷. Cuando las condiciones de enterramiento son rápidas y especialmente en ambientes secos y fríos, la madera puede sobrevivir por miles de años en una condición relativamente inalterada. En el caso de este material, es relativamente fácil hacer preparaciones microscópicas utilizando técnicas para maderas actuales⁷.

En algunos casos este material vegetal es preservado de forma tal, que hay una mínima alteración estructural y química. Tales restos momificados han sido descritos en depósitos del Eoceno y representan un tipo único de preservación en el que el tejido de la planta fue rápidamente deshidratado y enterrado³⁷.



1.7 Paleobotánica

BIBLIOTECA CENTRAL

El interés sobre la vida del planeta en el cual vivimos y sobre cómo en varios aspectos ha cambiado a través del tiempo geológico, llevó a dividir la ciencia de la Paleobiología en dos ramas principales: la Paleobotánica y la Paleozoología¹. Mientras algunos Paleontólogos están interesados en la historia geológica de los animales, los Paleobotánicos estudian las plantas que han habitado la tierra a través del tiempo geológico³.

En un sentido muy general, los Paleobotánicos son historiadores de plantas, a quienes concierne reunir las piezas de un complicado escenario de la historia del reino vegetal y la Paleobotánica es solamente un método por el cual tal historia puede ser reconstruida. Estudiando fósiles de plantas, es posible reconocer el tiempo en el cual varios de los principales grupos se originaron, cuando alcanzaron su máximo desarrollo y en ciertos casos, su extinción⁵.

Un aspecto muy interesante de la Paleobotánica es el constituir una disciplina que puede ser aprovechada desde dos perspectivas: La Biológica y la Geológica, cada una de ellas con sus propios enfoques y cuestionamientos, pero el tener una visión que permita la integración y síntesis de ambas es necesaria para comprender completamente un evento paleontológico⁶.

1.8 Género *Pinus*

La diversidad actual de las Gimnospermas (excluyendo a las Cicadáceas) comprende tres órdenes, ocho familias, sesenta y seis géneros y al menos quinientos sesenta especies. Tanto órdenes, como las familias, el 70 % de los géneros y el 71% de las especies, se encuentran distribuidos principalmente en el hemisferio norte¹¹.

Más de la tercera parte de las especies actuales de Gimnospermas pertenecen a las Pináceas, la familia mas grande de Coníferas modernas, la cual se divide en 10 u 11 géneros¹¹, distribuidos a lo largo de las zonas templadas del Viejo y Nuevo Mundo³¹. Más de la mitad de las Pináceas (aproximadamente el 20% de todas las Gimnospermas) se encuentran incluídas dentro del género *Pinus*; el cual contiene 111 especies¹¹; aunque existe aún desacuerdo entre los especialistas acerca de su número exacto, especialmente en México¹².

Los pinos (género *Pinus*, Familia Pinaceae) son los principales productores de madera en muchos países, así como también un recurso natural forestal. América es especialmente rica, con un total de sesenta y cinco especies; de estas, treinta y ocho se encuentran en Norte América y el norte de México. El resto pueden

localizarse en México y Centro América. Algunas de ellas se distribuyen a través de la frontera entre Estados Unidos y México. De estas cantidades se puede concluir que México es el país con más especies de pinos que ningún otro¹².

La gran diversidad de pinos en México y Centro América se debe a la migración que se ha dado a lo largo de millones de años, de los pinos provenientes de Norte América hacia el sur del continente. Durante su migración, muchos pinos diploxilón, a través de la introgresión e hibridación, desarrollaron formas, variedades, subespecies y especies que se adaptaron a diferentes condiciones ambientales de las tierras altas de México y Centro América¹⁹. Los pinos sobrevivientes, de periodos geológicos pasados, así como los cambios continentales, formaron centros secundarios de evolución de este género^{14, 15}.

Los pinares en México, como en otras partes del mundo, tienen un hábitat serrano, poblando montañas, pendientes y barrancos. Ésta topografía accidentada y la posición geográfica del país, han ofrecido una inmensidad de nichos con microclimas específicos para el desarrollo de derivados y mutantes que, recombinados naturalmente, han incrementado la diversificación de muchas especies. De estos el mayor número de taxa se encuentra distribuido en la Sierra Madre Occidental, seguido por el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental³⁵. Actualmente se encuentran en una variedad de tipos de bosques, algunas veces formando bosques monoespecíficos con arreglos de hasta siete especies de *Pinus* o mezclados con otras coníferas o especies de *Quercus*^{16, 15}.

1.9 Origen, Evolución y Biogeografía del Género *Pinus*

La expansión de las Angiospermas y la disminución en la abundancia de Gimnospermas, fue uno de los procesos fitogeográficos más importantes en la historia de la tierra. La primer Angiosperma conocida se originó en el Cretácico Inferior hace 120 millones de años atrás (ver tabla 2). Actualmente hay entre 250,000 y 300,000 especies. Las Gimnospermas surgieron mucho antes (en el Devónico Medio, hace 365 millones de años atrás), pero nunca han sido más de algunos cientos.

Evidencias de conos fosilizados muestran que los ancestros de las Pináceas, pudieron haberse desarrollado durante el Jurásico Medio, por lo que *Pinus* en sí, se desarrolló durante el Cretáceo Inferior (hace 136 millones de años). Para finales del Mesozoico, los pinos se habían diversificado en dos grandes grupos o subgéneros, representantes de estos son: *Strobus* (haploxylon) y *Pinus* (diploxylon), que sobreviven hoy en día¹¹.

En general, los eventos que influenciaron la evolución del género, entre sus orígenes en el Mesozoico y su diversidad actual no están muy claros. Los descubrimientos fósiles de las últimas dos décadas dan como resultado un registro fósil de alrededor de 25 especies de pinos, provenientes de ocho regiones del hemisferio norte.

El primer pino conocido, fue encontrado en Bélgica, proviene del Cretácico Inferior (130 millones de años atrás) y se denominada *P. belgica*. Otros fósiles de pino proceden de depósitos del Cretácico Medio al Tardío¹³.

A comienzos del Mesozoico existió una masa de tierra denominada Pangea¹³. Para el Jurásico Inferior, la parte norte de ésta, conocida como Laurasia, se separa y comienza a derivar de la parte sur del continente o Gondwana. Si bien pudo haberse encontrado mas área continental en las latitudes norte que en el presente, existe algo de evidencia en el continente circumpolar o Beringia que puede contribuir al conocimiento del origen de los pinos¹³.

Los pinos fósiles del Mesozoico se encuentran entre los 31° y 50° latitud Norte, con sólo un par de registros de altas latitudes. Sin embargo, un origen circumpolar para *Pinus* no tiene soporte, al igual que el de las latitudes medias. Las regiones del noreste de los Estados Unidos y oeste de Europa, pudieron haber estado unidas en el Mesozoico Inferior o Medio y son los candidatos actuales para el centro de origen del género. Alternativamente, la diversidad de pinos Cretácicos y de *Potyostobus* en Japón, sugieren que los pinos pueden haberse evolucionado en la parte este Asiática¹³.

Hacia finales del Cretácico, habían alcanzado las extremidades este y oeste de Laurasia y se encontraban en las latitudes medias entre tales extremos. Su distribución durante este tiempo indica que en cualquiera de las latitudes medias en que se hayan originado, su principal ruta de migración fue este y oeste, no predominantemente hacia el sur, como Mirov¹⁴ sugiere¹³.

La migración entre Norteamérica y Europa no estuvo interrumpida hasta finales del Mesozoico, cuando Laurasia comenzó a separarse en Norteamérica y Europa. Laurasia se separó primero en la parte sur y al final en el norte. Las conexiones de las altas latitudes en el Atlántico Norte se redujeron, dando lugar a mares someros que comenzaron a cubrir esta zona. Ésta región pudo proveer sólo de algunos corredores para la migración de los pinos. Existe evidencia de éstas conexiones de latitudes altas en el mar de Bering, región localizada entre Siberia y Alaska, que fue usada como corredor por flora de clima templado¹³. Las vías marinas dividieron los continentes en provincias fitogeográficas separadas, creando grandes afinidades florísticas entre el este Norteamericano y el oeste Europeo, así como entre el oeste Norteamericano con el este asiático. A pesar de que el fraccionamiento de Pangea había comenzado, los paleocontinentes permanecían relativamente poco dispersos, resultando en promedio temperaturas en latitudes altas y medias alrededor de 10-20° C más cálidas que las actuales¹³.

Grandes cambios en el clima y en la vegetación caracterizaron al Terciario. En general, el promedio de la temperatura se incrementó, al igual que la precipitación pluvial y humedad, comenzando el Paleoceno Temprano y continuando hasta el Eoceno¹⁴.

Para este tiempo, el promedio de temperaturas se había incrementado 5 -7°C más que en el Cretácico, por lo que las condiciones Tropical/Subtropical se extendieron a las latitudes medias y altas (70 80° N). Las elevadas temperaturas y la humedad, sin embargo, no persistieron establemente a través del Eoceno. Si bien el Paleoceno Tardío / Eoceno Temprano (54-52 millones de años atrás) fue el período mas húmedo y cálido, parecen haber existido otros dos períodos cálidos entre los 46-42 y 36-34 millones de años atrás, separados por intervalos muy fríos que fueron igualmente equivalentes en duración a los períodos cálidos. El promedio de temperatura anual puede haber fluctuado entre 7 -10° C durante los períodos cálidos y fríos del Eoceno¹³.

Algunas causas de estos desarrollos que climáticos han sido sugeridas incluyen los principales eventos tectónicos, cambios en el nivel del mar y circulación de los océanos, así como vulcanismo submarino. Alternamente, grandes cantidades de bióxido de carbono fueron producidas como resultado de las interacciones océano - atmosféricas, seguidas al gran impacto del meteorito en el límite Cretácico / Terciario o K/T, el cual provocó inicialmente un calentamiento por efecto invernadero¹³.

El registro de los pinos del Terciario comienza en el Eoceno; ya que pinos del Paleoceno hasta el momento no son conocidos. Los pinos del Eoceno Temprano se encuentran primeramente en depósitos de latitudes altas (65-85° N) y bajas (2°N) en Norteamérica y Eurasia. Entre las localidades de latitudes altas se encuentran Alaska Central, Islandia y Groenlandia. Las de latitudes bajas se localizan en Borneo (2°N) y San Diego California, así como las latitudes medias en Nevada (50°N), dentro de la planicie oeste de Norte América, Nuevo México, sureste de China y Japón¹³.

Sin embargo, el Eoceno Tardío marca el final del período de dispersión dentro de condiciones tropicales en latitudes medias¹³. A principios del Oligoceno, alrededor de 35 millones de años atrás, hubo un cambio dramático en la proporción de isótopos de oxígeno, indicando un rápido enfriamiento en las temperaturas oceánicas. En muchas partes del mundo, patrones climáticos complejos se presentaron y posiblemente por primera vez, grandes capas de hielo se formaron durante el Oligoceno¹³.

Las causas de los principales cambios de los marcadores climáticos a finales del Eoceno son debatidas, pero comúnmente se atribuyen a cambios geográficos en los continentes y a cambios críticos en los límites de placas asociados a tales cambios. Una línea de evidencia sugiere, que la posición cambiante de los continentes y océanos tuvo efectos directos sobre el clima del planeta conduciendo a un gran enfriamiento¹³. El vulcanismo y la orogenia en las Montañas Rocallosas, Himalayas y Cordilleras Mexicanas, crearon una diversidad climática local de gran importancia.

Entre los 40 y 37 millones de años atrás, la Antártida se separó de otros continentes del hemisferio sur y se fraccionó de Australia, alrededor de los 37 millones de años. Este fraccionamiento de continentes fue crítico para el establecimiento de las Corrientes Circumpolares del Sur, lo cual influyó directamente en el enfriamiento global, a través de la inhibición de la mezcla de los océanos tropicales cálidos y polares fríos, durante el Eoceno. Esto parece haber iniciado un cambio en la circulación de termosférica a termohalina, la cual condujo a un marcado gradiente de temperatura entre el ecuador y las altas latitudes. Otra posibilidad es, que la formación del gran levantamiento de placas en la parte sur de Asia y oeste de América propició una acelerado intemperismo químico, una disminución en el dióxido de carbono atmosférico y un efecto de invernadero frío¹³.

Este evento terminal del Eoceno / Oligoceno Temprano, estuvo marcado por una amplia disminución de tasas de Angiospermas boreotropicales en latitudes medias alrededor de todo el globo, dejando solamente remanentes en algunas áreas donde aparentemente el clima permanecía poco severo. La extinción de floras boreotropicales se reflejó en la gran expansión de los pinos y otros taxa adaptados al frío en muchas latitudes medias. La mayoría de los arreglos fósiles en sitios que contienen taxa boreotropical en horizontes del Eoceno Tardío, estuvieron dominados por taxa de coníferas de zonas frías en horizontes del Oligoceno.

El deterioro climático del Oligoceno Temprano, fue seguido por un mejoramiento y calentamiento durante el Oligoceno Tardío hacia el Mioceno; durante el cual el registro fósil indica que los pinos incrementaron su abundancia a lo largo de las latitudes medias en Norte América, Europa y Asia. Los ancestros directos de muchas especies modernas de pinos, pueden ser encontrados en restos de pinos Miocénicos. Ya que este periodo de condiciones cálidas permitió la expansión de los bosques en altas latitudes (68 – 85°N)¹³. Respecto al Plioceno, se ha encontrado material fosilizado en la Formación de Paraje Solo en Veracruz, México y otra Mio-Pliocénica de Gatún Panamá¹⁵.

En el Pleistoceno sucedieron una serie de eventos que tuvieron efectos importantes sobre la vegetación, incluyendo a los pinos. En las latitudes norte, la distribución de éstos fue desplazada por las capas de hielo¹³, en regiones montañosas las especies migraron hacia arriba o hacia abajo en elevación. A lo largo de las costas y en otras tierras bajas, las poblaciones de pinos se movieron hacia el norte y hacia el sur en respuesta a los ciclos climáticos¹³.

Estos cambios en la distribución propiciaron cambios en la estructura genética de las especies. El flujo de la expansión y contracción de poblaciones, la heterogeneidad ambiental, diversidad climática, la sombra de lluvia, efectos orográficos, la evolución de suelos, la actividad volcánica y la creación de nuevos hábitats, aunado a los cambiantes regimenes de selección, afectó la estructura de la variación genérica dentro de las especies, permitiendo a algunas de estas hibridarse¹³.

Los eventos Pleistocénicos afectaron primeramente a *Pinus* en un gradiente de norte a sur, posteriormente de sur a norte (de bajas a altas latitudes elevacionales) promovidos por el ciclo glacial y periodos interglaciales¹³.

1.10 Dispersión Preglacial y Postglacial de los Pinos en Norte América

Conforme los pinos migraron hacia el sur durante el Cretácico y el Terciario, estuvieron envueltos bajo condiciones ecológicas cambiantes, influyendo en la diversificación de tales especies en México y Centro América¹⁵.

El surgimiento del Mar Cretácico que se extendía desde el Océano Ártico al Golfo de México, dividió y aisló bosques de pino del oeste y este norteamericano^{14,15}. La mayor parte de México, el Istmo de Tehuantepec, la Península de Yucatán y Guatemala estuvieron cubiertas por este mar, por lo que, los pinos anteriormente establecidos en Los Apalaches y Planicie de Ozark se aislaron por millones de años de los pinos del oeste Americano.

Los movimientos de Tectónica de Placas en el Cretácico Tardío, formaron las montañas de la Sierra Madre Oriental, posteriormente la Faja Volcánica Transmexicana que se extiende de la costa del Pacífico a la costa del Golfo, unió a la Sierra Madre Occidental con la Sierra Madre Oriental. El Istmo de Tehuantepec y las tierras altas Guatemaltecas emergieron del mar Cretácico, abriendo una ruta para la migración de los pinos del este y oeste de Norte América a través de México hacia Centro América¹⁵.

Parece ser que los pinos migraron en México a lo largo de dos rutas: La Sierra Madre Occidental en el oeste y la Sierra Madre Oriental en el este^{14,15}.

Algunos autores han postulado que estos elementos comenzaron su migración hacia México y Centro América, promovida por las bajas temperaturas de finales del Terciario¹⁵, donde los pinos del sureste de Estados Unidos y Montañas Rocallosas estuvieron probablemente moviéndose hacia el sur.

Otros sugieren que elementos de zonas templadas del norte migraron hacia el sur rumbo a México durante los principales periodos glaciales del Pleistoceno¹⁵, cuando hubo cambios climáticos y condiciones fisiográficas que condujeron a un intercambio florístico entre el este de México y Estados Unidos¹⁵, teniendo un alto impacto en la evolución de los pinos de Norte América y agregando ímpetu en su movimiento hacia el sur.

1.11 Eemiense el último interglacial

La más reciente y gran oscilación climática sucedió hace 130 000 –140 000 (Ka) años. Ha sido objeto de gran cantidad de estudios, debido a que ofrece relativamente un detallado registro del clima del planeta, proveniente de datos de núcleos marinos y polares. A partir de ellos, se ha obtenido información suficiente para catalogar el último periodo de calentamiento denominado como Eemiense (Europa) o Sangamoniense en Norteamérica, es el último y gran interglacial²¹ (tabla 1) Se debe de considerar que el desacuerdo entre unidades bioestratigráficas que definen el último interglacial en tierra, sus supuestos equivalentes isotópicos en el océano y el concepto convencional climatoestratigráfico, debe ser tomado en cuenta si el mecanismo de grandes cambios ambientales pretende ser entendido²².

Eras Glaciales

EPOCA	10 ³ AÑOS	Europa	NORTEAMERICA	TIPO
Holoceno	10	Flandriense		Interglacial
Pleistoceno tardío		Weichseliense	Wisconsinense	Glacial
	100	Eemiense	Sangamoniense	Interglacial
Pleistoceno medio		Saaliense	Illinoiense	Glacial
	250	Holsteiniense	Yarmouthiense	Interglacial
		Elsteriense	Kansense	Glacial
	500	Cromeriense	Aftoniense	Interglacial
		Gunziense	Nebraskense	Glacial
Pleistoceno temprano		Waliense		Interglacial
	1,000	Donaense		Glacial
		Tigliense		Interglacial
	3,000			Preglacial

Tabla 1.- Eras Glaciales

El Eemiense parece haber cambiado el sistema climático de las condiciones cálidas interglaciales (similares a las de hoy en día) a frías condiciones glaciares y posteriormente a las cálidas interglaciales²¹.

La variabilidad climática sobre escalas de tiempo de decenios o cientos de años se ha tornado como un patrón predominante en la historia de la tierra. Oscilaciones climáticas a nivel global a través de las condiciones interglaciales – glaciales - interglaciales han estado ocurriendo aproximadamente con una periodicidad de 100 000 años por los últimos 900 000 años²¹.

El Eemiense se caracterizó por muchos eventos de corta duración fríos, que parecen haber durado algunos cientos de años, la magnitud del enfriamiento fue similar a la diferencia entre las condiciones glaciales e interglaciales, provocando un cambio contrastante en el clima. Además, los cambios entre estos periodos cálidos y fríos parecen ser extremadamente rápidos, con una ocurrencia de décadas o menos²¹. A su vez, durante el Eemiense, existieron repentinos eventos

cortos cálidos denominados Interestadiales, los cuales ocurrieron muchas veces durante las condiciones generalmente frías, que prevalecieron entre los últimos 110 000 y 10 000 años. La duración de cada interestadial puede ser cuantificada en los núcleos provenientes de capas anuales de nieve del Ártico o en sedimentos oceánicos.

Los núcleos de hielo y oceánicos sugieren que los Interestadiales comenzaron y terminaron súbitamente, posteriormente tomaron un ritmo de series cortas de eventos de enfriamiento, terminando con un fuerte estado frío. En núcleos de hielo de Groenlandia, se han identificado calentamientos dentro de cada interestadial, variando en duración ya sea en décadas, cientos o miles de años²¹.

El opuesto a los Interestadiales son los extremos eventos fríos conocidos como Eventos de Heinrich (H), que fueron primeramente reconocidos como periodos de gran cantidad en la presencia de hielo en el Atlántico Norte. Estos eventos ocurren a manera de retroalimentación del clima glacial y representan una breve expresión de las condiciones glaciales más extremas²¹.

El último evento de Heinrich (conocido como H1) ocurrió justamente después del Último Glacial Máximo y parece estar marcado por extrema aridez y frío, ocurridas en muchas partes del mundo alrededor de los 17 000 y 15 000 años atrás. Oscilaciones similares, pero menores en intensidad han sido registradas para el presente interglacial Holocénico, desde que comenzó hace 11 500 años. Parece ser que estos cambios eventuales continuaban sucediendo a escala global con un patrón de cada 1 500 años de eventos fríos/secos, el último que pudo haber sucedido terminó hace 350 años.

No es claro aún cómo el clima a escala regional o global puede cambiar rápidamente, parece ser que el sistema climático es un delicado balance previamente considerado, ligado a una variedad de mecanismos que pueden amplificar un pequeño cambio inicial en uno más grande²¹. Para tener un mejor panorama de los cambios climáticos más recientes, se presenta el siguiente sumario con la secuencia de eventos determinados para los últimos 130 000 años²¹:

- 150 000 años - Frías, secas, glaciación. 130 000 años - Rápido calentamiento inicia el Eemense Interglacial.
- 130 000 - 110 000 - Clima global generalmente mas cálido y húmedo que el actual, pero con progresivo enfriamiento. Posible enfriamiento global y condiciones secas (121 000 años) ?110 000 años fuerte enfriamiento.
- 105 000 - 95 000 años - El clima se calienta lentamente pero continua mas frío y seco que el presente. Fuertes fluctuaciones.

- 95 000 - 93 000 años- Otra fase de enfriamiento similar a la de hace 110 000 años.
- 93 000 - 75 000 años- Fase templada parecida a la de 105 000 - 95 000 años.
- 75 000 - 60 000 años- Enfriamiento global, frío y seco.
- 60 000 - 25 000 años- Fase intermedia, inestable con condiciones más frías y secas que las actuales.
- 25 000 - 15 000 años- Enfriamiento global, frío y seco. Este periodo incluye dos fases muy frías - Eventos de Heinrich- alrededor de los 23 000 - 21 000 y 17 000 - 14 500 años.
- 14 500 años - Rápido calentamiento y humidización de los climas en algunas áreas. Comienza una rápida deglaciación.
- 13 500 años - La mayoría de las áreas con climas húmedos y cálidos como los de hoy en día 12 800 (+/-200 años) Rápido enfriamiento y sequías en muchas áreas.
- 11 500 años (+/-200 años) Sequía y regreso repentino a condiciones cálidas y húmedas (Holoceno).
- 9 000 -8 200 años- Climas cálidos y húmedos como los de hoy en día. 8 200 años - Repentino enfriamiento y fase seca en muchas áreas.
- 8 000 - 4 500 años- Climas en alguna forma cálidos y húmedos como los de actuales. Desde 4 500 los climas son similares al presente (Excepto por un evento relativamente frío/húmedo de duración desconocida en muchas áreas hace 2 600 años.

Eras Geológicas desde el Fanerozoico (Cámbrico) al Presente

Era	Período	Epoca	Duración (millones de años)	Millones de años atrás	
CENOZOICA	Cuaternario	Holoceno		los últimos 10,000 años	
		Pleistoceno	2.4	2.5	
	Terciario	Neogeno	Plioceno	4.5	7
			Mioceno	19	26
		Paleogeno	Oligoceno	12	34
	Eoceno		16	54	
		Paleoceno	11	65	
	MESOZOICA	Cretácico		71	136
				54	190
		Jurásico		35	225
PALEOZOICA	Pérmico		55	280	
			65	245	
	Carbonífero		50	395	
			35	430	
	Devónico		70	500	
			70	570	
	Silúrico				
Ordovícico					
Cámbrico					

Tabla 2. Duración de las Eras Geológicas desde el Fanerozoico (Cámbrico) al Presente. Tomada de Elsevier Scientific Publishing Company 1997



1.12 Eventos Geológicos Relevantes al Origen de los Pinos Mexicanos.

Una característica particular de los pinos, es el ser especies arbóreas pioneras que se dispersan relativamente rápido, sobre sitios resultantes de la actividad volcánica, como los ocurridos a través de gran parte de México¹⁶.

El territorio Mexicano ha sido dividido en 11 Provincias Morfotectónicas (tabla 3) que contienen fisiografía y formas geológico-tectónicas¹⁷, suficientemente distintivas que las diferencian unas de otras. Tales provincias son: Península de Baja California, Planicies y Sierras del Noroeste, Sierra Madre Occidental (SMOc), Mesetas y Cordilleras de Chihuahua-Coahuila, Sierra Madre Oriental (SMOr), Planicie Costra del Golfo, Meseta Central, Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), Sierra Madre del Sur (SMS), Sierra Madre de Chiapas (SMCH) y la Plataforma de Yucatán¹⁸.

Las sierras de las siguientes provincias, que han tenido importancia para el origen del género *Pinus* son: La Sierra Madre Occidental y Oriental, Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir B.C.N., las de la FVTM, SMS, Sierra de San Cristóbal y SMCH¹⁹.

Sierra Madre Occidental

Esta provincia morfotectónica esta localizada en la latitud 20° 30'-31° 20'N longitud 102° 20'-109° 40'W, incluye partes los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Sinaloa, Zacatecas, Nayarit y Jalisco. Cubre un área de 289 000 km² (14.68% de México), el rango altitudinal va desde los 200 m s.n.m hasta los 3 000 m s.n.m.¹⁸

Es muy probable que la actividad volcánica del Oligo-Mioceno afectara seriamente la SMOc, incluyendo el lado central de la Meseta Central, devastando los bosques montañosos que habitaban esas zonas. Aparte de los eventos volcánicos, las inundaciones desempeñaron un papel importante en la distribución de la flora prehistórica, principalmente en la parte oriental; a finales del Permico el mar comenzó a invadir el país, alcanzando su máximo nivel hasta los comienzos del Cretácico (Comancheano). La SMOc fue cubierta parcialmente sin que sus mesetas altas fueran afectadas. Posteriormente, dicha sierra ha sido relativamente estable desde el punto de vista geológico con excepción de algunas erupciones volcánicas del Cuaternario, que han sido reportadas en Sonora y San Luis Potosí¹⁹.

Incluye cordilleras montañosas asociadas con tierras bajas del centro norte de México y su prolongación oeste hacia el área de Monterrey – Saltillo. Esta provincia se define en dos sectores, el de norte-sur (sector oriental) y el este-oeste (frecuentemente designado como transversal). El sector oriental se sitúa entre la latitud 19° 40' - 26°00' N longitud 97° 30' - 101°20' W, ésta área cubre alrededor de 77 000 km²; con 250 km. de largo y un promedio de 140 km. de ancho. Éste sector incluye parte de los siguientes estados: Norte de Querétaro e Hidalgo, este de San Luis Potosí, oeste de Tamaulipas, sur de Nuevo León, y la esquina Sureste de Coahuila¹⁸.

El sector transversal se encuentra en los 24° 30' - 26°00' latitud Norte y 100°00' - 105° 00' longitud W, cubriendo 68 000 km², con 455 km de longitud y un promedio de 120 km. de ancho. Incluye parte de los siguientes estados: sur de Coahuila, norte de Zacatecas y Durango. El área total de la provincia es alrededor de los 145 500 km² (7. 54 % del país); su rango altitudinal es de los 200 a 3,000 o mas m. s.n.m.¹⁸.

Cuando la actividad volcánica del Terciario estaba en su plenitud en la SMOc, la SMOr se formó al este de la Meseta Central, pero esta formación fue de tipo diferente a la primera. En esta última no se registro tanta actividad volcánica y sus rocas sedimentarias fueron envueltas y orientadas principalmente hacia el este, mientras que la SMOc sufrió una actividad volcánica intensa, produciendo grandes cantidades de rocas ígneas que fueron partidas y orientadas principalmente hacia el oeste¹⁹.

Un poco antes de que esto ocurriera, a finales del Cretácico se conformaron los cimientos de los picos mas altos de la SMOr, representados por el Cerro del Potosí y las Sierras de la Marta y de las Vigas¹⁹.

La SMOr fue inundada más que cualquier otra provincia del país. Primero durante el Permico y posteriormente durante el Jurásico Tardío y el Cretácico Temprano (Comancheano). Fue hasta finales del Cretácico que las aguas regresaron por completo al Golfo de México, después de haber permanecido en la SMOr por más de 60 millones de años. Es muy probable que tales inundaciones no hayan alcanzado los picos mas altos mencionados previamente, sirviendo estos como refugio para las floras. Posteriormente en el Cenozoico se presentaron varios disturbios volcánicos, primero en el Oligo-Mioceno, y posteriormente se desató otra actividad volcánica en el Mioceno que se repitió en el Plio-Cuaternario¹⁹.

En el Plioceno se levantaron montañas de norte a sur entre la SMOr y la Sierra de Tamaulipas cerca de Cd. Victoria. Sin embargo, la conformación de la SMOr incrementó desde su inicio la precipitación en el flanco oriental, creando nichos pantanosos donde se desarrollaron grandes bosques de helechos y cicadales¹⁹.

Península de Baja California

Esta localizada en el noroeste mexicano entre los 23°00'-32°30' latitud N y 109°30'-117°00' longitud W, tiene una extensión de 144 000 km² (7.34% de México). Tiene alrededor de 1 260 km. de largo y 95 km. de ancho. El lado del Pacífico en la parte sur incluye a una amplia planicie costera (<200 m s.n.m.); la mayor parte de las serranías se encuentran a una altura de menos de 1 000 m s.n.m. y solo una tercera parte se encuentra sobre este rango¹⁸.

Fue durante el Jurásico Tardío y el Cretácico Temprano (hace 150-100 millones de años aproximadamente), la península permanecía unida al continente. Aún durante el Mioceno la Isla de Cedros permanecía conectada con la Sierra de Vizcaíno, siendo hasta hace 6 millones de años que el fondo del mar se reacomodó y abrió paso al presente Golfo de Cortés, separando la Isla de Cedros y Baja California del continente¹⁹.

Es posible que esta separación consecuentemente aisló la vegetación incluyendo poblaciones del complejo *Pinus oocarpa* que se encontraba en esa región y del cual la variedad *trifoliata*, en el norte de Sonora forma un vestigio de tales poblaciones. La separación de la península del continente ha sido gradual y lenta, aún en la actualidad, la isla de Guadalupe fue creada por un levantamiento del fondo marino ocurrido hace 7 millones de años, finalmente, durante el Cuaternario se desató una actividad volcánica intensa, especialmente en la parte centro-oriental de la península que acentuó aún más el aislamiento de la vegetación mencionada de sus ancestros continentales¹⁹.

Faja Volcánica Transmexicana

La Faja Volcánica Transmexicana localizada entre los 17° 30'-20° 25' latitud N, longitud 96° 20'-105° 20' W se expande a través de todo el territorio mexicano de costa a costa e incluye secciones de los siguientes estados: parte sur de Jalisco y Nayarit, en mayor área a Michoacán, noreste de Colima, fracción oeste de Guerrero, Morelos, Distrito Federal, México, parte sur de Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, norte de Puebla y Veracruz. Cubre un área aproximada de 930 km² (9.17% de México), con rangos altitudinales de 1 000 a 5 000 m s.n.m.¹⁸.

El origen de la FVTM vino a construir una monumental presa natural que cerró el drenaje de la Meseta Central del país hacia el Océano Pacífico trayendo como consecuencia la formación de lagos y cuencas internas en la parte norte durante el periodo Terciario. Está formada principalmente por tres elementos diferentes: el graben Tepic-Chapala de origen Oligo-Mioceno, graben Colima de origen Pliocuaternario y finalmente el vulcanismo Cuaternario de Michoacán¹⁸.

La actividad volcánica del Plioceno levantó los volcanes mas altos del país en medio del enorme valle central, tales como El Popocatepetl (5 452 m s.n.m.), Nevado de Toluca (4 560 m s.n.m.) y Citlaltépetl o Pico de Orizaba (5 675 m s.n.m.) como los mas importantes¹⁹.

La formación de la Faja Volcánica Transmexicana ha desempeñado un papel importante en el proceso de especiación de los pinos mexicanos, debido a que sus eventos volcánicos crearon numerosos y variados nichos potenciales, donde las especies e híbridos de nuevo origen pudieron establecerse. Esta cadena montañosa sirvió como cuna evolutiva al encuentro de las poblaciones previamente alopatricas que están aún representadas en remanentes de centros de hibridación e introgresión en varias regiones de Tlaxcala, Puebla, México, Michoacán y Veracruz¹⁹.

Sierra Madre del Sur

Incluye el territorio sur de la Faja Volcánica Transmexicana dentro de la latitud 15°40'-19°40' N y 94° 45'- 104°40' Longitud W, excluyendo la Planicie Costera del Golfo. Comprende el Sureste de Jalisco, Colima, y sur de Michoacán y los estados de México, Morelos, Puebla, Guerrero y Oaxaca. Con un área 195 700 km² (9.93% del territorio Mexicano). Los rangos de altitud van de los 0 metros a los 3 500 m s.n.m.¹⁹.

Esta sierra constituyó los límites sureños de la gran Meseta Central. Esta es parte de las sierras norteñas, pero fue partida con el flujo volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana. Varias regiones de la Sierra Madre del Sur emergieron durante el Cretácico Medio, encontrándose largas extensiones en Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, durante el Eoceno Temprano la orogénesis Hidalgense reconstruyó casi totalmente esta sierra, al igual que las sierras de Chiapas¹⁸.

Durante el Plioceno Tardío y el Pleistoceno ocurrió un movimiento epirogénico que elevó el Istmo de Tehuantepec sobre el nivel del mar. El istmo, que colinda al norte con las montañas de Oaxaca, al este con las sierras de Chiapas y al sur y oeste con el océano Pacífico, es una depresión baja con menos de 300 m s.n.m., formada por largas planicies y algunos lomeríos pequeños. Esta depresión ha sido una barrera natural para muchas especies de pino, incluyendo varias taxa del complejo *Pinus oocarpa*, en su ruta migratoria hacia Chiapas y Centroamérica¹⁹.

Sierra Madre de Chiapas

Localizada en los 14°30'-17°40' Latitud N y 90° 30'-95°00' Longitud W, incluye el área ístmica de Oaxaca hasta Tabasco. Cubre una área de 105 400 km² (5.35% de México), de rangos altitudinales de 0 a 2,500 m s.n.m., cerca del 60% de la provincia se encuentran entre los 200 y 1 000 m s.n.m.¹⁸.

Durante tiempos del Paleozoico, la Sierra Madre de Chiapas, al igual que tierras costeras del Pacífico, se extendieron a lo largo del noroeste del país, casi conectándose con la actual Baja California¹⁹. Sin embargo, en el Mississippico, partes de las tierras altas de Chiapas, Belice y Guatemala afloraron por primera vez. Después, probablemente durante el Oligoceno, la subducción de la placa de cocos (del lado del Pacífico) sobre la porción continental originó las cadenas montañosas de Centroamérica¹⁹.

LOCALIZACIÓN DE LAS PROVINCIAS MORFOTECTÓNICAS DE MÉXICO [®]					
PROVINCIA	LOCALIZACIÓN	SUPERFICIE (KM ²) Y %	ALTITUD M S.N.M	CLIMA	FORMA
Baja California	Noroeste Mexicano 109°30'-117°00'LO 23°00'-32°30'LN	144,000 -7.34%	0-2,130 0-1,000	BWh, Bshs, Csa	Sierras y Planicies
Sierras y Planicies Del Noroeste	Noroeste Mexicano 107°00'-116°00'LO 23°00'-32°30'LN	236,800 -12.2%	0-2,200 200-1,000	BHw, BSh	Sierras y Planicies
Sierra Madre Occidental	Oeste y Noroeste Mexicano 102°20'-109°40'LO 20°30'-31°20'LN	289,000 -14.68%	200-3,000 2,000-3,000	Cfb, Aw	Sierras y Planicies
Planicie Chihuahua-Coahuila	Norte de México 101°31'-110°31'LO 26°00'-31°45'LN	255,900 -12.52%	200-3,000 800-1,200	Bshw, BWh, BSk	Sierras y Planicies
Sierra Madre Occidental	Noreste y Centro Norte de México Sector Transversal 100°00'-105°00'LO 24°30'-26°00'LN Sector Este 97°30'-101°20'LO 19°40'-26°00'LN	145,500 -7.54%	200-3,000 1,000-2,000	Sector Transversal BWh, BSk sector Este Cfa, Cwa, BSh.	Sierras
Planicie Costera Del Golfo	Este de México Sector Norte 96°30'-100°20'LO 20°00'-26°00'LN Sector Sur 91°15'-96°46'LO 17°10'-19°20'LN	170,600 -8.66%	0-200	Sector Norte Aw', Cw, Cx'w' Sector Sur Afw', Amw'	Planicie
Meseta Central	Centro de México 100°00'-104°00'LO 21°00'-24°00'LN	85,300 -4.33%	1,000-3,300 2,000-3,000	BSh	Planicie
Faja Volcánica Transmexicana	Centro de México 96°20'-105°20'LO 17°30'-20°25'LN Sector Principal 19°00'-21°00'LN	175,700 -9.17%	1,000-5,000 1,000-2,000	Aw', Cfa, Cwa, BSh, Cw, Cfb, Aw	Montañas y Planicies
Sierra Madre del Sur	Sur de México 94°45'-104°40'LO 15°40'-19°40'LN	195,700 -9.93%	0-3,500 1,200-1,800	Aw', Aw, BShw Cwa, Cfa	Sierras y Depresiones
Sierra Madre de Chiapas	Sureste Mexicano 90°30'-95°00'LO 14°30'-21°30'LN	105,400 -5.35%	0-2,500 200-1,000	Aw, Cw, Cf	Sierras, Depresiones y Planicies
Plataforma de Yucatán	Este Mexicano 87°00'-91°00'LO 17°50'-21°30'LN	1,667,600 -8.46%	0-200	Bshw, Amw	Planicies y Topografía de Karst.

Tabla 3. - Provincias Morfotectónicas de México.



2. ANTECEDENTES

2.1 Avance de la Paleontología en el Estado de Jalisco

Parte del estado de Jalisco cuenta con potencial fosilífero, localizado en su mayoría hacia el Centro-Sur, en los depósitos sedimentarios de las cuencas de los antiguos lagos de San Marcos, Zacoalco, Sayula, así como en la zona del Lago de Chapala, los cuales pertenecieron al antiguo Lago Jalisco, caracterizándose por fauna del Pleistoceno.

En tanto, la región sur que se caracteriza por su fauna marina del Cretácico (60 M. A.), comprende la Sierra de Manantlán, algunas porciones de la sierra de Tapalpa - Chiquilistlán, la Sierra del Tigre así como las calizas de Zapotiltic - Huescalapa⁸.

Las investigaciones paleontológicas realizadas en el estado han sido:

Downs, T. 1956. Fósiles de vertebrados del Lago de Chapala, Jalisco, México⁸.

Downs, T. 1958. Vertebrados fósiles del lago de Chapala, Jalisco, Mexico.⁴²

Solorzano, B. 1962. Reporte preliminar sobre el estudio de artefactos y huesos humanos fosilizados procedentes de la zona de Chapala⁸.

Clements, T. 1963. Historia del Pleistoceno del Lago Chapala, Jalisco. México⁸.

Solorzano, B. 1964. Notas de Antropología y Paleontología del valle Atotonilco-Zacoalco-Sayula.⁸

Alvarez, J. 1966. Contribución al conocimiento de los bagres fósiles de Chapala y Zacoalco, Jalisco, México⁸.

Gonzalez, Q. Et. al. ?. Estudio de una secuencia estratigráfica holocénica del lago de Chapala, México.⁸

Alvarez, 1971: Estudio sobre la variación de la figura oclusal del premolar inferior de Carpinchos fósiles de Jalisco, México⁸.

Montes, A. 1973. Estudio de una nueva especie de Pecarí fósil (*Platygonus*) del estado de Jalisco⁸.

Miller, et.al. 1975. Significancia climática y biogeográfica de la ictiofauna del lago de Chapala, Jalisco, México⁸.

Alvarez del Villar. 1975. Estudio sobre la contribución al conocimiento de los peces fósiles de Chapala y Zacoalco Alterinido cipridos⁸.

Carranza, O. 1980. Correlación Bioestratigráfica de Paleofaunas de Vertebrados de la Faja Volcánica Transmexicana”⁹.

El Gobierno del estado de Jalisco en 1980, editó una colección de tomos sobre su Historia y la Geografía, en uno de los cuales existe un apartado de Paleontología, donde se trata con detalle los fósiles encontrados en el estado⁸.

Instituto de Geología de la UNAM, 1990. Atlas de México. En el apartado de biogeografía se presenta una carta con las principales áreas fosilíferas del país⁸.

Toscano, M. 1996. El valle de Zacoalco-Sayula.⁸

Montellano-Ballesteros, M. 1997. Nueva localidad de vertebrados del Hemphilliano Tardío, en Teocaltiche, Jalisco. México.⁸

Guzmán, A.F., et. al. 1998. El paleolago de Amatitán, Jalisco: Estratigrafía, sedimentología y paleontología de la localidad tipo de *Tapatia occidentalis* (Osteichthyes:Goodeidae)⁸

Los microfósiles pueden ser encontrados en el área de Tamazula, Tuxpan, Pihuamo, Tapalpa, Manantlán y Cocula⁸.

Referente a plantas fósiles, éste trabajo forma parte del primer registro de este tipo de macrofósiles, los cuales se encuentran presentes en la Sierra La Primavera, Municipio de Zapopan.

Sobre vertebrados fósiles, existen tres zonas principales en el estado:

La Barranca del Río Santiago en la zona de la presa de Santa Rosa, reportada por Jorge Nieto, encontrándose peces de la clase Osteichthyes del orden Atheriniformes, con una edad geológica del Terciario Medio, en un ambiente sedimentario lacustre.⁸

Zona de Atotonilco – Zacoalco. En esta se han recolectado peces del orden Salmoniformes, mamíferos del la clase Mamalia del orden Marsupialia, Carnívora, Perissodactyla (caballos), Artiodactyla, Edentia, Rodentia y Lagomorpha. Clase Aves, del orden Pelecaniformes, Ciconiformes, Anseriformes, Falconiformes. Correspondiendo esta zona al Cuaternario (Pleistoceno) dándose en dos tipos de ambientes sedimentarios: Fluvial y lacustre.⁸

Chapala – Zacoalco, en esta región encontramos fósiles de la Clase Osteichthyes (peces óseos) del orden de Cypriniformes, Siluriformes y Myctophiformes. De la Clase Mamalia del Orden Marsupialia, Carnívora, Perissodactyla (caballos), Artiodactyla, Edentata, Rodentia, Correspondiendo esta zona al Cuaternario (Pleistoceno) dándose en dos tipos de ambientes sedimentarios: Fluvial y lacustre.

2.2 Las localidades fosilíferas en el estado de Jalisco por Municipio son las siguientes ⁸:

- Acatlán de Juárez
- Amatitlán
- Ameca
- Atenguillo
- Cocula
- Chapala
- El Limón
- Juchitlán
- La Barca
- Manantlán
- Mascota
- Pihuamo
- San Juan de los Lagos
- San Martín de Hidalgo
- Sayula
- Tamazula
- Tapalpa
- Tecolotlán
- Techaluta
- Teocuitatlán
- Teocaltiche
- Tonaya
- Tuxpan
- San Gabriel
- Villa Corona
- Zacoalco de Torres
- Zapopan- Sierra de la Primavera, el cual se anexa mediante el presente trabajo.

2.3 Estado Actual de las Zonas Fosilíferas

Las zonas que cuentan con riqueza fósil en el país y particularmente en Jalisco, se encuentran en un estado de descuido y abandono, lo que las convierte en zonas vulnerables a los saqueadores y comercializadores de fósiles, esto aunado al desconocimiento de su potencial científico, impiden un adecuado uso, manejo y conservación de las mismas.

Otro problema es la venta de fósiles por el comercio ambulante que se ve con regularidad en las zonas céntricas de las ciudades, por personas que los comercializan como artefactos de ornamentación, amuletos o artesanías. Los cuales carecen de valor científico al no contener información imprescindible de la localidad de la cual provienen.

2.4 Marco Legal

La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas fue emitida por decreto presidencial y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972, la cual establece que los fósiles mexicanos forman parte del patrimonio de la nación, por lo que no pueden ser objetos de comercio y deben ser protegidos y conservados. Siendo el Instituto Nacional de Antropología e Historia el competente en este ámbito¹⁰.

Esta Ley en el Capítulo III de los Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, en su Artículo 28 bis establece que: "Para los efectos de la misma y de su reglamento, las disposiciones sobre monumentos y zonas arqueológicas, serán aplicables a los vestigios o restos fósiles de seres orgánicos que habitaron el territorio nacional en épocas pretéritas y cuya investigación, conservación, restauración, recuperación o utilización, revistan interés paleontológico, circunstancia que debe conseguirse en la respectiva declaratoria que expedirá el Presidente de la República"¹⁰.

Como parte de este mismo Capítulo, el Artículo 36 determina que son monumentos históricos (Fracción IV) Las colecciones científicas y técnicas que podrán elevarse a esta categoría, mediante la declaratoria correspondiente¹⁰.

3. ZONA DE ESTUDIO

3.1 Panorama regional

La Faja Volcánica Transmexicana (FVT) cruza México a los 19° 21' latitud Norte. Comprende en su mayoría los volcanes más activos de hoy en día²³. Es la provincia fisiográfica dominante en la parte central del país, resultado de la subducción activa de la placa de cocos, constituye una faja volcánica Plio-Cuaternaria que se extiende desde San Blas Nayarit en el Pacífico, hasta Jalapa Veracruz en el límite del altiplano oriente. El sector occidental se diferencia de las demás partes del eje volcánico por sus características volcanológicas y tectónicas de una geodinámica particular²⁴ (Ver Tabla 3).

La estructura volcánica más joven en esta sección del FVT es una caldera conocida como Sierra La Primavera. Esta se localiza al oeste de Guadalajara, Jalisco, en el oeste mexicano²⁵. La caldera se distingue por tener una estructura superficial asimétrica: una depresión mayor en su mitad norte y un alto estructural en forma de boomerang hacia el sur²³.

En este lugar se ubica el bosque del mismo nombre y mas cercano a la ciudad de Guadalajara, al poniente de la misma; con una extensión territorial de 36,229 has, de las cuales 30 500 fueron decretadas en 1980 como Zona de Protección Federal y Refugio de la Fauna Silvestre.

Su ubicación geográfica corresponde a las siguientes coordenadas: longitud 103° 35' a 103° 28' y altitud entre 20° 37' y 20° 45'. El relieve presente en la serranía es de tipo irregular, por su origen y evolución, combinado con formas volcánicas, denudatorias, fluviales y tectónicas. La fisiografía se presenta con un rango altitudinal de 1 400 a 2 200 m s.n.m. Hidrográficamente, en esta zona existen manantiales de agua caliente en su mayoría, destacando el del Río Salado, con temperaturas de 70° a 80°C²⁶.

El clima característico según la de Thornthwaite es: semicalido, semihumedo con moderada deficiencia de agua invernal y con baja concentración térmica en el verano. Las características meteorológicas son: precipitación pluvial de 980 mm anuales; el 77% de las lluvias se considera de tipo erosivas. Temperatura media anual de 20.6°C, el mes mas frío es enero y el mas cálido es junio. Los vientos predominantes son del suroeste, con una fuerza máxima registrada de 53 km/h. Los días mas despejados se presentan con mas frecuencia en invierno y primavera, entre los meses de octubre a mayo²⁶.

Los suelos son de tipo Regosol, cubriendo el 92% del área, siendo derivados del intemperismo de la toba, pómez y riolita, mientras que el otro 8% restante son el resultado de procesos erosivos pasan a la categoría de litosol la cual se caracteriza por tener una profundidad efectiva máxima de 10 cm. Los suelos del área son muy susceptibles a erosionarse, por ser totalmente sueltos y con escasa capacidad para formar agregados²⁶.

Los suelos son de tipo Regosol, cubriendo el 92% del área, siendo derivados del intemperismo de la toba, pómez y riolita, mientras que el otro 8% restante son el resultado de procesos erosivos pasan a la categoría de litosol la cual se caracteriza por tener una profundidad efectiva máxima de 10 cm. Los suelos del área son muy susceptibles a erosionarse, por ser totalmente sueltos y con escasa capacidad para formar agregados²⁶.

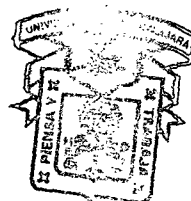
La flora del Bosque La Primavera en su inicio se podría considerar como un bosque de Pino- Encino, resultante de la aportación de especies provenientes de la Sierra Madre Occidental, pero debido al proceso de perturbación y degradación que presenta su ecosistema ha ido cambiando lo que le ha permitido que poblaciones más resistentes empiecen a proliferar. Pese a lo anterior aun se conserva gran diversidad. Hasta el momento se encuentran registradas setecientos ochenta y cuatro especies que incluyen 96 familias, siendo compuestas por 151 especies (131 gramíneas y 79 leguminosas) las mejor representadas en el estrato herbáceo y arbustivo. Como ejemplo del valor florístico de este bosque se pueden mencionar algunos ejemplares poco comunes como *Pinus luzmariae* (*P. oocarpa* var. *trifoliata*), orquídeas terrestres del género *Bletia* y algunos géneros de la familia Ericacea que han llamado la atención a nivel nacional por su rareza²⁶.

Una fuerte causa de deterioro del bosque es debido a la intensidad y frecuencia de los incendios, los cuales afectan mayormente al pino, registrándose 24% de árboles muertos por fuego o bien hasta 55 árboles adultos y 113 renuevos muertos/ha después de un suceso²⁶.

3.2 Localidad El Bajío

La localidad estudiada se ubica dentro de las coordenadas N 20° 33' 06" W 103° 36' 17", esto es en el municipio de Zapopan, Jal. Más específicamente en el cauce del arroyo Boca de la Arena, entre las elevaciones: Cerro El Chapulín, Mesa del Nejahuete, Cerro Alto y Mesa la Lobera, que forman parte de La Sierra La Primavera (Fig. 3).

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

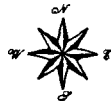


Fig. 3 Ubicación de la localidad de estudio. Se identifican las elevaciones: Cerro El Chapulín (1), Mesa del Nejahuete (2), C. Alto (3), Mesa La Lobera (4) y C. El Colli (5). El Bajo (recuadro) y La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG).

3.3 Origen Geológico

El origen geológico de la Sierra La Primavera se remonta hasta 120 000 años atrás aproximadamente, cuando ocurrió un combamiento que dejó dos zonas de fracturas arqueadas por las cuales ocurrió el ascenso y emisión de los primeros flujos de domos riolíticos que actualmente afloran en esta zona²⁷.

Poco después de su primera erupción, hace aproximadamente 95 mil años, sucedieron una serie de erupciones explosivas que dieron lugar a flujos piroclásticos que cubrieron un área estimada de 700 km²; el volumen de magma eruptado es considerado por algunos autores del orden de 20 km²^{27,28}; la violenta Bextravasación del magma propició que casi al mismo tiempo ocurriera un colapso cuyo diámetro aproximado es de 10 km. Esto creó una depresión vulcano-tectónica dando lugar a un lago, donde se depositaron los sedimentos lacustres y vulcano-sedimentarios producto de la degradación del relieve circundante, sobre los cuales fluyeron algunos derrames de lava²⁵.

Paralelamente a esto, se emitieron flujos riolíticos y pómez gigante, la cual ha sido muy útil como horizonte índice. Posterior a esta actividad, se infiere que existió un emplazamiento magmático hacia el margen S-SE de la caldera y que quizá fue el responsable del levantamiento de la parte central de la Sierra de La Primavera, originando el plegamiento de los estratos y basculamiento de algunos domos. Ésta actividad empezó hace 60 000 a 70 000 años cuando 7 km³ de magma fueron expulsados en forma de flujos y domos constituidos en su mayoría por obsidiana. Los domos más recientes son El Tajo y El Colli cuyos fechamientos obtenidos por K / Ar dan una edad de 27 000 y 30 000 años, respectivamente²⁵ (Fig. 4)

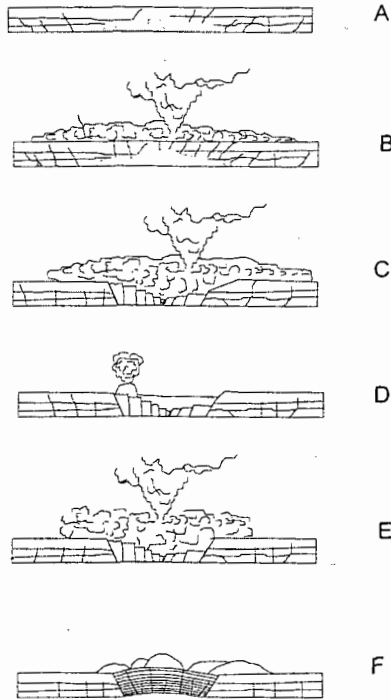


Fig. 4 Diferentes estados en la formación de la Caldera La Primavera. A) Posible sección geológica previa a la erupción paraxismal. Terreno con formas profundas. B) Emisión de la Toba Tala por las fallas existentes en la localidad. Primer depósito de este material. C) Colapsamiento post emisión de la Toba Tala. D) Formación de la caldera y emisión de algunos eventos volcánicos puntuales. Los depósitos de estos nuevos eventos se depositaron dentro de la caldera dando origen a depósitos vulcano-sedimentarios que se identifican en la secuencia estratigráfica de la figura 5. E) Un total de 15 eventos volcánicos se han determinado en la localidad de estudio los cuales incluyen flujos de ceniza, depósitos vulcano-sedimentarios, tobas de caída aérea, derrames de lava. Inicia el plegamiento de los sedimentos depositados dentro del lago intracalderico, producto del pulsamiento de la cámara magmática. Los sedimentos se encuentran plegados, fracturados y fallados. F) Estado actual de La Primavera, en la cual existen domos dentro de lo que fue la antigua caldera y en los márgenes de la misma.

4. OBJETIVOS

GENERAL:

Realizar un trabajo paleontológico sobre los fósiles de plantas en la localidad de EL Bajo, Municipio de Zapopan, Jal.

PARTICULARES:

- Describir la estratigrafía de la zona correlacionando los estratos fosilíferos con la geología del área.
- Identificar las estructuras de las especies encontradas.
- Sugerir el paleoambiente asociado a esta localidad.
- Inferir sobre el origen biogeográfico de los pinos fósiles encontrados
- Establecer que especies de los fósiles descritos se encuentran hoy en día en el Bosque La Primavera.
- Inventariar los fósiles conservados
- Iniciar la creación de una colección Paleobotánica dentro del herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Fase de Gabinete

- Análisis bibliográfico e identificación de la localidad en material cartográfico y fotografía aérea.
- Obtención de un mapa base en el cual se trabajo en campo. Para realizar la Estratigrafía y Sedimentología se obtuvo copia de un plano con curvas de nivel a cada metro donde se presentaba el arroyo Boca de la arena.

5.2 Fase de campo

- Se ubicó la localidad con un GPS (SRM, GARMIN Communication & Navigation, Johnson Instrument Co. (503) 323-6400)
- Se elaboró la secuencia estratigráfica y descripción sedimentológica de la localidad, (bajo la terminología propuesta por la American Commission on Stratigraphic Nomenclature (1978) y Geological Society of America).
- Se realizó un recorrido por todo el cauce del arroyo para identificar cada uno de los estratos, obteniendo la secuencia estratigráfica completa, aplicando la continuidad de estratos, rumbos y echados (de los estratos de principal interés), aplicación del actualismo y horizontalidad inicial, aplicación de superposición y determinación relativa de la edad del fósil. Además de obtener los datos físicos de referencia necesarios para sugerir el paleoambiente, utilizando las variables antes mencionadas.
- El rumbo y echado de un estrato geológico se midió con la ayuda de una brújula con clinómetro, el rumbo se tomó colocando uno de los lados (a lo largo de esta) de la brújula pegada al estrato, midiendo y nivelando la misma antes de tomar la medida. El echado es la medida de la inclinación del estrato que se mide con el inclinómetro y la orientación o echado siempre es perpendicular al rumbo, en el sentido que el estrato se abate. (El rumbo también conocido como dirección y del echado o buzamiento se define el primero como el punto *cardinal de la línea en la que una superficie geológica (estrato, grieta o filón) se corta con la horizontal, perpendicular a la dirección discurre la inclinación o buzamiento.*)
- Durante el recorrido se identificó cada uno de los estratos desde la capa inferior hasta la superior, obteniendo datos de Sedimentología, forma de depositación, características litológicas así como la identificación de indicadores de capa. Otros datos complementarios fueron el espesor aflorante, presencia de fallas o fracturas que sugirieran los eventos tectónicos sucedidos en el sitio.

- Fechamiento. Se propuso la edad relativa de los fósiles a través de la correlación con litología datada en el estrato basal y el superior.
- Debido al tipo de afloramiento y tafocenosis identificada se procedió a excavar en los puntos de mayor exposición y accesibilidad. Se colectó material en puntos específicos cada 5 metros en una secuencia longitudinal de exposición de 20 metros. El material aflorante se colectó a pesar de que éste no fue utilizado para taxonomía. Los sitios donde se observaba relativamente mayor abundancia se continuó excavando.
- Las muestras se fueron exponiendo gradualmente, excavando con ayuda de martillo, espátulas, cinceles, retirando sedimento a discreción.
- Al observar una muestra se procedió a recuperarla del sedimento desprendiendo éste del fósil y limpiándolo con una brocha. En algunos casos se extraía el fósil con la mayor cantidad de matriz posible, no intentando limpiarlo completamente, se envolvía en telas o periódico y una vez envuelto se colocaba en cajas para su transporte procurando que no se moviesen bruscamente y chocaran unas con otras⁴.
- Posteriormente se colocó en un contenedor numerado del fósil y del sitio, lo que se registró en una tabla como la anexa (ver tabla 3, 4 y 5). La reconstrucción del fragmento se realizó en el laboratorio.
- Las excavaciones se realizaron en diferentes días sin una secuencia cronológica, ya que se estaba sujeto a condiciones climatológicas, de accesibilidad al sitio, y disposición de vehículo para ingresar a la zona. El horario normal de trabajo se establecía de 10 de la mañana a 15 horas. Se realizó la toma de fotografías necesarias para documentar la secuencia estratigráfica y del material a extraer.

5.3 Fase de Laboratorio

- La limpieza de las muestras estuvo relacionada al tipo de matriz en la que se encontró, y el material fósil del que se tratara, siendo necesario en algunos casos el uso de herramientas especiales para cortar roca.
- Para realizar la limpieza las muestras se colocaron en un sitio fuera de la luz solar, hasta que perdieran humedad, esto con el fin de que la matriz se desprendiera más fácilmente ya que se encontraba saturada de agua. Ya secos se sumergieron en una recipiente con agua, donde comenzó a desprenderse el sedimento, de ahí se llevaron y lavaron cepillando suavemente con brochas y pinceles removiendo los excedentes de sedimentos, ya lavados se colocaron en una superficie cubierta por papel, para que este absorbiese la humedad y se dejaron hasta secar por completo, todo esto bajo luz artificial.

- Una vez secos se procedió a preservarlos, impregnándolos con una solución al 70% de laca para madera y aguarrás con ayuda de una brocha suave.
- Para lograr determinar taxonómicamente los restos de pino fósil de la localidad, se utilizaron los caracteres disponibles, fundamentados en el libro *Guía de Pinos de México y América Centra*¹² y fueron los siguientes:

Conos

Los conos (considerados solo los de semilla, no los de polen) quedan como la característica más distintiva para la identificación y clasificación, de los pinos. En ningún otro género de coníferas son tan diversos como en *Pinus*, aunque en algunas especies hay apenas diferencias.

Escamas del cono

El número de escamas del cono es frecuentemente independiente del tamaño del cono. Contando el número de escamas en una espiral de la base o del ápice y determinando el número de espirales, es por lo general bastante fácil de estimar el número de escamas. Las escamas están adheridas a un eje, en el interior es posible observar las dos marcas ligeramente coloreadas de las semillas.

La mayoría de las características se encuentran en la parte apical de la escama, consistiendo en una apófisis y un umbo. La apófisis es la parte más gruesa que se encuentra expuesta y es la única parte de la escama visible cuando el cono esta totalmente cerrado. El umbo es pequeño, en posición central o terminal y presenta el crecimiento inicial de dos fases (raro tres fases) del desarrollo de los pinos. Es la apófisis la más variable dentro o entre las especies, determinando muchos rasgos característicos del cono.

Semillas

En cada escama del cono se observan dos semillas. El ala de la semilla se desarrolla del tejido dentro de la escama del cono (o se queda rudimentaria) y es variable su adherencia a la semilla, llegando a ser articulada o áptera. Los tamaños de las semillas y de las alas están generalmente correlacionados con el tamaño de las escamas (y conos), pero las semillas sin alas son relativamente grandes en comparación con el tamaño de las escamas. En algunos casos la longitud relativa del ala de la semilla es un caracter importante. Todas las semillas aladas son ligeramente aplanadas.

Acículas

Las acículas de los pinos se desarrollan en fascículos de pequeños retoños (no son grandes solo de pocos mm) y caen envueltas juntas. Los caracteres de la vaina de los fascículos son importantes para identificar preferentemente los grupos, mas que las especies individuales, pero en combinación con otras características ellos pueden algunas veces ayudar a identificar especies también. El numero de acículas por fascículo es uno de los caracteres mas ampliamente citados y usados en los pinos; sin embargo, con algunas excepciones, este es un caracter variable. El número de acículas varia en el mismo árbol (rama) y algunas veces entre arboles de la misma especie.

El resto de los fósiles fueron clasificados en base a otras estructuras propias de su género o especie.

- Ya clasificados, fueron etiquetados individualmente con una clave progresiva de identificación, posteriormente colocados en cajas también numeradas. En las instalaciones del herbario se sometieron a refrigeración seca con el fin de eliminar posibles larvas o parásitos y así ser transportados a la sala de colecciones.

- Los fósiles se colocaron en un apartado especial dentro del Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara. En dicho sitio, se tendrá acceso a los mismos bajo autorización oficial Director del Instituto de Botánica o responsable del herbario.



BIBLIOTECA CENTRAL

6.1 Fase de Campo

Dentro de la fase de campo se realizó el levantamiento estratigráfico y sedimentológico, así como la colecta y la obtención de datos anexos. Se incluyó una visita a algunas de las localidades donde actualmente habitan las especies descritas.

6.1.1 Características Sedimentológicas y Estratigráficas de la Localidad "El Bajío"

▪ Toba Tala

N 20° 41' 37" W 103° 28' 53". Toba de flujo, K/Ar 120 000 Ma³⁰, de 7 cm a unos cuantos milímetros de dimensión. Se encuentran intercalados fragmentos de obsidiana e ignimbritas, el espesor de la capa es de 20 metros.

De las unidades emitidas en esta sierra, la denominada Toba Tala es la roca más representativa del evento que dio lugar a la formación de la caldera. Con la rápida expulsión del material piroclástico que originó la Toba Tala, se creó un vacío en la parte superior de la cámara magmática, lo que ocasionó que las rocas sobreyacentes se asentaran por gravedad. La expresión superficial de este evento son una serie de fallas y fracturas semicirculares que limitan la caldera. Esta unidad esta caracterizada por su alta permeabilidad³⁰

▪ Pómez Gigantes

Líticos semiangulosos porosos de color gris claro, en matriz fina. Rumbo y echado N10° W 22' N E , 95 000 K/Ar.. La unidad más distintiva en la sucesión es la cama de pómez gigantes que varía de 1.5 a 15 m de grosor y puede ser localizada prácticamente sobre toda el área del lago³⁴.

Los bloques tienen dimensiones que van de los 0.2 a los 8.5 metros de diámetro. Sus formas son ovalado esferoidal. Se sugiere que provienen a través de extrusiones de lava en el fondo del lago. Es común que el caparazón de las extrusiones de lava silícica fueran pumiciticas, esto sugiere que los bloques de pómez se separaron del caparazón y flotaron en la superficie del lago. Las pequeñas pómez se saturaron y se hundieron, dejando las más grandes en la superficie. Estas se distribuyeron uniformemente sobre el toda la superficie del lago. Eventualmente estas pómez gigantes se saturaron y hundieron.

▪ Bloques de Pómez Angulosas

Bloques de pómez angulosas en matriz granular gris oscuro, se encuentran líticos desde unos cuantos milímetros hasta 30 cm. Su espesor aflorante es de 0.50 m, estrato grueso.

- Tobas de Caída Aérea

Líticos de un centímetro de diámetro aproximadamente, angulosos, gris claro, poca compactación, 0.50 m de exposición, estrato grueso.

- Paleosuelo

Estrato con horizontes bien definidos, cada uno de ellos con un contenido de arenas y arcillas variable así como coloración en gamas del rojizo - café y negro. Hay presencia de materia orgánica abundante en el horizonte superior. El rumbo y echado es N 42°W 13° SE. Su espesor aflorante es 0.50 m, estrato grueso.

- Toba de Caída Aérea

Líticos de alrededor de un centímetro de diámetro, no mayor de 4 cm, angulosas, gris claro, poca compactación 2.50 m de exposición, estrato muy grueso. Las tobas de caída aérea tienen un gran potencial como marcadores de horizontes, para correlación estratigráfica, dentro de la Sierra La Primavera, ya que cubren topográficamente vastas áreas. Son producto de las erupciones explosivas del Volcán La Primavera, que lanzo al aire este material ²⁵.

- Sedimentos Lacustres con Fósiles

Sedimentos vulcano-lacustres de cenizas vítreas, color negro, gris oscuro cuando está seco, contienen fragmentos inmaduros de coníferas fosilizados: conos, acículas, fascículos y ramas. Se observa transportación hídrica por medio de selección hidrodinámica de dichas muestras. Predominan fósiles de la especie *Pinus* aff. *teocote*. Contiene además, fragmentos de pómez subredondeadas de dimensión no mayor a 15 cm. Espesor aflorante 2 metros, característico de un estrato muy grueso. Rumbo y echado: N 34° W 10° 30' SE.

- Tobas de Caída Aérea

Líticos de un centímetro de diámetro aproximadamente, no mayor de 3 cm, angulosas, gris claro, poca compactación 1.3 m de exposición. Estrato uniforme, muy grueso.

- Sedimentos Lacustres con fósiles

N 20° 41', W 103° 28'. Sedimentos vulcanolacustres de cenizas vítreas, color negro, gris oscuro cuando seco, contiene fragmentos de coníferas fosilizados: conos, acículas, fascículos, y ramas. A diferencia del estrato anterior, estos presentan un desarrollo mayor, encontrando en este la presencia de conos con semillas. Las especies determinadas taxonómicamente son: *Pinus luzmariae*, *P. aff. teocote*, *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. durangensis* y *P. douglasiana*. Estos elementos estuvieron sujetos igual que el anterior, a la transportación hídrica, sometiéndose a una selección hidrodinámica de los mismos (fig. 2). Se presentan fragmentos de pómez subredondeadas de dimensión no mayor a 20 cm. Estrato muy grueso, espesor aflorante 1.5 metros,. Rumbo y echado: N 40° W 7° 20' SE.



▪ Tobas de Caída Aérea

Líticos de un centímetro de diámetro no mayor de 3 cm, angulosas, gris claro, poca compactación, estrato grueso y uniforme de 0.90 m de exposición.

▪ Estrato Fosilífero *aff. Gramíneas*

Matriz granulosa, mínima cantidad de arcillas, coloración gris, se encuentran hojas de gramíneas de tonalidad café en un estado casi natural, muy frágiles. Taxonómicamente, hasta el momento, no han sido determinadas con certeza. Espesor aflorante 0.60 m, estrato grueso.

▪ Tobas de Caída Aérea

Líticos de un centímetro de diámetro no mayor de 3 cm, angulosos, gris claro, poca compactación, 0.50 m de exposición. Estrato uniforme grueso.

▪ Aluvión

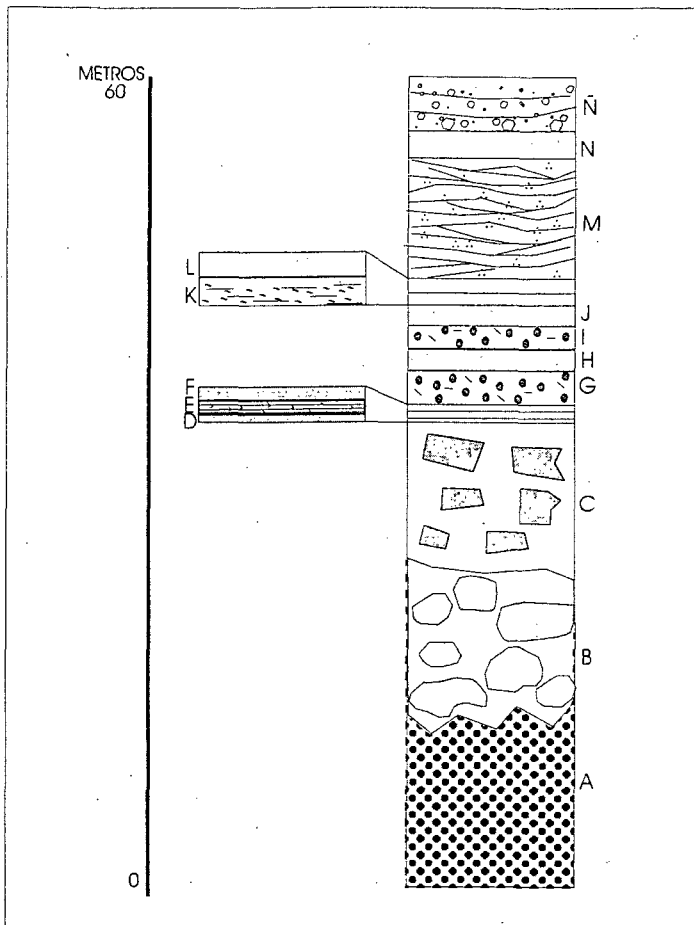
Depósitos de grosor variable, que comprenden un amplio espectro de sedimentos generados por actividades erosivas de los arroyos y procesos de flujos gravitacionales. Se identifican depósitos lenticulares en sección cruzada²⁹. Presenta una amplia variedad de clastos de dimensiones pequeñas, coloración variada estratificación cruzada, espesor del estrato, muy grueso, aflorante 9 metros.

▪ Tobas de Caída Aérea

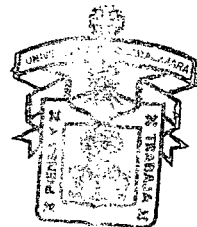
Líticos de un centímetro de diámetro no mayor de 3 cm, angulosas, gris claro, poca compactación, 2 m de exposición. Estrato uniforme grueso.

▪ Conglomerado

Producto del rompimiento de rocas a través de procesos de intemperismo, erosión y transporte de sedimentos²⁹, su granulometría es variable al igual que la coloración, se encuentran redondeados, el espesor aflorante es de 4 metros.



CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

Fig. 5- Secuencia Estratigráfica de la Localidad El Bajío

A- Toba Tala, B- Pómez gigante, C- Pómez angulosas, D- Tobas de caída aérea, E- Paleosuelo, F- Tobas de caída aérea, G- Sedimentos con fósiles de coníferas, H- Tobas de caída aérea, I- Sedimentos con fósiles de coníferas, J- Tobas de caída aérea, K- Fósiles de Gramíneas, L- Tobas de caída aérea, M- Aluvión, N- Tobas de caída aérea, N'- Conglomerado.

6.2 Fase de Laboratorio

6.2.1 Taxonomía de los Fósiles de la Localidad El Bajío.

La mayoría de los pinos son a primera vista muy similares y una diversidad de caracteres por los cuales pueden ser distinguidos son extremadamente variables. Esta dificultad hace ciertas identificaciones problemáticas; esto significa que pocos pinos, pueden ser identificados por un simple carácter. Una combinación de caracteres, únicamente sirven juntos para una sola especie, los cuales tienden a ser evaluados en orden para poderlos identificar con certeza¹².

Como resultado de la determinación taxonómica realizada a los fósiles, se obtuvieron un total de seis especies pertenecientes al género *Pinus*, Familia Pinaceae, las cuales son:

- Pinus montezumae* A. B. Lambert
- Pinus teocote* Schlechtendal & Chamisso
- Pinus leiophylla* Schlechtendal & Chamisso
- Pinus durangensis* Martínez
- Pinus douglaciana* Martínez
- Pinus luzmariae* Pérez de la Rosa

El resto del material encontrado hasta el momento se puede identificar como una herbácea, posiblemente *aff. Gramineae*. Igualmente se cuenta con un fragmento de hoja e impresión, de lo que se identifica como *aff. Quercus laeta*. Este material es necesario que sea analizado más a fondo por especialistas. Otra razón que no favoreció su determinación taxonómica es el estado en que se encuentran tales elementos.

Mediante el apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo, a través de la colaboración de la Biol. Mónica Ayala, se realizara un análisis palinológico de uno de los estratos, para obtener una descripción de la Palinoflora. Esto permitirá en un trabajo posterior el conocimiento de otras especies vegetales asociadas, cuyos microfósiles no se encuentran presentes.

TABLA DE REGISTRO 001IBUGPBBJ					
Localidad: El Bajo, Sierra la Primavera, Jalisco.					
Coordenadas: N 20° 33' 06" W 103° 36' 17"					
Formación:					
Tipo de Ambiente: Vulcanosedimentario					
Estado del Fósil: Natural					
Fecha: 1997-1998					
Edad Geológica: Pleistoceno Tardío, edad relativa mayor a +/- 27 000 K/Ar <120 000 k/Ar.					
Coordinador del trabajo: N. Amezcua					
Anexos: Secuencia estratigráfica.					
No. Especimen IBUG	Familia	Género/Especie	Identificado por	Tipo de Fósil	Observaciones
PBBJ001	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono en matriz	Con acículas
PBBJ002	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Acícula en matriz	
PBBJ003	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Acícula en matriz	Molde
PBBJ004	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ005	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	N. Amezcua	Cono	
PBBJ006	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ007	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ008	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ009	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ010	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	N. Amezcua	Cono	
PBBJ011	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	N. Amezcua	Cono	
PBBJ012	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ013	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ014	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ015	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ016	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ017	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Ramilla	
PBBJ018	Pinaceae	<i>Pinus aff. Teocote</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ019	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ020	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ021	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	J. Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ022	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	N. Amezcua	Cono	Sin pedúnculo
PBBJ023	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	N. Amezcua	Cono	

Tabla 4. Especies Determinadas en los sedimentos Vulcano-sedimentarios de la localidad El Bajo.

TABLA DE REGISTRO		002IBUGPBBJ			
Localidad: El Bajío, Sierra la Primavera, Jalisco.					
Coordenadas: N 20° 33' 06" W 103° 36' 17"					
Formación:					
Tipo de Ambiente: Vulcanosedimentario					
Estado del Fósil: Natural					
Fecha: 1997-1998					
Edad Geológica: Pleistoceno Tardío, edad relativa > 27,000 K/Ar <120,000 K/Ar.					
Coordinador del trabajo: N. Amezcua, J. Cortez, R. Maciel.					
Anexos: Secuencia estratigráfica.					
No. de Especimen IBUG	Familia	Género/Especie	Identificado por	Tipo de Fósil	Observaciones
PBBJ024	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	J.Perez de la Rosa	Cono	
PBBJ025	Pinaceae	<i>Pinus luzmariare</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ026	Pinaceae	<i>Pinus luzmariare</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Oradación por plaga
PBBJ027	Pinaceae	<i>Pinus luzmariare</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ028	Pinaceae	<i>Pinus luzmariare</i>	N.Amezcuca	Cono	Comprimido
PBBJ029	Pinaceae	<i>Pinus luzmariare</i>	J.Pérez de la Rosa	Fragmento de cono	Cono incompleto
PBBJ030	Pinaceae	<i>Pinus luzmariare</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Cono inmaduro
PBBJ031	Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ032	Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	J.Pérez de la Rosa	Molde	Molde PBBJ033
PBBJ033	Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	N. Amezcua	Cono	Fragmento de cono
PBBJ034	Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	N. Amezcua	Cono	Cono incompleto
PBBJ035	Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Cono incompleto
PBBJ036	Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Cono incompleto
PBBJ037	Pinaceae	<i>Pinus aff. douglasiana</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Semi completo
PBBJ038	Pinaceae	<i>Pinus aff. douglasiana</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Semi completo
PBBJ039	Pinaceae	<i>Pinus aff. douglasiana</i>	N.Amezcuca	Cono	Semi completo
PBBJ040	Pinaceae	<i>Pinus aff. douglasiana</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Incompleto
PBBJ041	Pinaceae	<i>Pinus aff. douglasiana</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Incompleto
PBBJ042	Pinaceae	<i>Pinus aff. douglasiana</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Incompleto
PBBJ043	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	
PBBJ044	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	N.Amezcuca	Cono	Semilla en la parte post.
PBBJ045	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	J.Pérez de la Rosa	Cono	Cono incompleto
PBBJ046	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	N.Amezcuca	Cono	Incompleto con ápice

Tabla 5. Especies Determinadas en los sedimentos Vulcano-sedimentarios de la localidad El Bajío

TABLA DE REGISTRO		003IBUGPBBJ			
Localidad: El Bajo, Sierra la Primavera, Jalisco.					
Coordenadas: N 20° 33' 06" W 103° 36' 17"					
Formación:					
Tipo de Ambiente: Vulcanosedimentario					
Fecha: 1997-1998					
Edad Geológica: Pleistoceno Tardío, edad relativa >27 000 años < 120 000 K/Ar.					
Coordinador del trabajo: N. Amezcua, J. Cortez, R. Maciel.					
Anexos: Secuencia estratigráfica.					
No. Especimen IBUG	Familia	Género/Especie	Identificado por	Muestra	Observaciones
PBBJ047	Pinaceae	Pinus montezumae	J. Pérez de la Rosa	Cono	Fragmento de cono
PBBJ048	Pinaceae	Pinus montezumae	J. Pérez de la Rosa	Cono	Fragmento con base
PBBJ049	Pinaceae	Pinus montezumae	J. Pérez de la Rosa	Cono	Fragmento de cono
PBBJ050	Pinaceae	Pinus montezumae	J. Pérez de la Rosa	Cono	Fragmento con ápice
PBBJ051	Fagaceae	Quecus laeta	N. Amezcua	Hoja	Fragmento e impresión
PBBJ052	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Molde de cono	Presencia de pedúnculo
PBBJ053	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Molde de cono	Fragmento de cono
PBBJ054 A/B	No determinado			Molde y fragmento de hoja	Molde de acícula (B)
PBBJ055-A y A'	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Ala de semilla	Fragmento de ala (A')
PBBJ056	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Molde de ala de Semilla	Complemento PBBJ055-A
PBBJ057	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Ramilla de crecimiento	Muestra dif. Etapas de des.
PBBJ058	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ059	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ060	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ061	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ062	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ063	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ064	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ065	Pinaceae		N. Amezcua		No determinado
PBBJ066	Pinaceae	Pinus	N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ067	Pinaceae		N. Amezcua	Cono	No determinado
PBBJ068	No determinado				No determinado
PBBJ069	aff. Graminaeae		N. Amezcua	Hojas	No det. a nivel de género

Tabla 6. Especies Determinadas en los sedimentos Vulcano-sedimentarios de la localidad El Bajo

6.2.1.1 Descripción Particular de Cada Especie

Pinus montezumae

Pinus montezumae A.B. Lambert var. *montezumae*

Sinónimos: *P. montezumae* var. *lindleyi* J.C. Loudon *P. montezumae* var. *mazambrana* Carvajal

Nombres comunes: Ocote, Ocote blanco, Pino de Montezuma, Pino real.

Hábito de crecimiento del tronco: Árbol de tronco recto, de hasta 20 - 30 m de alto y 100 cm de d.a.p., frecuentemente con ramas persistentes.

Corteza: gruesa en el tronco, escamosa rompiéndose en numerosas placas pequeñas e irregulares, divididas por fisuras poco profundas, de color café oscuro a gris - negruzco.

Ramillas: de delgadas a gruesas, rugosas con las bases de las hojas (de los fascículos) persistentes, de color café, brotes nuevos, ocasionalmente glaucos; fascículos extendidos, o un poco flácidos, persistiendo de 2-3 años.

Acículas: en fascículos de (4-) 5 raro 3 o 6 las vainas de los fascículos de (20-) 25-35 mm de longitud y 1,5-2,5 mm de ancho, acículas de (15-) 20-35 (-40) cm de longitud y 1,0-1,3 mm de ancho, rectas laxas o más rígidas.

Conos: solitarios o en verticilios de 3-6 con pedúnculos cortos y sólidos, dejando algunas escamas basales cuando caen, de 8-20 x 5-10 cm cuando abren, variables, generalmente dos veces mas largos que anchos, curvados.

Escamas del cono: por lo general de 175-250, abriendo gradualmente, delgadas a gruesas, lignificadas y rígidas, apófisis levantadas, especialmente en las escamas basales, transversalmente aquilladas, umbo variable sin espina.

Semillas: 5-7 x 4-5 mm, con ala articulada de 18-28 x 7-12 mm, el ala y la semilla son de color café, claro con manchas más oscuras.

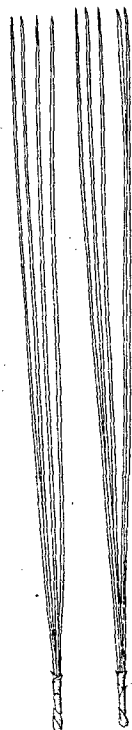
Hábitat: montañoso hasta de altas montañas en pinares y bosques de pino-encino; este pino es mas abundante en zonas de clima templado cálido.

Distribución: MÉXICO: en Nuevo León, suroeste de Tamaulipas, Nayarit, sur de Zacatecas, Jalisco, Michoacán, México, D.F., Querétaro, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Puebla, centro de Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; GUATEMALA: tierras altas.

Altitud: (1200-)200-3200(-3500) m s.n.m.

Especies, subespecies o variedades afines: *Pinus montezumae* y *P. devoniana*, están separadas principalmente por caracteres continuos como el tamaño de las acículas y del cono. Hay muchos árboles que tienen acículas y/o conos "intermedios". Una variedad de: *P. montezumae* var. *gordoniana* (G. Gordon) Silba, tiene las hojas delgadas y laxas de 0.8 -1.0 mm de ancho y conos oblongos, apófisis planas y con frecuencia suaves.

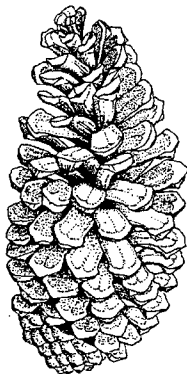
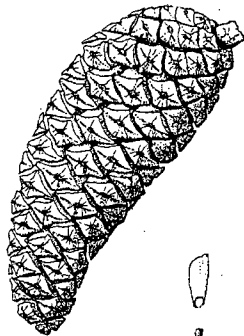
Pinus montezumae A.B. Lambert var. *montezumae*



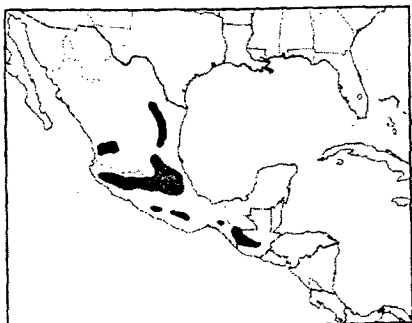
Primary wood



2 cm



Distribución actual



Fósil



Pinus teocote

***Pinus teocote* Schlectendal & Chamisso**

Sinónimos: *P. teocote* var *macrocarpa* G.R. Shaw

Nombres comunes: Ocote, Pino chino, Pino colorado, Pino rosillo, Pino real.

Hábito de crecimiento del tronco: Árbol de tronco recto y copa amplia, algunas veces bifurcado, de hasta 20-25 m de alto y 75 cm de d.a.p.

Corteza: gruesa en el tronco, escamosa, con placas longitudinales, fisuras anchas y profundas, por dentro de color café rojizo y por fuera de color café grisáceo.

Ramillas: delgadas, escamosas curvadas hacia arriba, con las bases de las hojas (de los fascículos) prominentes, de color café anaranjado; fascículos extendidos que persisten durante 2-3 años.

Acículas: en fascículos de 3(2-5), de (7-)10-15(-18) cm de longitud y 1-1.4 mm de ancho rectas o ligeramente curvadas hacia el ápice de la ramilla, rígidas, de color verde oscuro o verde brillante. Las vainas se acortan con la edad notoriamente.

Conos: en pares, algunas veces de 1-3, en pedúnculos cortos y curvos que caen con los conos, los cuales son ovoides y ligeramente asimétricos, persistentes por varios años, de (3-)4-6(-7) x 2.5-5 cm cuando abren.

Escamas del cono: 60-100, abriendo pronto, gruesas y lignificadas, rígidas, apófisis plana a ligeramente levantada, de color café claro, con el umbo más oscuro que la apófisis, plano y obtuso.

Semillas: 3-5 mm de longitud, de color gris café oscuro, con ala articulada de color más claro, translúcida, de 12-18 x 6-8.

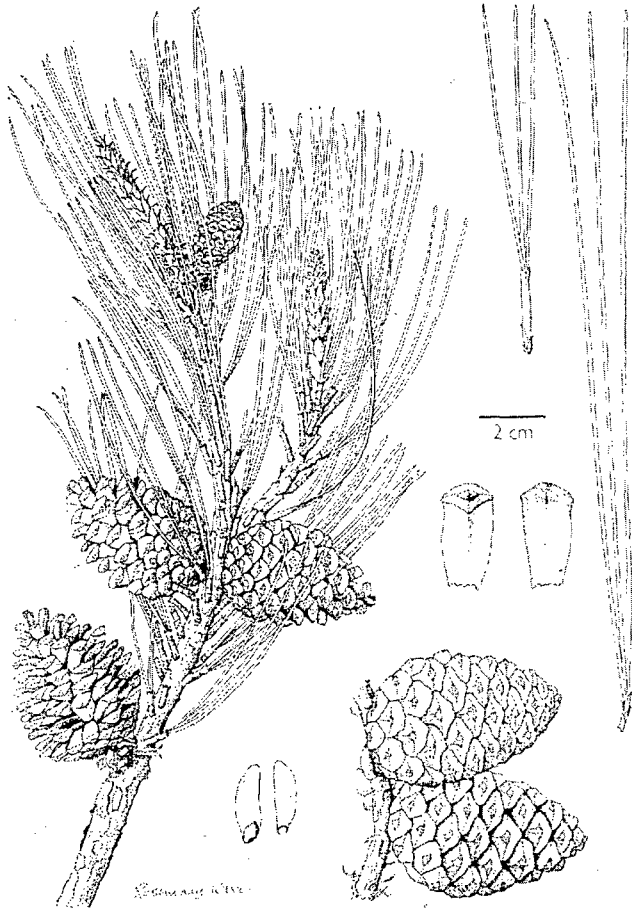
Hábitat: en pinares o en bosques de pino encino relativamente abiertos, frecuentemente en cordilleras secas y rocosas. Esta especie también se le encuentra mezclada en los bosques de latifoliadas hacia el límite sur de su distribución, en las áreas con suelos poco profundos y ocasionalmente calcáreos.

Distribución: MÉXICO: es de distribución amplia, mas abundante en la región central de México, rara y muy dispersa en la Sierra Madre Occidental. Reportada para Guatemala pero en investigaciones recientes no ha sido posible confirmar esto.

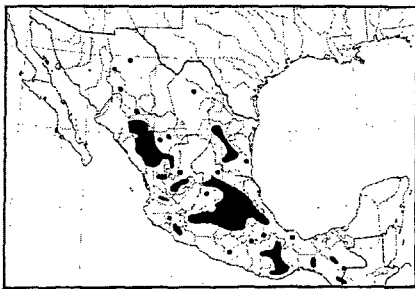
Altitud: (100-1500-3000(-3300) m s.n.m.

Especies similares o afines: *Pinus pringlei*, tiene las ramillas mas gruesas y las acículas más grandes, los conos son frecuentemente más grandes y oblongos cuando están cerrados. *Pinus lawsonii*, tiene escamas con umbos prominentes. *Pinus durangensis*, generalmente tiene 5 o más acículas por fascículo y las escamas poseen un umbo prominente.

Pinus teocote Schlectendal & Chamisso



Distribución actual



Fósil



Pinus leiophylla

Pinus leiophylla Schlectendal & Chamisso

Nombres comunes: Ocote, Pino chino, Pino prieto (incluyendo la var. *chihuahuana*)

Hábito de crecimiento del tronco: árbol de tronco recto y con copa generalmente estrecha, de hasta 20-30 cm de altura y 50-85 cm de d.a.p.

Corteza: muy gruesa en el tronco, escamosa, con placas irregulares pero alargadas y fisuras muy profundas, de color gris café oscuro.

Ramillas: delgadas, frágiles y escamosas, de color café rojizo, algunas veces glaucas, pronto de color gris café, fascículos flácidos o extendidos, persisten por 2-3 años.

Acículas: de color verde grisáceo (de color verde en la cara abaxial y de color grisáceo en las caras adaxiales) en fascículos de (4-) 5 (-6), 4 mas frecuente que 6, de (6-) 8-15(-17) cm de longitud y 0.5-0.9 mm de ancho, laxas, algunas veces mas rígidas; las escamas de la vaina caen al alcanzar las acículas el tamaño definitivo.

Conos: solitarios o en verticilos de 2-5, madurando en tres estaciones (por lo tanto es posible observar con frecuencia conos de tres distintas edades en el mismo árbol), simétricos ovoides (4-95-7(-8) x (3-) 4 - 5.5 mm cuando estén abiertos, frecuentemente pedunculados y persistentes.

Escamas del cono: 50-70 abriendo pronto, apófisis con una sección distinta al producto de la segunda estación de crecimiento alrededor del umbo de color claro la semilla.

Semillas: 3-4(5) mm de longitud, con ala articulada de 10 a 18 x 4-8mm de color mas claro que la semilla.

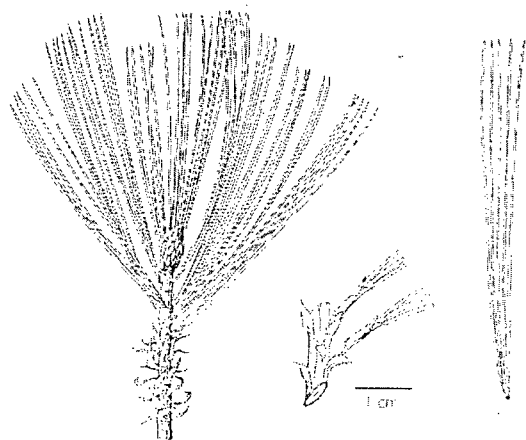
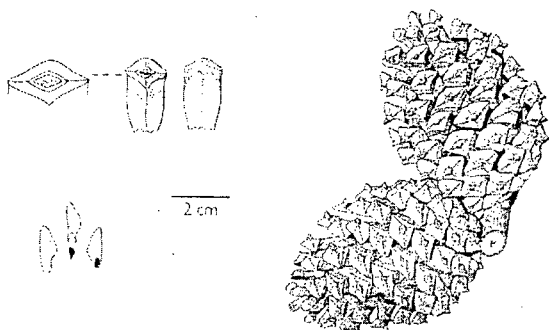
Hábitat: pinares y bosques de pino-encino de montaña a alta montaña, generalmente en suelos profundos y bien drenados, esta especie es un constituyente común de ambos tipos de bosques.

Distribución: MÉXICO: noreste de Sonora, oeste de Chihuahua, Durango, Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, México, D.F., Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Guerrero y Oaxaca.

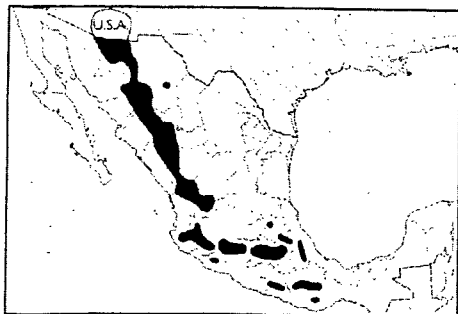
Altitud: (1500-) 1900 -2900(-3300) m s.n.m.

Especies, subespecies o variedades afines: en el norte *P. leiophylla* var. *leiophylla* es gradualmente remplazada por *P. leiophylla* var. *chihuahuana* (Engelmann) Shaw (sin. *P. chihuahuana*, aunque la variedad *leiophylla* alcanza el noreste de Sonora. La variedad *chihuahuana* suele ser un árbol mas pequeño debido a las condiciones del suelo y clima, siendo las diferencias solamente lo corto, grueso y rígido de las hojas (4-) 6-12(-14) cm x 0.9-1.3(-15) mm en fascículos de (2-)3(-4), raro 5.

Pinus leiophylla Schlecttendal & Chamisso



Distribución Actual



Fósil



Pinus durangensis

***Pinus durangensis* Martínez**

Nombres comunes: Ocote, Pino blanco, Pino real

Hábito de crecimiento del tronco: árbol de tronco recto, de hasta 35-40 m de alto y 80 -100 cm de d.a.p.

Corteza: gruesa en el tronco, escamosa, rompiéndose en grandes, irregulares y alargadas placas y fisuras poco profundas, de color café volviéndose gris oscuro con el tiempo.

Ramillas: rugosas con las bases de las escamas de las hojas (de los fascículos) persistentes, de color café anaranjado o café rojizo, generalmente glaucas, fascículos extendidos o flácidos, persistiendo por 2-2.5 años.

Acículas: en fascículo de (4-) 5-6 (-7 raro8), de 14-24 cm de longitud y 0.7-101 mm de ancho, rectas o ligeramente curvadas, laxas o algo rígidas.

Conos: solitarios o en verticilos de 2-4, con pedúnculos cortos, caen solo después de varios años, de 5-9(-11) x 4-6(-7) cm, ovoides con la base redondeada cuando están completamente abiertos, de color amarillento o café.

Escamas del cono: 90-120, gruesas y lignificadas, abriendo en forma gradual; apófisis desde plana hasta levantada, transversalmente aquillada, umbo levantado, poco curvado, con una pequeña espina.

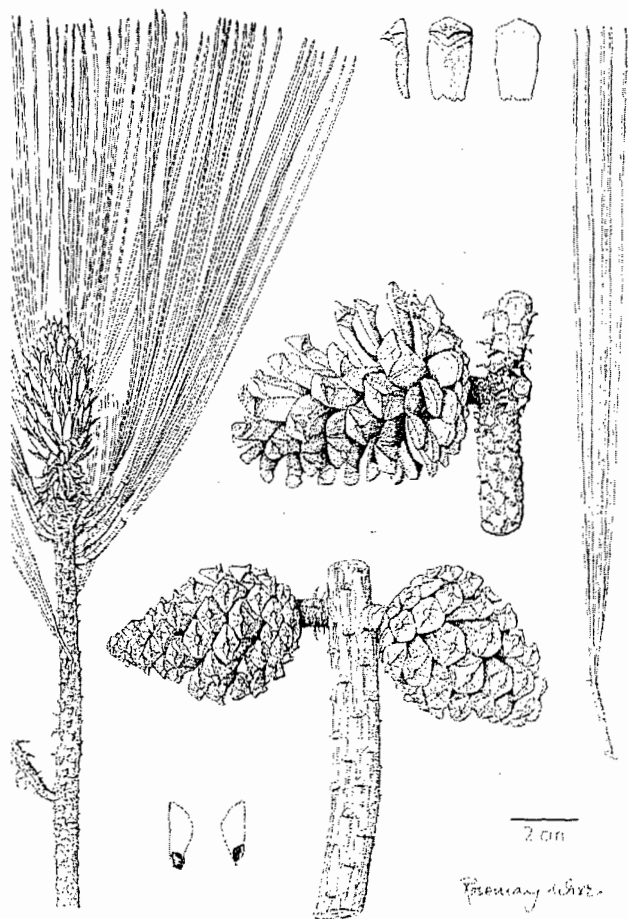
Semillas: de 5-6 x 4-4,5 mm, con ala articulada de 14-20 x 6-9mm.

Hábitat: en pinares y bosques de pino-encino de montaña, en suelos someros o profundos, esta especie se le puede localizar formando bosques puros o también con otras especies.

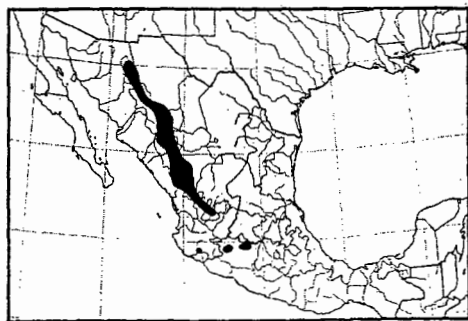
Distribución: MÉXICO: principalmente en el sur de la Sierra Madre Occidental, rara en el este de Sonora y Chihuahua, común en Durango, Zacatecas y Norte de Jalisco, mas dispersa en el sur de Jalisco y Norte de Michoacán.
Altitud: (1400-) 1600-2800(-3000) m s.n.m.

Especies similares o afines: *Pinus arizonica*, la cual también se encuentra en la Sierra Madre Occidental, tiene conos similares pero acículas más gruesas, rígidas y de color glauco, en fascículos de 3-5 *P. lawsonii* y *P. pringlei* están estrechamente relacionadas, pero se encuentran únicamente en el sur de México. *P. teocote* tiene acículas en fascículos de 3 y escamas con umbos planos, no levantados.

Pinus durangensis Martínez



Distribución actual



Fósil



Pinus douglasiana

***Pinus douglasiana* Martínez**

Nombres comunes: Ocote, Pinabete, Pino blanco, Pino hayarín, Pino real

Hábito de crecimiento del tronco: árbol de tronco recto, de hasta 20-45 m de alto y 80-100 cm de d.a.p.

Corteza: gruesa en el tronco, escamosa, dividida en largas placas e irregulares placas y fisuras profundas, de color café rojizo que con el tiempo se vuelve gris café.

Ramillas: rugosas, bases de las hojas prominentes no persistentes (de los fascículos de color café, gris oscuro, fascículos extendidos y un poco flácidos, persistiendo de 2-2.5 años.

Acículas: en fascículos de 5, raro 4 á 6 de 22-35 cm de longitud y 0.7 -1.2 mm de ancho, rectas laxas o en algunas ocasiones más rígidas.

Conos: solitarios o en verticilos de 3-4, en pedúnculos fuertes y curvados que caen junto con el cono, ovoide oblongos, con frecuencia ligeramente curvados, de 7-10 (-14) x 5-7 (-129) cm cuando abren.

Escamas del cono: 110-130, abriendo pronto, rígidas lignificadas, apófisis generalmente levantada o en ocasiones plana y transversalmente aquillada, con el umbo obtuso.

Semillas: 4-5 x 3-3.5 mm, frecuentemente con puntos oscuros, ala articulada, de 18-24 x 7-9 mm, translúcida.

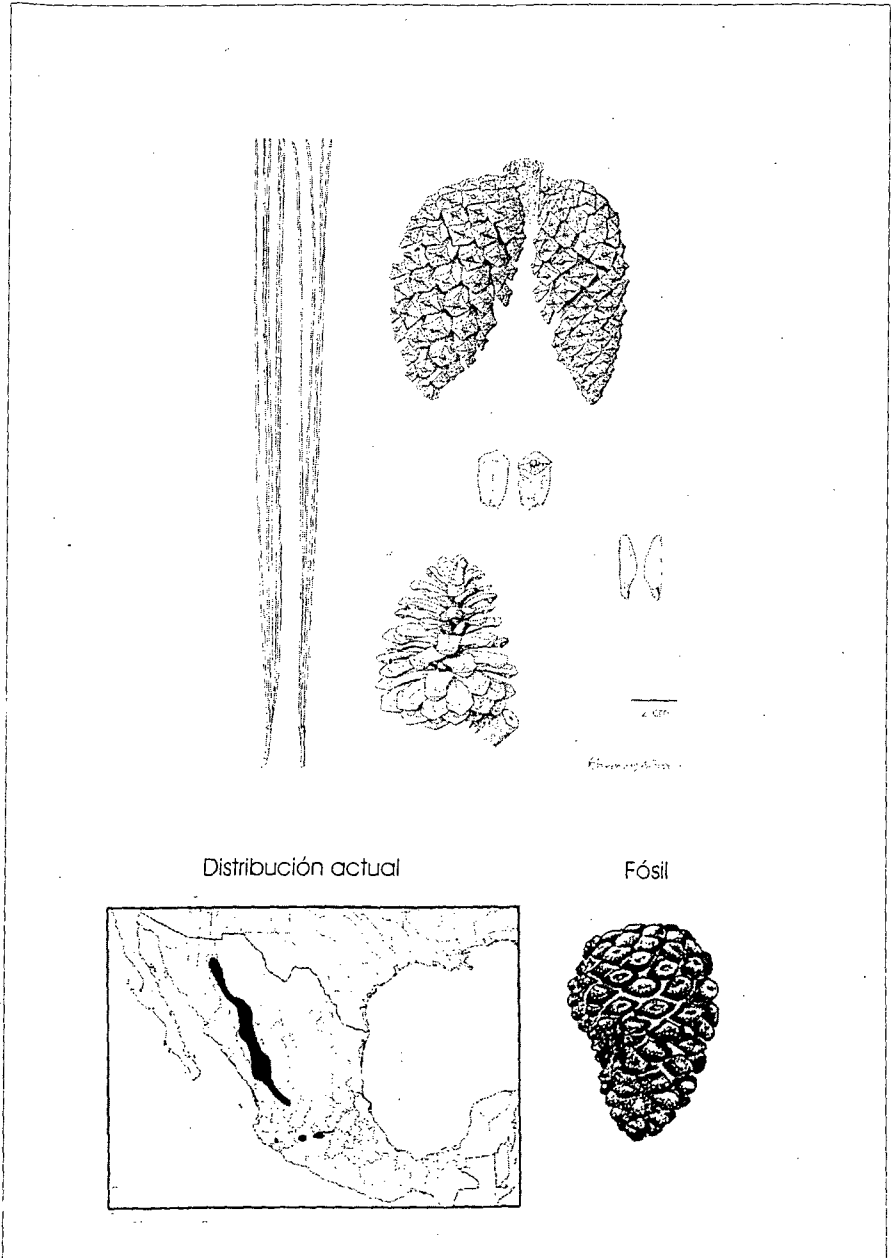
Hábitat: pinares y bosque de pino-encino de montaña, en zonas moderadamente calientes a templadas.

Distribución: MÉXICO: principalmente en Jalisco, Michoacán, México y norte de Morelos, extendiéndose hasta el norte de Nayarit y la zona limítrofe entre Sinaloa y Durango, también localizada en Guerrero y Oaxaca.

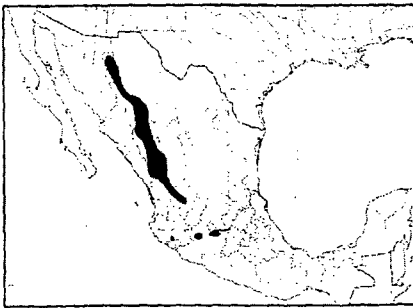
Altitud: (1100-) 1400 -2500(-2700) m s.n.m.

Especies afines: ésta especie está estrechamente relacionada con *P. pseudostrobus* pero sus conos son más pequeños y tiene el carácter microscópico mencionado anteriormente, que lo distingue. Una especie similar es *P. maximinoi*, la cual tiene conos con escamas más numerosas, muy delgadas y recurvadas.

Pinus douglasiana Martínez



Distribución actual



Fósil



Pinus luzmariae

Pinus luzmariae Pérez de la Rosa, sp. nov.³²

Nombres locales:

Hábito de crecimiento del tronco: árbol de 6-8 (-15) m de alto y 20-30 (-50) cm de d.a.p.

Corteza: gruesa en el tronco, es constituida por tiras escamosas, de color gris por fuera y café rojizo por dentro de 1.5-4 cm de espesor a la altura del pecho. Madera de color amarillo claro con tinte café, resinosa.

Ramillas: generalmente péndulas, escamosas, de 5-11 mm de diámetro en la inserción del último cono maduro, de color café-grisáceo, la huella de los fascículos poco marcada cuando estos se desprenden. Vainas de fascículos persistentes, con la base decurrente, 16 a 24 mm de longitud, no se acortan con la edad, de color café rojizo las más jóvenes y gris oscuro en las viejas. Las bracteadas axilares de los fascículos miden de 6-11 mm de longitud y de 2-5 mm de ancho en la base.

Acículas: en fascículos de 3 muy rara vez 2 ó 4, de 17- 28.5 cm de longitud y 1.3 - 1.9 mm de ancho (medida en la cara dorsal y a la mitad de la longitud total), de color verde oscuro en las caras internas y verde-amarillento brillante en la cara externa, triangulares, laxas, péndulas y semi-péndulas, permanecen en la ramilla 1-2 (-3) años, ápice agudo, y márgenes con numerosos diente-cillos (de 18-36 en 5 mm de la parte media), con 5-8 hileras de estomas en la cara dorsal y 5-12 en las caras interna; hipodermis generalmente homomorfa siendo más bien raro observar pequeñas intrusiones en el clorénquima, con 6-8 (-11) canales resiníferos de diámetro grande y el clorénquima delgado por lo que aparecen septales y externos, en ocasiones alguno medio o interno (son septales debido a su extraordinario diámetro que cubre todo el clorénquima, desde la hipodermis hasta la endodermis); el cilindro central es de forma ampliamente triangular con la parte externa de las células de la endodermis delgada y dos haces fibrovasculares contiguos. Microsporófilas de 1.2 - 2.1 cm de longitud y 0.4 - 0.7 cm de diámetro, con 6 brácteas imbricadas y poco apretadas en la base la mas grande mide de 5-9 mm de longitud y 3-5.5 mm de ancho

Conos: ampliamente ovoides o esféricos (obtusos), maduran y abren en verano, resinosos, por lo general permanecen 3 o más años en la ramilla después de abrir, cuando están cerrados y maduros miden de 3-5.5 cm de longitud y 2.8 cm de diámetro; de color amarillo-café, pruinosos, solitarios, rara vez en verticilios de 2-3, pedúnculos de 1-2.4 cm de longitud y 2.2- 4.3 mm de diámetro, que caen junto con el cono.

Escamas del cono: escamas muy gruesas y rígidas, liradas, las de la base caen el la dehiscencia del cono, las mayores miden de 1.6 -2.7 cm de longitud; apófisis de 5.5-10 mm de longitud, 8-14 mm de ancho y 3.3-6 mm de grueso, umbo generalmente poco desarrollado, de color café oscuro, triangulares, de 5.7-8.2 mm de largo, 3-4.5 mm de ancho y 3.5-6 mm de grueso.

Semillas: con el ala articulada, de 1.5-2.3 cm de longitud (incluyendo los ganchos con los que se adhiere a la semilla) y 5-8 mm de ancho en la parte media.

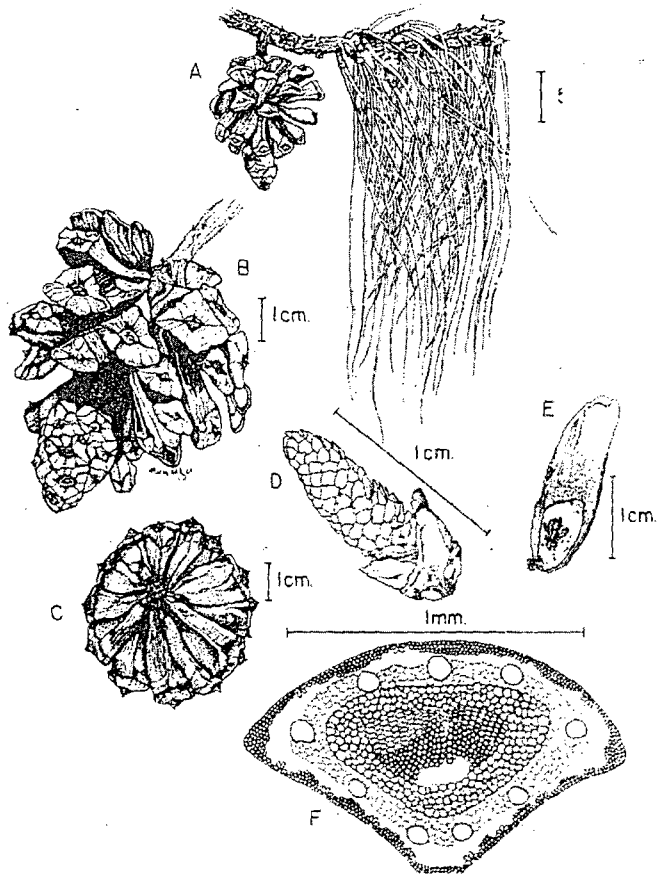
Hábitat: por lo general se le encuentra en suelos delgados y secos con mucha pedregosidad, bosques mixtos de pino-encino, asociado con *P. lumholtzii*, *P. oocarpa*, *Quercus magnoliifolia* y *Q. resinosa*.

Distribución: su principal área de distribución se ubica en la zona centro de Durango y norte de Jalisco, aunque se han encontrado también poblaciones muy pequeñas y aisladas en los municipios de San Martín Hidalgo, Zapopan y Atenguillo en el centro de Jalisco.

Altitud: (1600-) 1800 a 2500 m s.n.m.

Especies afines: por su morfología y anatomía, las especies más afines son: *P. oocarpa* y *P. pringlei*. Farjon y Styles (1997), lo han confundido con *P. lawsonii* en los estados de Oaxaca y Michoacán. (Pérez de la Rosa, 1998). Sinónimo: *P. oocarpa* var. *trifoliata* Martínez.

P. luzmariae Pérez de la Rosa



Fósil



Herbaceas. aff. *Gramineae*

En la localidad también fueron encontrados restos de herbáceas aparentemente de aff. *Gramineae*, los cuales hasta el momento no han logrado ser identificados con certeza a nivel de género y especie.

Se puede mencionar que cerca del 30% de las especies, 272 especies de pastos, son endémicas para México, el alto nivel de endemismos en la familia, señala el origen autóctono de su flora, el cual esta asociado con las condiciones climáticas y en particular las condiciones del suelo que restringieron la distribución de las especies³³. De las 272 especies, muchas de ellas pueden ser paleoendémicas o neoendémicas. *Chloridoideae* tiene el mas alto número de endemismos, con 73 especies, de las cuales 61 pertenecen a la tribu *Eragrostideae*, *Panicoideae* se encuentra en tercer lugar con 46 y *Pooideae* en cuarto con 43. Los estados con el más alto número de especies endémicas son Jalisco (96), México (55) y Oaxaca (55)³³.

Al finalizar el último interglacial, el aumento de aridez promovió las condiciones ambientales necesarias para que las gramíneas prosperaran, donde anteriormente eran encontrados bosques de coníferas, haciendo selección de especies. Al terminar, la aridez disminuyo, permitiendo que de nuevo el bosque de coníferas fuera el tipo de vegetación predominante¹⁵. Algunos ecólogos creen que esta fragmentación pudo promover la diversidad permitiendo el aislamiento de poblaciones y el desarrollo de nuevas especies³⁶.

Quercus

Existen alrededor de 135-150 especies de *Quercus* en México. Este género se encuentra ampliamente distribuido en el Nuevo Mundo, desde Canadá hasta Colombia, en América del Sur. En nuestro país, las tierras altas del centro y del este son los principales centros de diversidad. Los encinos con frecuencia forman bosques compuestos con Pinos³⁸.

Quercus laeta

Quercus transmontana

Descripción: árbol pequeño de 5-8 (12) m de alto, con el tronco de 25-40 cm de diámetro y una copa ancha de ramas torcidas y extendidas, algunas veces es un arbusto de 50-60 cm de alto (común en la parte N y NE del estado); ramillas de 1.5 a 2.5 mm de diámetro, cuando jóvenes cubiertas por un denso o esparcido tomento pálido y glandular, rápidamente glabrescentes, pero con algunos pelos persistentes hasta la segunda estación, la corteza de color castaño rojizo a negra con lenticelas pálidas y conspicuas; yemas de 2-3.5 mm de largo, ovoides obtusas, las escamas con el margen ciliado; estipulas de 5-6 mm de largo membranosas, escariosas, pilosas, deciduas antes de que las hojas alcancen la mitad de su desarrollo o persistentes por un tiempo más en las puntas de las ramillas; hojas jóvenes verde grisáceo o rojizas, el haz finamente estrellado pubescente y con numerosos pelos simples glandulares, lustrosos, casi rectos de 005 mm de largo; envés tomentoso y con muchos pelos glandulares confinados a las nervaduras principales; hojas deciduas, tiesas y coriáceas

Distribución: Sinaloa, Durango, SW de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Distrito Federal, Hidalgo, Nuevo León, Coahuila.

Nombre común: Encino colorado

Altitud: 1 000-2 300 m.

Hábitat: en el bosque de pino y encino, así como en el encinar se encontró asociado a las siguientes especies de pino: *Pinus douglasiana*, *P. oocarpa*, *P. michoacana*, *P. lumholtzii*.

Q. laeta posee gran polimorfismo foliar, debido quizá al hábitat o por sus posibles híbridos. Esta especie ha sido muy discutida por varios autores y aún no están bien establecidas sus sinonimias.

6.3 Resguardo

Los fósiles se encuentran resguardados, en la colección Paleobotánica del Herbario del Instituto de Botánica, en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, U de G. Bajo la clasificación IBUG PB BJ. Contando cada elemento con la nominación PBBJ000, con su orden cronológico respectivo.

6.4 Especies actuales y fósiles

La vegetación predominante hoy en día en la Sierra La Primavera la constituye un Bosque de Pino–Encino, de las siguientes especies:

- ***Pinus douglasiana* Martínez**
- *P. oocarpa,*
- *P. devoniana*
- *P. lumholtzii*
- ***P. luzmariae* Pérez de la Rosa**
- *Quercus magnoliifolia* Née
- *Q. viminea* Martínez
- ***Q. laeta* Liebm**
- *Q. rugosa* Née
- *Q. resinosa* Liebm
- *Q. coccolobifolia* Martínez
- *Q. praineana* Martínez
- *Q. castanea* Née
- *Q. obtusata* Humb
- *Q. subspatulata* Martínez

De éstas fueron encontradas en el registro fósil solo 3 especies (ver *Tabla 6*). El resto de los fósiles no permite el afirmar al momento, la presencia de otras especies.

No. de Especimen IBUG	Género/Especie	Muestra
PBBJ037 al 042	<i>Pinus douglasiana</i>	Conos
PBBJ025 al 030	<i>P. luzmariae</i>	Conos
PBBJ051	<i>aff. Quercus laeta</i>	Hoja e impresión

Tabla 7. Especies identificadas en el registro fósil, que se encuentran hoy en día en el Bosque La Primavera

6.5 Paleoambiente

Los fósiles indican una diversidad específica del bosque de coníferas, dominado principalmente por seis especies del género *Pinus*, mismo que existió en la zona, durante el Pleistoceno tardío. De estas especies se infiere que el clima prevaleciente en su época fue templado, quizá con temperaturas medias anuales de 13 a 16°C; esto en base a los requerimientos climáticos de estas mismas especies hoy en día. No se descarta el hecho de que estas especies se hayan desarrollado bajo grandes variaciones climáticas propiciadas por periodos interglaciales.

El ambiente de depósito sugiere que los restos vegetales sufrieron un transporte por selección hidrodinámica, dado que muestran evidencia de dicha transportación, a través de la degradación de algunas de sus partes o estructuras, así como el acomodo en que se encuentran dentro del estrato. El ser elementos de pequeña talla facilitó su transporte a una distancia relativamente larga ya que no se encuentran presentes restos de los troncos principales, del árboles adultos, cuyos conos fueron estudiados.

La comunidad vegetal no sólo estaba sometida a las interacciones que se dan entre los organismos del ecosistema. La actividad orogénica propiciaba otros mecanismos de selección hacia la biota del paleobosque, principalmente a individuos sésiles como las plantas, haciendo su ambiente más adverso. En este caso los incendios y las caídas aéreas de toba eran los impactos mas severos, a corto y largo plazo ya que el material piroclástico dañaba no solo a organismos juveniles (o renuevos) si no también a los adultos, reduciendo sus poblaciones. Este puede llegar a ser un factor que explique la ausencia de cuatro de las seis especies de coníferas hoy en día en el Bosque La Primavera.

La inestabilidad provocada por los fenómenos naturales, indica a través de la presencia de un estrato posterior a los que contienen coníferas y cuyo contenido es solamente de pastos, que sucedió un cambio abrupto en la comunidad vegetal.

7. CONCLUSIONES

La heterogeneidad ambiental y topográfica ocurrida durante el Pleistoceno tardío, determinó en gran parte la diversidad biológica que hoy en día se observa en el Bosque la Primavera.

A pesar de que la migración del género *Pinus* hacia México comenzó desde el Terciario, se infiere que las especies de pinos arribaron a esta zona por la constante actividad orogénica en el país, particularmente en toda la Faja Volcánica Transmexicana, así como por las constantes oscilaciones climáticas que promovían su migración durante el Cuaternario.

En esta localidad 4 de las 6 especies cuyos fósiles fueron encontrados, se consideran desaparecidas del área, debido quizá, a la dinámica natural que modificó en varias ocasiones las condiciones del medio, realizando una selección de individuos en el Paleobosque de Coníferas.

De las seis especies, hoy en día solo se encuentran dentro del Bosque la Primavera: *P. douglasiana* y *Pinus luzmariae* Pérez de la Rosa, *sp. nov.* Ésta última prevalece en poblaciones muy reducidas (-100 individuos) en sitios con suelos someros y mucha pedregosidad, el cual es un ambiente hostil.

Un estrato G contiene fosilizados conillos femeninos poco desarrollados, los cuales son útiles para representar algunas de las etapas de desarrollo experimentadas por dichas estructuras.

No es posible al momento establecer si la Sierra de la Primavera fue utilizada o no, como corredor de algunas especies durante su migración hacia el sur del país.

La ausencia de otras especies dentro de los sedimentos no indica que no se encontraran ya habitando en el área, es posible que no llegaron a las zonas de depósito y por ende a fosilizarse. Además existen restos que por presentarse demasiado fraccionados o en un estado inmaduro, no es posible hacer su determinación taxonómica.

No fueron encontrados fósiles de *Pinus oocarpa*, especie que hoy en día domina los alrededores de la zona fosilífera.

Los estratos fosilíferos no son correlacionables en otra región, ya que forman parte de los sedimentos intracaldericos exclusivos de La Primavera, por lo que se consideran relativamente aislados.

Los sedimentos de la Caldera La Primavera, contienen información relevante sobre la dinámica geológica y biológica ocurrida durante el Pleistoceno Tardío en la región. Es necesario realizar excavaciones en otros puntos dentro del área ocupada por la antigua caldera, donde es posible encontrar los sedimentos volcánicos con potencial fosilífero. A través de estos se puede llegar a comprender cual fue la dinámica seguida por la vegetación al someterse al cambio de su medio físico.

8.LITERATURA CITADA

Adams J., M. Maslin, E. Thomas, 1998. Sudden Climate Transitions During the Quaternary. Quaternary Environmental Network (www.esd.ornl/projects/qen/nerc.html) 21

Alatorre-Zamora, M.A. & Campos-Enriquez, J.O., 1992. La Primavera Caldera (Mexico): Estructure Inferred from Gravity and Hidrogeological Considerations. Geophysics. 23 ✓

Behrensmeyer, A.K. & R.W. Hook, 1992. Paleoenvironmental Contexts and Taphonomic Modes. In: Terrestrial Ecosystems Through Time, Evolutionary Paleocology of Terrestrial Plants and Animals, Edited by A.K. Behrensmeyer. 03

Boggs, S. 1995. Principles of Sedimentology And Stratigraphy. 2nd. Ed. Prentice Hall. USA. 29

Carranza, C.O., 1980. Correlación Bioestratigráfica de Paleofaunas de Vertebrados de la Faja Volcánica Transmexicana, Inst. Geol. UNAM. México. 09

Clough, B.J., 1980. The Geology of La Primavera Volcano, Mexico, Ph.D. Thesis, University of London, England. 25

Clough, B.J., J.V. Wright, G.P.L. Walker, 1981. An unusual bed of giant pumice in Mexico, Nature 34

Cox, B. & P.D. Moore, 1993. Biogeography, An Ecological and Evolutionary Approach, 5th ed. Backwell Scientific Publications. 36

Demant, A., 1979. Vulcanología y Petrografía del Sector Occidental del Eje Neovolcánico, Rev. Inst. Geol. Universidad Nacional Autónoma de México. 24

Eguiluz -Piedra, T., 1982. Clima y Distribución del Género *Pinus* en México, Ciencia Forestal. 35

Eguiluz-Piedra, T., 1985. Origen y Evolución del Género *Pinus* (con referencia especial a los pinos mexicanos), Dasonomía Mexicana. 19

Farjon, A., J.A. Perez de la Rosa & B.T. Styles, 1997. A Field Guide to the Pines of Mexico and Central America, Royal Botanical Gardens, Oxford Forest Institute & University of Oxford, European Union. 12

Ferrusquia-Villafranca, I., 1993. Geology of Mexico: a Synopsis. In: Biological Diversity of Mexico Origins and Distribution, Edited by T.P. Ramamoorthy, R. B. Bye, A. Lot, & J. Fa, Oxford University Press, New York. 18

- Fisk, A. & A. Beale. 1996. Cleaning and Preserving Fossils. *Jewelry Journal*. 04
- Gonzalez Villarreal L.M, 1986. Contribucion al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco, Colección Flora de Jalisco, Instituto de Botanica de la Universidad de Guadalajara, Universidad Guadalajara, Mexico. 17
- Graham, A., 1993. Historical Factors and Biological Diversity in Mexico. In *Biological Diversity of Mexico Origins and Distribution*. Edited by T.P. Ramamoorthy, R.B. Bye, A. Lot, & J. Fa. Oxford University Press. N.Y. 02
- Graham, A., 1999. Studies in Neotropical Paleobotany. XII. An Oligo-Miocene Palynofora from Simojovel (Chiapas, Mexico). *American Journal Of Botany*. 20
- Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1995. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueologicas; Artísticos e Historicos, Reglamento de la Ley Federal sobre Zonas Arqueologicas; Artísticos e Historicos. Acuerdos. 10
- Kukla, G., J. McManus, D. D. Rousseau & I. Chuine, 1997. How Long and How Stable Was the Last Interglacial?. *Quaternary Science Reviews*, Elsevier Science, Great Britain. 22
- Mahood, G., 1980. Geological Evolution of a Pleistocene Rhyolitic Center: Sierra La Primavera, Mexico, *Jour. of Volcanol. Geoterm. Res.* 27 ✓
- Melendez, B., 1982. Paleontología. Tomo I Parte General e Invertebrados. 3ed. Paraninfo, Madrid. 03
- Millar, C.I, 1998. Early Evolution of Pines, In: *Ecology and Biogeography of Pinus*, Edited by David M. Richardson, Cambridge University Press. 13
- Mirov, N. T., 1976. The genus *pinus*, The Ronald Press Co. New York. 14
- Montellano, B.M., 1997. Nueva Localidad de Vertebrados del Hemphilliano Tardío en Teocaltiche, Jalisco, México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 39
- Nixon, K.C., 1993. The Genus *Quercus* in Mexico, In *Biological Diversity of Mexico Origins and Distribution*, Edited by T.P. Ramamoorthy, R. B. Bye, A. Lot, & J. Fa, Oxford University Press, New York. 38
- Pérez de la Rosa, J., 1998. Promoción de una Variedad de Pino Serotino Mexicano a Nivel de Especie, *Boletín del Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara*. 32

Perry, J.P., A. Graham & D. Richardson, 1998. The History of Pines in Mexico and Central America. In: Ecology and Biogeography of *Pinus*, Edited by David M. Richardson, Cambridge University Press. 15

Richardson, D.M. & W. Rundel, 1998. Ecology and Biogeography of *Pinus* an Introduction. In: Ecology and Biogeography of *Pinus*. Edited by David M. Richardson, Cambridge University Press. 11

Rosas Elguera, J., L. Ferrari, M. López Martínez, J. Urrutia Fucugauchi., 1997. Stratigraphy and Tectonics of the Guadalajara Region and Triple-Junction Area, Western Mexico, Int. Geol. Rev. 30

Rzedowsky, J., 1993. Diversity Origins of the Phanerogamic Flora of Mexico, Biological Diversity of Mexico Origins and Distribution, Edited By T.P. Ramamoorthy, R.B. Bye, A. Lot., & J. Fa, Oxford University Press, New York. 31

Saavedra de la Cruz, G. C. Suarez Plascencia, 1996. Breve Referencia sobre la Evolución del Concepto de Fósil., Un Acercamiento a las Principales Zonas Fosilíferas del Estado de Jalisco. Gestión Territorial, Departamento de Geografía y Ordenación Territorial. 08

Schindewolf, O.W., 1993. Basic Questions in Paleontology: Geological Time, Organic Evolution, and Biological Sistematics, Chicago Press, USA. 01

Styles, B. T. 1993. The Genus *Pinus*, In: Biological Diversity of Mexico Origins and Distribution, Edited by T.P. Ramamoorthy, R. B. Bye, A. Lot, & J. Fa. Oxford University Press, New York. 16

Taylor, N & Taylor, A, 1993. The Biology and Evolution of Fossil Plants, Prentice Hall. USA. 06

Universidad de Guadalajara. 1994. Programa de Manejo del Bosque La Primavera, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 26

Valdés, R.J., & I.Cabral, 1993. Chorology of Mexican Grasses, In Biological Diversity of Mexico Origins and Distribution, Edited by T.P. Ramamoorthy, R. B. Bye, A. Lot, & J. Fa, Oxford University Press, New York. 33

Wilson, N.S, & Rotwell, 1993. Paleobotany and Evolution of Fossil Plants, Cambridge University Press.USA. 07

Wing, L.S., H.Sues, R.Potts, W.A. DiMichele & A.K. Behrensmeyer, 1992. Evolutionary Paleocology, In Terrestrial Ecosystems Through Time, Evolutionary Paleocology of Terrestrial Plants and Animals. Edited By A.K. Behrensmeyer, J.D. Damuth, W.A. DiMichele, R.Potts, H. Sues & S.L. WIng. 37

Wright, J.V., 1981. The Rio Caliente Ignimbrite: Analisis of a Compuond Intraplinian Ignimbrite from a Major Late Quaternary Mexican Eruption, Bouletin of Vulcanology, U.K. 28



OFICIO: 97/XI/0702 Dirección

ASUNTO: El que se indica

R ✓

"Donde la memoria nos espera"

Guadalajara, Jal., Noviembre 11 de 1997

Q.F.B. ANGEL PEREZ ZAMORA
JEFE DEL DEPTO. DE CIENCIAS AMBIENTALES CUCBA
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Con relación a su oficio número DCA/189/97, mediante el cual hace referencia a la **investigación paleontológica en la localidad denominada "El Bajío"**, ubicada en las inmediaciones del **Bosque La Primavera**, le informo por este conducto lo siguiente:

Si durante la investigación que se pretende llevar a cabo, resultan hallazgos y evidencias de animales, es indispensable avisar y notificar a este Instituto del hallazgo de los mismos, como también le solicitamos que se nos mantenga informados durante el proceso de dicha investigación y al concluir las mismas y se nos turne copia de los resultados finales.

Cumpliendo con estos requisitos, no existe ningún inconveniente por parte de este Instituto para realizar dicho proyecto.

En caso de alguna duda o aclaración al respecto me pongo a sus apreciables órdenes.

ATENTAMENTE


Arq. Alejandro Canales Daroca
Director del Centro INAH Jalisco

SI: 13 15 1 NOV

c.c.p. Ing. Federico Solórzano Barreto.- Curador de Paleontología y Prehistoria del M.R.G.

c.c.p. Archivo

c.c.p. Minutario

ACD/JJOS'cp.