



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
BIOLOGÍA SISTEMÁTICA

**DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMÍA DE GINKGOALES (ENGLER, 1897) Y GRUPOS
AFINES DEL JURÁSICO DEL SUR DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

DIEGO ENRIQUE LOZANO CARMONA

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA PATRICIA VELASCO DE LEÓN
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. DANTE JAIME MORÁN ZENTENO
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM
DR. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO. ENERO, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
BIOLOGÍA SISTEMÁTICA

**DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMÍA DE GINKGOALES (ENGLER, 1897) Y GRUPOS
AFINES DEL JURÁSICO DEL SUR DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

DIEGO ENRIQUE LOZANO CARMONA

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA PATRICIA VELASCO DE LEÓN
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. DANTE JAIME MORÁN ZENTENO
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM
DR. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO. ENERO, 2017

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que el subcomité de Biología Evolutiva y Sistemática, del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 10 de octubre del 2016, aprobó el SIGUIENTE jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS** del alumno, **LOZANO CARMONA DIEGO ENRIQUE** con número de cuenta **099181840** con la tesis titulada "DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMÍA DE GINKGOALES (ENGLER, 1897) Y GRUPOS AFINES DEL JURÁSICO DEL SUR DE MÉXICO", bajo la dirección del Tutor Principal: **DRA. MARÍA PATRICIA VELASCO DE LEÓN**.

Presidente: DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI
Vocal: DR. FERNANDO CHIANG CABRERA
Secretario: DR. DANTE JAIME MORÁN ZENTENO
Suplente: DRA. ANA BERTHA VILLASEÑOR MARTÍNEZ
Suplente: DR. RAFAEL LIRA SAADE

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 16 de diciembre de 2016.

M. del Coro Arizmendi

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDÍ ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

AGRADECIMIENTOS

Al **Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM**, por su apoyo y la oportunidad para desarrollar este estudio.

Al **Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca otorgada para poder realizar este estudio (CVU/Becario: 632315).

A la **Coordinación de Estudios de Posgrado** y al **Programa de Apoyo a los Estudiantes de Posgrado de la UNAM (PAEP-2015/2016)** por los apoyos otorgados para la realización de una estancia de investigación en el Museo de La Plata, Argentina y la participación en el curso de Biogeografía Evolutiva en el ECOSUR-Chetumal, ambas actividades fortalecieron el análisis de este estudio.

A la **Dra. María Patricia Velasco de León, Tutor Principal** de este estudio, por todo su apoyo y guía.

Al **Comité Tutor** integrado por el **Dr. Dante Jaime Morán Zenteno** y el **Dr. David Nahum Espinosa Organista**, por sus valiosas observaciones, guía y apoyo brindado durante la realización de este estudio.

A mi *alma mater*, la Universidad Nacional Autónoma de México, en todas mis etapas: CCH Oriente, FES Zaragoza y Posgrado en Ciencias Biológicas, por todo el aprendizaje y apoyo para desarrollar las bases de mi futuro.

A mis padres Enriqueta y Raúl, quienes aún continúan apoyando e impulsando cada una de mis locuras. Gracias por todo!!!

A mi hermano José Alonso "Alon", una personita que da sin esperar algo a cambio.

A mi familia grande, Lila, Carmelo, Alicia, Armando, Daniel, Arte, José, Chebo, Cecilia y Lulú quienes siempre se han preocupado por mí, donde estoy, a donde voy, cuando regreso y como ando. Gracias por todo Tíos.

A mis primos y sobrinos que, ¡con gusto!, siempre se interesan por lo que hago y me inspiran para seguir en el camino que elegí.

A la Dra. Patricia Velasco de León, mi Maestra, quien me enseñó y sigue inculcando el camino de la ciencia.

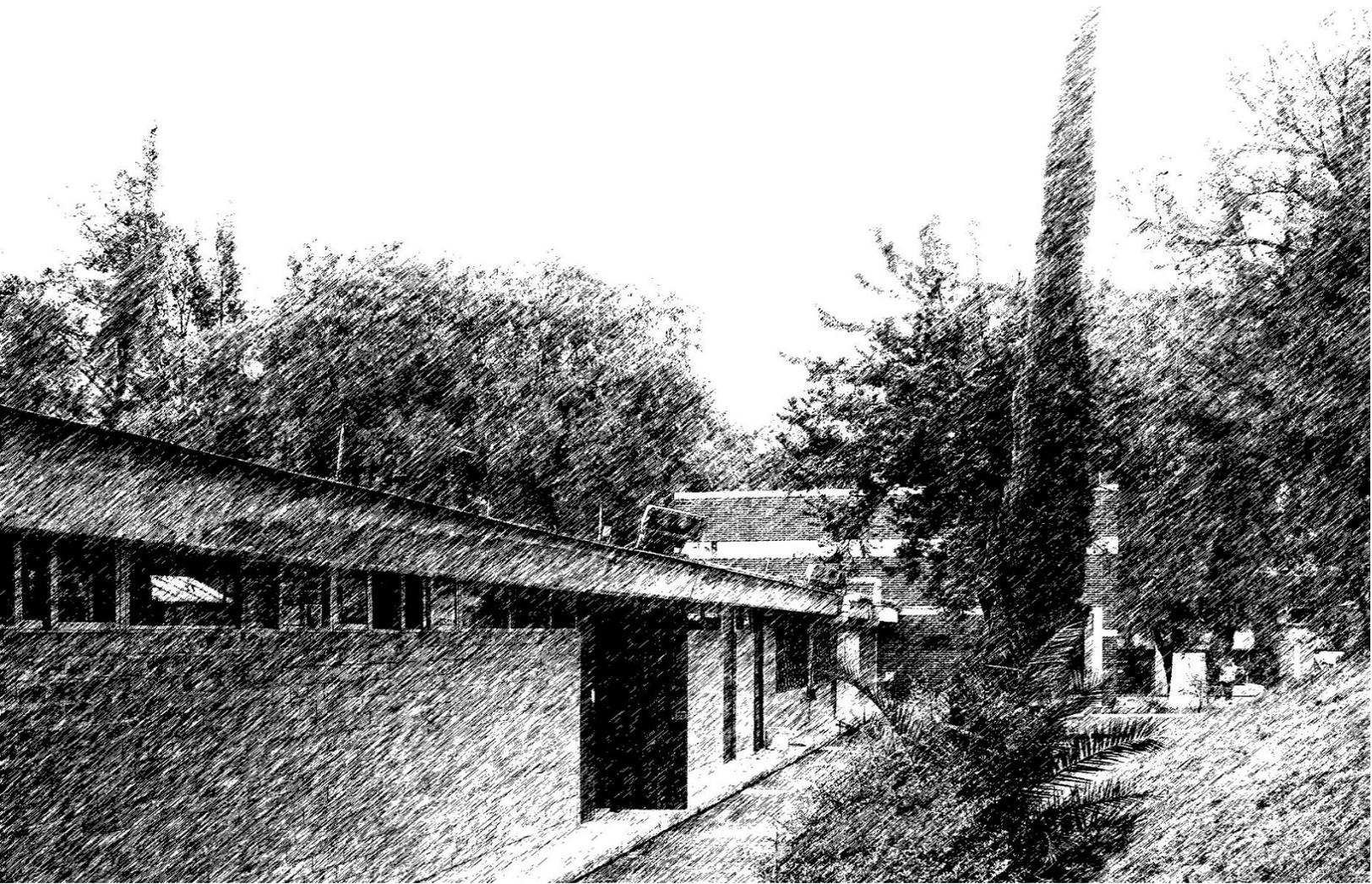
A mis amigos, a todos ellos, desde los conocidos hace millones de años hasta los que recién aparecen y llegan para quedarse. ¡Todos! desde el CCH Oriente, la FES Zaragoza, el Posgrado, salidas a campo, congresos, simposios, fiestas, acampadas, ustedes saben quiénes son. Un millón de cosas buenas, cervezas, fiestas y viajes.

A la Dra. Josefina Bodnar, por las enseñanzas y el apoyo otorgados durante la estancia de investigación en la Colección de Paleobotánica del Museo de La Plata, Argentina.

A los miembros del Jurado, Dr. Juan José Morrone Lupi, Dr. Fernando Chinag Cabrera, Dr. Dante Jaime Morán Zenteno, Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez y Dr. Rafael Lira Saade, por sus acertados comentarios y enriquecimiento en la revisión de este estudio.

A los profesores de cada una de las materias que curse durante la realización de esta Maestría, gracias por su interés y dedicación para que sobresalga en mi campo de conocimiento.

A los colegas del Laboratorio 3 de la UMIEZ y de la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza quienes convivieron y me apoyaron durante este estudio. En especial a los M. en C. Pedro Martínez y M. en C. Genaro Montaña, y a la Biól. Margarita Santiago por su apoyo en el uso de Arcview y la extensión Trazos2004, además del programa QGIS, para realizar los mapas paleogeográficos y los trazos individuales y generalizados presentes en este estudio.



COLECCIÓN DE PALEONTOLOGÍA –F.E.S. ZARAGOZA– CAMPUS II, UNAM. CDMX, MÉXICO.

ÍNDICE

CAPÍTULOS	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	
I.1. LA FLORA FÓSIL DEL JURÁSICO DE LA REGIÓN SUR DE MÉXICO	1
I.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN EL JURÁSICO	2
I.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE GINKGOALES Y GRUPOS AFINES	3
I.4. MARCO GEOLÓGICO DEL SUR DE MÉXICO EN EL JURÁSICO	5
I.5. MARCO GEOGRÁFICO DEL SUR DE MÉXICO DURANTE EL JURÁSICO.	7
I.6. ANÁLISIS DE TRAZOS (PANBIOGEOGRAFÍA)	8
OBJETIVOS	10
II DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	
II.1. JURÁSICO INFERIOR	
II.1.1 FORMACIÓN ROSARIO (ERBEN, 1956)	11
II.2. JURÁSICO MEDIO	
II.2.1 GRUPO TECOCOYUNCA (ERBEN, 1956)	11
II.2.2 FORMACIÓN ZORRILLO-TABERNA ÍNDIFERENCIADAS (CARRASCO-RAMÍREZ, 1981)	14
II.2.3 FORMACIÓN TECOMAZÚCHIL (PÉREZ-IBARGÜENGOITIA et al., 1965)	16
III METODOLOGÍA	
A) COMPILACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE CARACTERES TAXONÓMICOS DE LA PALEOFLORA ESTUDIADA	18
B) REGISTRO DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA PALEOFLORA ESTUDIADA	24
C) ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS FOSILITAXONES EN LOS MODELOS GEOGRÁFICOS DEL SUR DE MÉXICO DURANTE EL JURÁSICO	25
D) ANÁLISIS DE TRAZOS (INDIVIDUAL Y GENERALIZADO)	26
IV RESULTADOS Y ANÁLISIS	
IV.1. DIVERSIDAD DE GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN EL JURÁSICO DEL SUR DE MÉXICO	27
IV.2.1. DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA DE LOS FÓSILES DE PLANTAS	27
IV.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA PALEOFLORA ESTUDIADA EN EL SUR DE MÉXICO	58
IV.3. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN LOS MODELOS GEOGRÁFICOS DEL SUR DE MÉXICO DURANTE EL JURÁSICO	67
IV.4. IMPLICACIONES FITOGEOGRÁFICAS DE LOS NUEVOS REGISTROS DE LAS GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN EL JURÁSICO	72
V CONCLUSIONES	78
VI REFERENCIAS	80
APÉNDICE	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Mapa de la región sur de México. Se aprecia el polígono (marco de color gris) que engloba las zonas de estudio con el Complejo Acatlán de basamento.	6
2	Reconstrucciones hipotéticas de la paleogeografía de la región de Norteamérica-Sudamérica-África durante el Jurásico.	9
3	A. Sección estratigráfica de la formación Rosario. B. Columna estratigráfica general del Grupo Tecocoyunca en la región de Olinalá	13
4	A. Columna estratigráfica general de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad Río Ñumi. B. Sección estratigráfica de la ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad San Miguel Ixcatlán.	15
5	A. Sección estratigráfica de la localidad San Juan Mixtepec, ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. B. Columna estratigráfica general de la Formación Tecomazúchil.	17
6	Detalles morfológicos de las hojas de Ginkgoales.	21
7	Detalles morfológicos de las hojas de Czekanowskiales.	22
8	Detalles morfológicos de las hojas de Caytoniales (<i>Sagenopteris</i>).	23
9	1 , <i>Ginkgo</i> cf. <i>ginkgoidea</i> y 2-3 , <i>Ginkgo</i> sp. Los ejemplares se comparan con <i>Ginkgo ginkgoidea</i> (a-b).	29
10	1 , <i>Ginkgoites</i> sp.. 2 , cf. <i>Ginkgoites</i> . Se comparan las hojas y segmentos de 1 y 2 con una impresión de <i>G. myrioneurus</i> (a). 3 , <i>Nehvizdyella</i> sp., comparándose con <i>Nehvizdyella bipartita</i> (b).	33
11	1 , <i>Eretmophyllum</i> cf. <i>pubescens</i> . 2-3 , <i>Ginkgoitocladius</i> sp. 4 un aumento de la marca dejada por la base de un pecíolo, donde se indican las marcas dejadas por los haces vasculares.	36
12	1-6 , <i>Karkeniania</i> sp. 1. Se compara la morfología general y arreglo de las semillas de <i>K. incurva</i> (a-b) y <i>K. fecunda</i> (c).	39
13	1 , <i>Sphenobaiera</i> aff. <i>huangii</i> (a), <i>Sphenobaiera huangii</i> ejemplar del Jurásico Inferior de China	41
14	1 , <i>Sphenobaiera</i> cf. <i>robusta</i> . 2 . cf. <i>Sphenobaiera</i> . (a), ilustración de <i>S. robusta</i> de Nueva Zelanda.	44
15	1 , <i>Ginkgoidium nundichii</i> . 2 . <i>Ginkgoidium</i> sp. (a) <i>Ginkgoidium nundichii</i> . 3 , parte basal de las lacinias de <i>Czekanowskia</i> sp.	47
16	1 , <i>Czekanowskia</i> sp. 1. Se compara con (a), <i>C. blaki</i> . 2 . <i>Czekanowskia</i> cf. <i>rigida</i> . Se compara con <i>C. rigida</i> (b).	50
17	1 , <i>Sagenopteris colpodes</i> , se compara con <i>Sagenopteris colpodes</i> (a) del Jurásico Medio de Yorkshire, Inglaterra. 2 , <i>Sagenopteris</i> cf. <i>pualensis</i> , se compara con <i>Sagenopteris pualensis</i> (b).	54
18	1 y 2 , <i>Sagenopteris nilssoniana</i> . 3 , se muestra el brote asociado a <i>Sagenopteris</i> (Caytoniales). a , brotes de <i>Sagenopteris</i> , a* marca de la cicatriz dejada por la hoja.	57
19	Sección estratigráfica de la formación Rosario, solo se indica el fosilitaxón <i>Nehvizdyella</i> de la flora de estudio en la localidad Rosario Nuevo (RA).	61

Figura	Descripción	Página
20	Columna estratigráfica general del Grupo Tecocoyunca en la región de Olinalá, se indican las localidades La Carretera (CCC) y La Barranca (CCB) con los fosilitaxones de la flora de estudio.	62
21	Columna estratigráfica general de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad Río Ñumi. Se indica la Zona ZtC con los fosilitaxones de la flora de estudio.	63
22	Sección estratigráfica de la ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad San Miguel Ixcatlán, se indica la zona fosilífera con el fosilitaxón de la flora de estudio	64
23	Sección estratigráfica de la localidad San Juan Mixtepec, ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, se indica la zona fosilífera con los fosilitaxones de la flora de estudio	65
24	Columna estratigráfica general de la Formación Tecomazúchil, se indican las localidades Ayuquila (TzA) y Partideño (TzP) con los fosilitaxones de la flora de estudio	66
25	Mapa del sur de México, muestra la distribución geográfica de los Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales estudiados.	67
26	Reconstrucción hipotética del paleoambiente de la formación Rosario.	70
27	Relación entre las reconstrucciones paleoambientales del Grupo Tecocoyunca (A) y la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas (B), y ambas con la propuesta hipotética del paleoambiente de la región de estudio durante el Bajociano/Bathoniano (C).	
28	Reconstrucción hipotética del paleoambiente de la Formación Tecomazúchil.	
29	Mapa mundial del Jurásico Inferior (Toarciano) con la proyección de los trazos individuales de siete géneros de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.	75
30	Mapa mundial del Jurásico Inferior (Toarciano) con la proyección de un trazo generalizado de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.	75
31	Mapa mundial del Jurásico Medio (Bajociano/Bathoniano) con la proyección de los trazos individuales de ocho géneros de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.	76
32	Mapa mundial del Jurásico Medio (Bajociano/Bathoniano) con la proyección de un trazo generalizado de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.	76
33	Mapa mundial del Jurásico Superior (Oxfordiano) con la proyección de los trazos individuales de seis géneros de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.	77
34	Mapa mundial del Jurásico Superior (Oxfordiano) con la proyección de un trazo generalizado de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.	77

“LOS EJEMPLARES CONSTITUYEN EVIDENCIAS QUE
SOPORTAN PARADIGMAS Y PERIODOS DE CIENCIA NORMAL,
O SON EVIDENCIAS ANÓMALAS QUE CON EL PASO DEL
TIEMPO CONTRIBUYEN A DETONAR REVOLUCIONES
CIENTÍFICAS”

– KUHN, 1962 –

RESUMEN

Desde principios del siglo XX se comenzó el estudio de los afloramientos jurásicos del sur de México (Mixteca Alta), y en diferentes periodos de prospección y análisis de los fósiles de plantas del Terreno Mixteco se estableció, a finales del siglo, que la diversidad florística estuvo dominada por gimnospermas. Sin embargo, se consideró que fueron pocos los representantes de gimnospermas los que habitaron la región. Solo se contaba con ejemplares de las dominantes Bennettitales y las poco frecuentes Cycadales y Pinales. Entonces, algunos autores consideraron que el clima de la región, durante el Jurásico, fue tropical, y este clima fue el principal factor que impidió el establecimiento de otros grupos de plantas, por ejemplo, las Ginkgoales y sus grupos afines. No obstante, recientemente se propuso un nuevo análisis paleoclimático para la región. En dicho estudio se plantea la existencia de un clima heterogéneo. Además, el también reciente reporte de dos nuevas especies de Ginkgoales del Terreno Mixteco, demuestra la falta de muestreo y análisis paleobotánico, paleoclimático y paleogeográfico. Por lo tanto, para disminuir la falta de información paleontológica de los afloramientos jurásicos del Terreno Mixteco, se realizó un estudio que incluyó a los grupos de plantas Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales, su taxonomía y distribución stratigráfica, paleogeográfica y fitogeográfica. Los resultados que se obtuvieron son paleontológicamente significativos: Primero se logró tipificar los caracteres taxonómicos de dichos grupos de plantas para su aplicación en determinaciones de material jurásico del Terreno Mixteco; esto permitió la identificación de 10 géneros y 17 especies. También se realizó un registro detallado de la distribución stratigráfica y geográfica de los grupos de plantas. Por último, se realizó el primer análisis de trazos que incluyó a los registros de las tres épocas del Jurásico de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales. El análisis de estos resultados permite concluir que la presencia de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales refuta el anterior paradigma que consideraba un clima tropical homogéneo y permite respaldar la reciente propuesta de un clima heterogéneo en la región durante el Jurásico. Además, se demuestra que la distribución geográfica de dicha flora fue extensa stratigráfica- y paleogeográficamente en el Terreno Mixteco. Por último, el análisis fitogeográfico, con el método de trazos, permite proponer hipotéticamente que la distribución de la flora jurásica y la de su flora ancestral triásica, estuvieron relacionadas e influenciadas por eventos de movilidad y aislamiento. Sin embargo, aún es necesario continuar con el análisis, a la luz de nuevos datos geológicos, geográficos y paleobotánicos.

ABSTRACT

Since the beginning of the 20th century, the study of Jurassic outcrops in southern Mexico (Mixteca Alta), and in different periods of prospecting and analysis of plant fossils of the Mixteco Terrane, at the end of the century, was established floristic diversity was dominated by gymnosperms. However, it was considered that few representatives of gymnosperms inhabited the region. Only the dominant Bennettiales and the rare Cycadales and Pinales were available. Some authors considered that the climate during the Jurassic period was tropical, and this climate was the main factor that prevented the establishment of other groups of plants, for example the Ginkgoales and their related groups. However, a new paleoclimatic analysis was recently proposed for the region, and the existence of a heterogeneous climate is considered. In addition, the recent report of two new species of Ginkgoales of the Mixteco Terrane, shows the lack of sampling and paleobotanical, paleoclimatic and paleogeographic analysis. Therefore, to reduce the lack of paleontological information of the Jurassic outcrops of the Mixteco Terrane, a study was carried out that included the groups of Ginkgoales, Czekanowskiales and Caytoniales plants, their taxonomy and stratigraphic, paleogeographic and phytogeographic distribution. The results obtained are palaeontologically significant: first, it was possible to characterize the taxonomic characters of these groups of plants for their application in determinations of Jurassic material of the Mixteco Terrane; this allowed the identification of 10 genera and 17 species. A detailed record of the stratigraphic and geographic distribution of the plant groups was also made. Finally, the first track analysis was carried out, which included the records of the three Jurassic epochs of the Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales flora. The analysis of these results allows to conclude that the presence of the Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales flora refutes the previous paradigm that considered a homogeneous tropical climate and allows to support the recent proposal of a heterogeneous climate in the region during the Jurassic. In addition, it is shown that the geographic distribution of this flora was extensive stratigraphically and paleogeographically in the Mixteco Terrane. Finally, the phytogeographic analysis, with the tracing method, allows to hypothetically propose that the distribution of the Jurassic flora and that of its triassic ancestral flora were related and influenced by mobility and isolation events. However, it is still necessary to continue the analysis, in the light of new geological, geographic and paleobotanical data.

I. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

I.1. LA FLORA FÓSIL DEL JURÁSICO DE LA REGIÓN SUR DE MÉXICO. La diversidad florística del Jurásico en México estuvo dominada por las gimnospermas, como las Bennettitales, Cycadales y Pinales. Las Filicales también fueron elementos abundantes y constantes. Esta riqueza paleoflorística ha sido reportada por varios autores, entre los que destacan Wieland (1914), Silva-Pineda (1984), Rojas (2010), Lozano-Carmona (2012) y Guerrero-Arévalo (2014). En la primera década del siglo XX, Wieland (1914) realizó un trabajo pionero sobre la flora fósil de la región de El Consuelo en la Mixteca Alta. Posteriormente, el estudio taxonómico de la flora quedó rezagado hasta la segunda mitad del mismo siglo XX, principalmente porque, como comenta Silva-Pineda (1984), “la paleoflora del Estado de Oaxaca fue descubierta debido a la exploración y/o explotación de zonas carboníferas”.

Silva-Pineda (1969, 1978, 1984, entre otros) retoma el estudio de los fósiles de las gimnospermas y Filicales. También, Person & Delevoryas (1982) trabajaron la flora del Jurásico Medio de Oaxaca, y comentaron “hay una clara ausencia de Ginkgoales en los estratos de este periodo (Jurásico)”. Estos autores consideraron que el clima de la región fue tropical, y fue el principal factor que impidió el establecimiento de Ginkgoales. Sin embargo, recientemente Velasco de León et al. (2014) publican el primer registro de Ginkgoales del Jurásico para México y proponen dos nuevas especies de los géneros *Ginkgoidium* Yokoyama y *Sphenobaiera* (Florin) Harris et Millington. Por lo tanto, con estos primeros indicios de Ginkgoales en el sur de México, se estima la presencia de un mayor número de fosilitaxones afines que han pasado desapercibidos en la Colección de Paleontología de la F.E.S. Zaragoza y en colectas de campo. Por lo anterior, es claro que hacen falta trabajos taxonómicos de este grupo de paleoflora y análisis detallados tanto de su distribución en México, como de la influencia del ambiente, y biogeográficos considerando los reinos paleoflorísticos de Laurasia y Gondwana. Entonces, iniciaré comentando de forma general la distribución y taxonomía de las Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales, y las características geográficas y geológicas del sur de México durante el Jurásico.

I.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN EL JURÁSICO. El orden de las Ginkgoales tiene una sola especie viviente, *Ginkgo biloba* Linnaeus, cuya distribución está hoy restringida al sureste de China (Kvaček et al., 2005; Gong et al., 2008; Yang et al., 2008; Zhou, 2009). Los registros de fósiles de Ginkgoales se remontan al Permo/Carbonífero de Gondwana (Cúneo, 1987). Mientras que en el norte son del Pérmico en Angara y Euroamérica (Naugolnykh, 2007; Zhou, 2009). Sin embargo, Anderson et al. (2007) consideran que el origen de las Ginkgoales fue en el Triásico. A partir de estas discrepancias, Zhou (2009) sugiere que aún es incierto proponer un lugar y tiempo de origen del orden Ginkgoales. Ya en el Mesozoico la distribución de este grupo es muy amplia. Los hallazgos y estudios de fósiles han demostrado que en esta era las Ginkgoales estaban presentes en ambos hemisferios (Gondwana y Laurasia). Asimismo, en este tiempo el grupo alcanzó su mayor diversidad taxonómica y se considera que podían habitar diversos ambientes (Zhou, 2009; Anderson et al., 2007). En la base de datos del sitio web fossilworks.org (<http://fossilworks.org>) se registra una variación en la abundancia, superando el reino de Laurasia al de Gondwana (Behrensmeyer & Turner, 2013). Los países con mayor abundancia de registros son: Federación Rusa con 13 (Triásico) y 141 (Jurásico), y Canadá con 14 registros (Cretácico), pero la mayoría de los registros son a nivel de género. Otros grupos con amplia distribución en el Mesozoico y considerados afines a las Ginkgoales, clasificados dentro de la clase Ginkgoopsida son las Czekanowskiales y Caytoniales.

Las Czekanowskiales (=Leptostrobales) son un orden del cual solo se tienen pruebas de su alcance estratigráfico dentro del Mesozoico. La mayoría de los autores mencionan que fueron exclusivas del hemisferio norte, con una distribución asociada a condiciones ambientales templadas y húmedas hasta tropicales (Harris, 1951; Krassilov, 1982; Ash, 1994; Sun et al., 2007; Vaez-Javadi, 2010). Sin embargo, Artabe et al. (1994) reportan a *Czekanowskia* Heer del Triásico de Argentina, y con base en fossilworks.org (Behrensmeyer & Turner, 2013) los registros son principalmente en el hemisferio norte y pocos en el sur, por ejemplo, en Australia (Triásico-Jurásico), Argentina (Triásico) e India (Jurásico). El país con el mayor número de registros es la Federación Rusa con 108, seguido por China con 62, ambos del Jurásico. Por otro lado, las Caytoniales solo se han registrado en el Mesozoico, y se consideran ampliamente distribuidas en ambos hemisferios (Gondwana y Laurasia) e incluso en México (Harris, 1964; Silva-Pineda, 1978b; Cantrill, 2000; Barbacka, 2006;

Lozano-Carmona, 2012). El rango estratigráfico que se registra en fossilworks.org (Behrensmeyer & Turner, 2013) es de 242.0 a 105.3 Ma, es decir del Ladiniano al Cenomaniano y tiene sus primeros registros tanto en Gondwana como en Laurasia, pero fue mucho más abundante en esta última. En el Jurásico, su distribución se incrementa en ambos hemisferios, y disminuye hacia el Cretácico, con su última aparición en el Cretácico Inferior. El mayor número de registros lo tiene China con 37 y el Reino Unido con 33. En el hemisferio sur sólo se reporta para Argentina, Antártida y Colombia (Behrensmeyer & Turner, 2013). Sin embargo, según Anderson et al. (2007), son un grupo exclusivo del hemisferio norte con sus principales afloramientos en Yorkshire, Inglaterra. Harris (1964) y Anderson et al. (2007) refieren al grupo a ambientes deltaicos. La clasificación taxonómica de estos tres grupos fue propuesta por Meyen. Dicha clasificación se comenta a continuación.

I.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE GINKGOALES Y GRUPOS AFINES. Meyen en 1984 y 1986, propone con base en la filogenia y la evolución de las semillas, la clasificación de las gimnospermas. En estos trabajos la única división propuesta es Pinophyta (=Gymnospermae), y esta división agrupa tres clases. Una de ellas es Ginkgoopsida, donde se agrupan las Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales y otras pteridospermas mesozoicas y las glossopteroideas. De los tres órdenes de plantas mencionados, el de las Ginkgoales es el más antiguo propuesto.

Engler (1897) creó el orden Ginkgoales, principalmente para clasificar al género *Ginkgo* Linnaeus. Recientemente, Zhou (2009) realizó una revisión de los fósiles de Ginkgoales, y propuso los grupos con mejor definición y sustento taxonómico. Zhou (2009) considera, con base en semillas, a seis familias del orden Ginkgoales: Ginkgoaceae Engler, Karkeniaceae Krassilov, Schmeissneriaceae Zhou, Umaltolepidiaceae Stanislavsky emend. Zhou, Yimaiaceae Zhou y Trichopityaceae Meyen. También sugiere nueve géneros de semillas, *Ginkgo* Linnaeus, *Grenana* Samylina, *Karkenia* Archangelsky, *Nehvizdyella* Kvacek, Falcon-Lang et Dasková, *Schmeissneria* Kirchner et Van Konijnenburg-van Cittert, *Stachyopitys* Schenk, *Toretzia* Stanislavsky, *Umaltolepis* Krassilov y *Yimaia* Zhou et Zhang. En el caso de los órganos foliares, Zhou (2009) propone que solo ocho tipos morfológicos de hojas están bien fundamentados y son útiles para clasificar las impresiones/compresiones de hojas. Estos fosilígenos son *Baiera* Braun, *Eretmophyllum* Thomas, *Ginkgo* Linnaeus, *Ginkgoidium* Yokoyama, *Ginkgoites* Seward, *Glossophyllum* Kräusel, *Pseudotorellia* Florin

y *Sphenobaiera* Florin, y el brote corto *Ginkgoitocladus* Krassilov. Con los amplios estudios principalmente de Europa y Asia, hoy se considera que hubo tres o cuatro linajes principales entre las Ginkgoales del Mesozoico (Zhou, 2009). Las Ginkgoales florecieron durante el Jurásico, pero se dio una amplia radiación desde el Triásico Tardío, la cual fue reflejada en una alta diversidad y se considera que este grupo de plantas pudo haber vivido bajo diferentes climas y ser habitantes de diversos ambientes (Kvacek et al., 2005; Zhou, 2009; Kiritchkova & Nosova, 2009).

Las Czekanowskiales (= *Leptostrobales* S.V. Meyen, 1987), a diferencia de las Ginkgoales, son un grupo de gimnospermas extinto. Las Czekanowskiales incluyen generalmente hojas filiformes tales como *Czekanowskia* Heer, *Hartzia* Harris, *Sphenarion* Harris, y *Solenites* Lindley et Hutton, y hojas más amplias como *Phoenicopsis* Heer. Sus estructuras reproductoras son *Leptostrobus* Heer y *Staphidiophora* Harris. Meyen (1987) incluye el brote corto bisexual *Irania* Schweitzer como un género satélite del orden. Ciertamente, *Czekanowskia* es el fosilígnero mejor conocido de este grupo, el más abundante, de mayor distribución y alcance estratigráfico (Triásico/Cretácico), principalmente en Eurasia (Harris, 1951; Krassilov, 1982; Ash, 1994; Sun et al., 2007). Sin embargo, el número total de especies es incierto, debido a una amplia diversidad fundamentada en ejemplares fragmentados y mal preservados. Por lo tanto, Ash (1994) propone que las especies mejor caracterizadas son: *C. nipponica* Kimura et Ohana, *C. aciculata* Krassilov, *C. auliensis* Doludenko et Orlovskaya, *C. turneri* Ash, *C. blakii* Harris et Miller, *C. thomassi* Harris et Miller, *C. furcata* Harris et Miller, *C. microphylla* (Phillips) Seward, *C. nathorstii* Harris, *C. hartzii* Harris y *C. rigida* Heer, y como la especie tipo *C. setacea* Heer.

Por último, las Caytoniales Gothan, 1932 es un orden que Meyen en 1984 ubica en la clase Ginkgoopsida. Éste es un orden extinto que fue descubierto en 1925 por Thomas en afloramientos del Jurásico de Cayton Bay, Yorkshire. Consiste de hojas (*Sagenopteris* Presl, 1838) y estructuras reproductoras (*Caytonia* Thomas y *Caytonanthus* Harris). Harris (1940) revisó la taxonomía de *Sagenopteris*, y propone dos especies generales *S. phillipsii* (Brongniart) Presl y *S. colpodes* emend. Harris. Entonces, hasta ahora *Sagenopteris* es el único género de hojas del orden Caytoniales, y su macromorfología generalmente no es variable. En fechas recientes se ha propuesto un mayor número de especies de *Sagenopteris*,

que son fundamentadas en caracteres cuticulares, lo que ha incrementado su diversidad (Barbacka et al., 2006; Wachtler, 2011).

I.4. MARCO GEOLÓGICO DEL SUR DE MÉXICO EN EL JURÁSICO. La zona limítrofe entre los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca corresponde al Terreno Tectonoestratigráfico Mixteco (Campa & Coney, 1983). El basamento rocoso del Terreno Mixteco es el Complejo Acatlán (Figura 1). Este complejo se compone de un conjunto de rocas metasedimentarias y de origen magmático. Su localidad tipo se ubica en las cercanías de la población Acatlán, Puebla (Ortega-Gutiérrez, 1978; Carrasco-Ramírez, 1981). La asignación de su edad ha sido variable. Por ejemplo, Ortega-Gutiérrez (1978) propuso una edad Paleozoica Temprana (Cámbrico-Devónico). Posteriormente, Talavera-Mendoza et al. (2005) proponen una edad del Mesoproterozoico al Pérmico Medio con base en análisis de geocronología de U-Pb de las secciones metasedimentarias y magmáticas del Complejo (formaciones Cosoltepec, Chazumba y la Migmatita Magdalena). Sin embargo, Nance et al. (2014) proponen un origen ligado al cierre del Océano Rheico durante el Devónico Tardío-Mississippi. Además, el Complejo Acatlán conserva registro de actividad tectónica Permo-Triásica en el margen del paleo-Pacífico y de la interacción volcánica ligada a la apertura del Golfo de México en el Jurásico. Esta propuesta la realizan con base en el análisis de ablación laser-plasma acoplado inductivamente-espectrometría de masas (LA-ICP-MS) de zircones U-Pb (Nance et al., 2014). Este complejo presenta un límite superior discordante erosional con la secuencia continental del Jurásico (Ortega-Gutiérrez, 1978; Carrasco-Ramírez, 1981;).

La secuencia sedimentaria continental mesozoica del Terreno Mixteco es diversa. Inicia con la formación Rosario, que aflora hacia la parte central de la cuenca de Tlaxiaco, en las cercanías de Tezoatlán, Oaxaca. Posteriormente, sobre esta formación, se depositó la unidad Conglomerado Cualac, y hay afloramientos en los estados de Oaxaca en los márgenes del Río Ñumi de Tlaxiaco y en el área de Tezoatlán-El Consuelo, y en Guerrero en las regiones de Olinalá y Cualac. Ambas formaciones están fechadas para el Jurásico Inferior (Carrasco-Ramírez, 1981; Corona-Esquivel, 1981; Jiménez-Rentería, 2004).

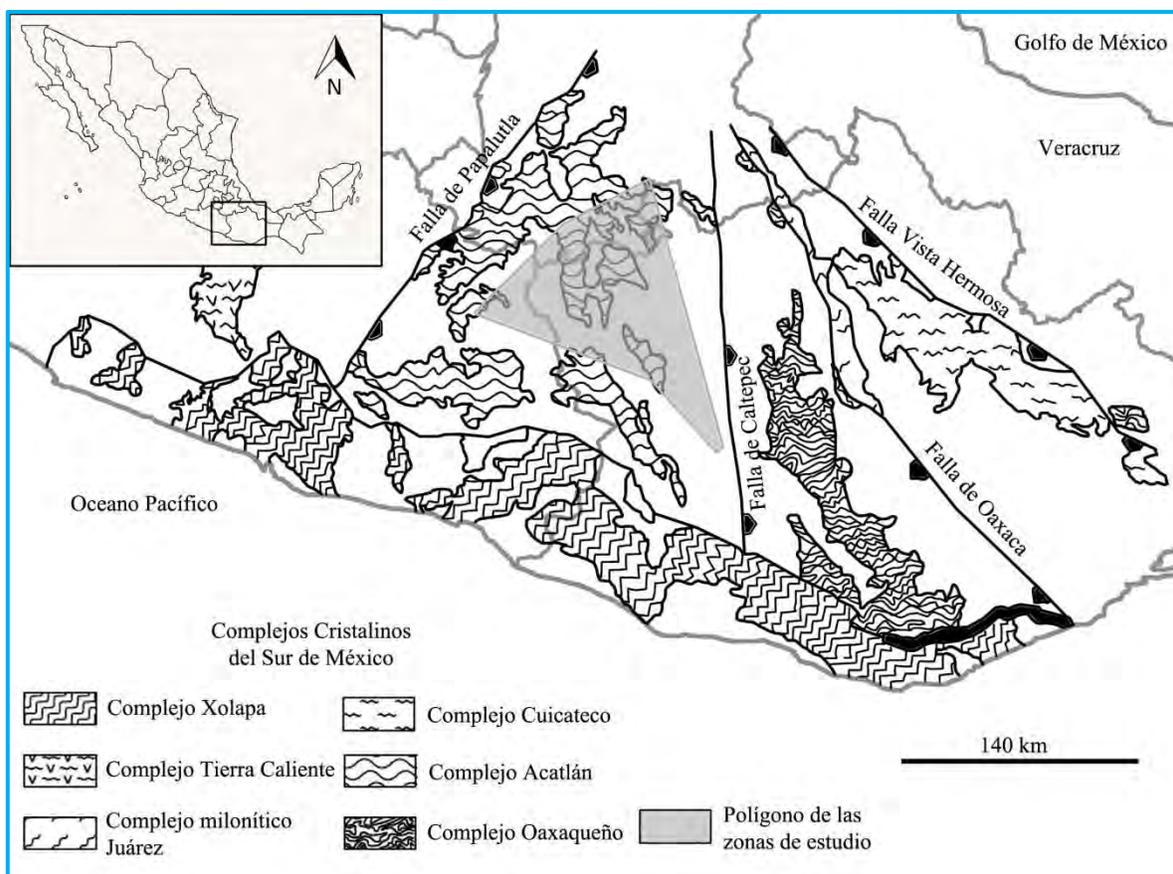


Figura 1. Mapa de la región sur de México. Se aprecia el polígono (**marco de color gris**) que engloba las zonas de estudio con el Complejo Acatlán de basamento. (Tomado y modificado de Sánchez-Zavala, 2005. Polígono realizado con Google Earth, 2015 y PhotoShop CS.5.1).

Para el Jurásico Medio, el conjunto de unidades estratigráficas fue nombradas capas Tecocoyunca por Guzmán (1950). Posteriormente, Erben (1956) elevó a estas unidades al rango de Grupo. Las unidades estratigráficas que conforman el Grupo Tecocoyunca son las formaciones Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucuñuti (Carrasco-Ramírez, 1981). En general, este grupo se encuentra constituido por secuencias claramente diferenciadas. La primera secuencia es la unidad inferior, y equivale a las formaciones Zorrillo, Taberna y Simón. Está compuesta principalmente por rocas sedimentarias de tipo detríticas y capas intercaladas de carbón con algunos horizontes calcáreos. La unidad superior corresponde a las formaciones Otatera y Yucuñuti. Las cuales consisten de rocas sedimentarias detríticas, pero con capas calcáreas más comunes (González-Torres, 1989; Morán-Zenteno et al., 1993). En las facies continentales hay presencia de abundante flora fósil compuesta por gimnospermas, Filicales y Equisetales (Velasco de León et al., 2013). Por último, se sabe hasta el momento que no hay evidencia de rocas Triásicas en el Terreno Mixteco (Morán-

Zenteno et al., 1993). El depósito de estos sedimentos fue en una geografía diversa la cual se comenta a continuación.

I.5. MARCO GEOGRÁFICO DEL SUR DE MÉXICO DURANTE EL JURÁSICO. La evolución tectónica y geográfica de México durante el Mesozoico ha sido tema de investigación ampliamente trabajado. Sin embargo, tener una visión clara y completa de la paleogeografía a nivel regional está lejos de concluirse. Por lo tanto, comentaré algunas de las propuestas paleogeográficas de la región sur de México que se han realizado, haciendo énfasis en la región que comprende al Terreno Mixteco, entre otros (Figura 2). Durante el Jurásico, mientras el supercontinente Pangea se desmembraba (proceso que inició en el Jurásico Temprano), el Terreno Mixteco se ubicaba en el espacio interamericano-africano (Campa & Coney, 1983; Ross & Scotese, 1988; Smith et al., 1994; Golanka et al., 1996; Böhnell, 1999; Dickinson & Lawton, 2001; Elías-Herrera, 2004; Anderson et al., 2007). Entre las propuestas geológicas, hay ligeras variaciones con respecto a los límites y ubicación de las fallas, así como con los movimientos que realizaron, tanto el bloque donde se ubica el Terreno Mixteco como los adyacentes. En general, el proceso tectónico del Jurásico Inferior al Jurásico Medio trató del desplazamiento de elementos de la corteza del este de México hacia el sureste. Esto fue a lo largo de fallas laterales entre bloques del basamento del actual noreste y centro-este de México, a raíz de la separación de Sudamérica y Laurentia. El bloque Chortis de América Central también estaba dentro de Pangea. Se ubicaba al oeste de Colombia y permaneció unido al sur de México (Figura 2), antes de su desplazamiento hacia el este durante el Cenozoico (Dickinson & Lawton, 2001). Además de estos trabajos geológicos, también se han realizado propuestas con base en análisis paleontológicos, basados principalmente en afinidades paleofaunísticas.

Westermann et al. (1984), Taylor et al. (1984) y Sandoval & Westermann (1986) proponen hipótesis fundamentadas en afinidades entre la fauna ammonoidea Mixteca y Andina. Estos autores consideran la ubicación del Terreno Mixteco cercana al actual norte de Chile con un desplazamiento y rotación hacia el norte. Ferrusquía-Villafranca et al. (2007) comentan que los bloques de corteza continental (Figura 2), incluyendo al Terreno Mixteco “...pudieron haber sido islas, pero no hay suficientes datos geológicos para respaldar esta afirmación...” Este análisis lo realizan con base en la paleoecología de icnofauna registrada en el Grupo Tecocoyunca de la región de Santa María Xochitlapilco, Oaxaca y su relación

con icnofaunas de Norteamérica. A un nivel más local, en el contexto de reconstrucciones de los ambientes sedimentarios, son conocidos pocos trabajos para el Terreno Mixteco para el periodo Jurásico; sin embargo, demuestran la existencia de variaciones en la morfología geográfica. Dichas propuestas se retoman en el capítulo II Descripción de Zonas de Estudio.

I.6. ANÁLISIS DE TRAZOS (PANBIOGEOGRAFÍA). Dentro de la biogeografía existe un enfoque conocido como biogeografía histórica. Este enfoque analiza principalmente los patrones de distribución de los taxones a escalas espaciales y temporales amplias (Morrone et al., 1996). Dentro de la biogeografía histórica, se ha desarrollado un método conocido como panbiogeografía (Morrone, 2004). La panbiogeografía, como método, resalta la dimensión espacial de la biodiversidad con el motivo de mejorar la comprensión de los patrones y procesos evolutivos. Es un método que cubre varios aspectos, desde la propia biogeografía, pasando por la sistemática, geología, evolución y ecología (Craw & Gibbs, 1984; Craw et al., 1999; Morrone 2004), e incluso se considera que la panbiogeografía recupera el papel de la geografía en la evolución (Craw & Heads, 1988), y el desarrollo de su análisis involucra un conjunto de herramientas conceptuales denominadas trazo, nodo, línea base y centro de masa. El mejor conocido y de mayor aplicación es el concepto o análisis de trazos (Grehan, 2001; Morrone, 2015).

El análisis de trazos consiste en tres pasos básicos (Morrone, 2015), y existen dos tipos diferentes. El primero es conocido como trazo individual, y es considerado la unidad básica en el estudio panbiogeográfico (Grehan, 2001; Morrone, 2004). El trazo individual consiste de una línea que une a las localidades donde hay registro de la especie o cualquier taxón supraespecífico. La unión de las localidades debe ser una red de tendido mínimo. El resultado es un árbol lineal o ramificado no enraizado. Este árbol es la representación gráfica que provee información sobre el área, límites, disyunciones y núcleos de poblaciones. Por lo tanto, los trazos individuales interpretan la geografía espacial, y se diferencian de los mapas de distribución porque éstos solo engloban las localidades de un taxón (Grehan, 2001; Morrone, 2004, 2015). Dos o más trazos individuales que se superponen pueden generar trazos generalizados. Este es el segundo concepto dentro del trazo. Los trazos generalizados son la representación de los patrones de distribución de la biota ancestral (Contreras-Medina et al., 2001; Grehan, 2001; Morrone, 2004, 2015;).

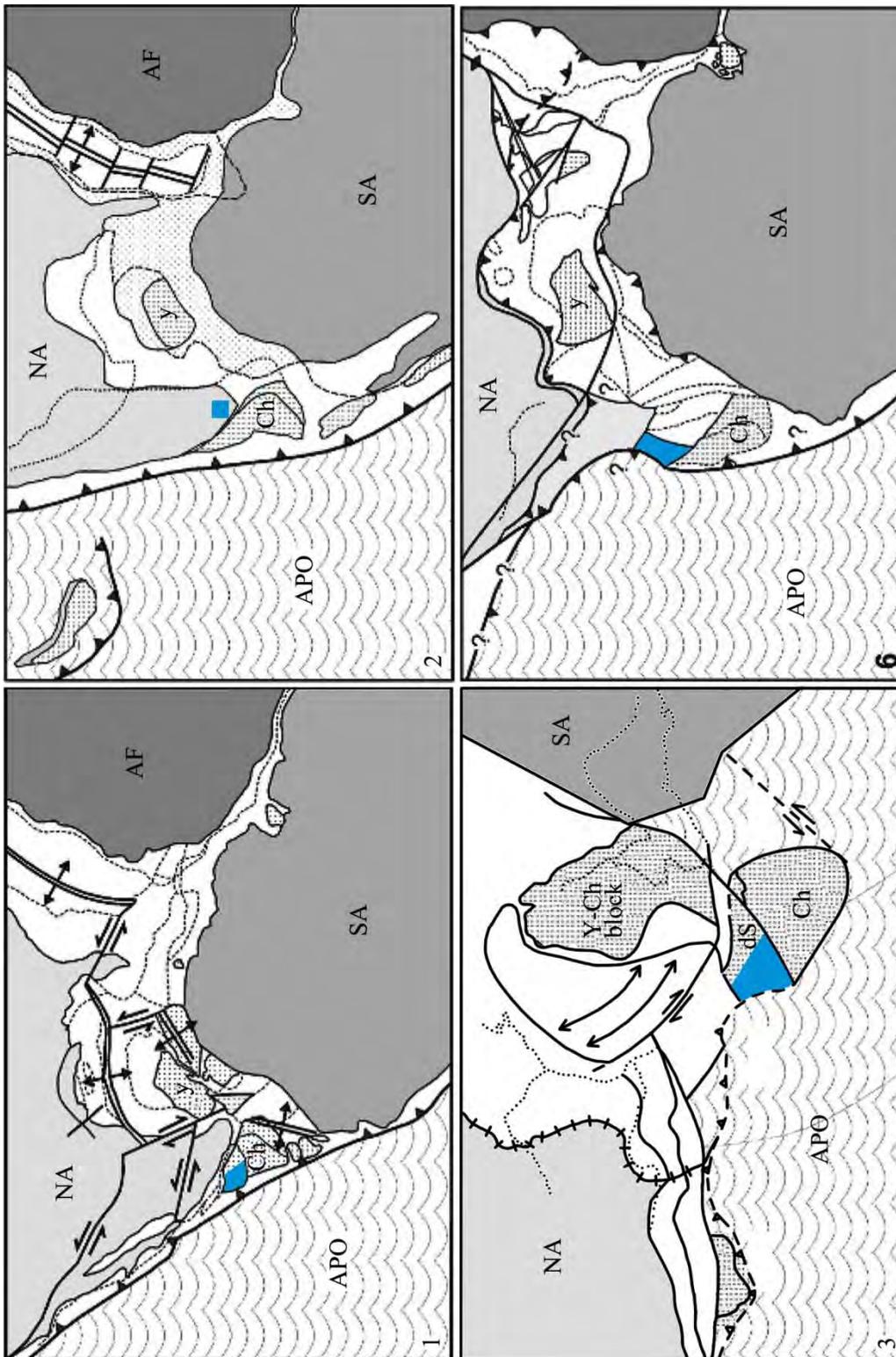


Figura 2. Reconstrucciones hipotéticas de la paleogeografía de la región de Norteamérica-Sudamérica-Africa durante el Jurásico; 1, Ross & Scotese, 1988; 2, Golanka et al., 1996; 3, Dickinson & Lawton, 2001; 4 Elias-Herera, 2004. EN el polígono azul se ubica el Terreno Mixteco. Abreviaciones: AF: África; APO: Océano Pacífico Ancestral; Ch: Bloque Chortis; dS: Bloque Del Sur; NA: Norteamérica; SA: Sudamérica; y: Bloque Yucatán; Y-Ch Bloque Yucatán-Chiapas.

Grehan (2001) lista los supuestos panbiogeográficos en los cuales se puede basar un programa de investigación. Dichos supuestos son los siguientes. 1.-Los patrones de distribución constituyen una base de datos empírica para el análisis biogeográfico. 2.-Los

patrones de distribución proveen información acerca de dónde, cuándo y cómo evolucionan animales y plantas. 3.- Los componentes espacial y temporal de estos patrones de distribución pueden representarse gráficamente. 4.-La correlación entre gráficos de distribución y atributos geológicos/geomorfológicos puede conducir a la formulación de hipótesis contrastables acerca de las relaciones históricas entre la evolución de las distribuciones y la historia de la Tierra. Por lo tanto, en este contexto el método panbiogeográfico, por medio de un análisis de Trazos, es idóneo para tener el primer análisis base de las implicaciones biogeográficas de los hallazgos de Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales en México.

OBJETIVOS

GENERAL

Conocer la distribución geográfica y estratigráfica que tuvieron las Ginkgoales y grupos afines durante el Jurásico en el sur de México, así como sus implicaciones en la distribución de los reinos paleoflorísticos de Laurasia y Gondwana.

PARTICULARES

- A.** Compilar y tipificar los caracteres taxonómicos de los fosilitaxones estudiados.
- B.** Registrar la distribución temporal y espacial (estratigráfica) del orden Ginkgoales y grupos afines en las localidades estudiados del Jurásico del sur de México.
- C.** Analizar la distribución de los fosilitaxones, con el empleo de los diferentes modelos paleogeográficos propuestos para el Jurásico de México.
- D.** Realizar un análisis de trazos (método panbiogeográfico) con la composición taxonómica mexicana y la de los reinos paleoflorísticos del Jurásico.

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Las Zonas de Estudio son descritas según su cronología. Se ubican en la región sur de México y dentro del Terreno Tectonoestratigráfico Mixteco, entre los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca, sobre el Complejo Acatlán (Figura 1).

II.1. JURÁSICO INFERIOR

II.1.1 Formación Rosario (Erben, 1956). Esta unidad aflora en la parte central de la cuenca de Tlaxiaco. La localidad tipo se ubica en la población El Rosario, al suroeste de Tezoatlán, Oaxaca. El espesor varía de 100 a 250 m; en la zona de estudio es de 70.4 m, y cubre de manera discordante al Complejo Acatlán. La edad estimada, con base en su posición estratigráfica, es del Jurásico Temprano (Toarciano/Aaleniano) (Erben, 1956; Morán-Zenteno et al., 1993). La litología está compuesta por intercalaciones de arenisca de color café rojizo a amarillento, lutita grisácea y con horizontes de carbón de 30 cm de espesor (Figura 3. A). La asociación litológica indica que la Formación Rosario se depositó en un ambiente fluvial, con llanuras de inundación, y con base en registro palinológico se sugieren ocasionales transgresiones marinas y una cercanía a la costa (Erben, 1956; Morán-Zenteno et al., 1993; Jiménez-Rentería, 2004; López-Palomino, 2008). La zona de estudio se ubica cerca del poblado de Rosario Nuevo, Oaxaca y presenta abundante paleoflora compuesta principalmente por Cycadales, Bennettitales, Podozamitales y Filicales presentes en los estratos de lutita grisácea y arenisca fina (Velasco et al., 2013; Ortega et al., 2014).

II.2. JURÁSICO MEDIO

II.2.1 Grupo Tecocoyunca (Erben, 1956). Este grupo ha sido estudiado desde principios del siglo XX. Algunos trabajos son los de Burchardt (1927), quien reconoce siete facies y biofacies. Guzmán (1950) nombra a las rocas que afloran en los alrededores del poblado Tecocoyunca como “capas Tecocoyunca”. Sin embargo, Erben en 1956 propone considerar a estas rocas como Grupo, por su espesor y la diferenciación de cinco formaciones, las cuales presentan variable litología y contenido fósil.

Se pueden reconocer dos subgrupos: el inferior compuesto por las formaciones Zorrillo, Taberna, Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y Simón, las cuales se caracterizan por ser rocas sedimentarias con intercalaciones de estratos de carbón, algunos horizontes calcáreos y la presencia de abundante flora fósil. La secuencia superior está compuesta por las formaciones Otatera y Yucuñuti. Éstas consisten de rocas detríticas, pero con capas calcáreas. Se considera que todas las formaciones se depositaron durante el Jurásico Medio, desde el Bajociano hasta el Calloviano (Carrasco-Ramírez, 1981; Sandoval & Westerman, 1987; Morán-Zenteno et al., 1993). Esta edad es con base en su contenido fósil (ammonoideos) y las relaciones estratigráficas ya que sobreyace concordante y transicionalmente a la Formación Conglomerado Cualac, y el grupo está cubierto por sedimentos marinos del Jurásico Superior y Cretácico Temprano, y por toba andesítica del Cenozoico. La localidad tipo del grupo está en la Barranca de Tecocoyunca, ubicada entre Cualac y Huamuxtitlán, Guerrero (Erben, 1956; Morán-Zenteno et al., 1993; López-Palomino, 2008). En general, se ha planteado un ambiente de depósito de tipo fluvial, donde dominaron las planicies de inundación con pantanos locales y áreas con influjos marinos (Ortega-Gonzales & Lambarria-Silva, 1991). Las transgresiones y regresiones marinas sugieren que el límite océano-continente fue a lo largo del noroccidente de Oaxaca (Cantú-Chapa, 1998).

Se trabajaron varias localidades indiferenciadas del Grupo Tecocoyunca. La primera se denomina Cañada del Ajo, que se ubica en el Municipio de Tecamatlán, Puebla (Rojas, 2010). De ésta localidad no hay datos estratigráficos. Por lo tanto, se toma a reserva la correspondencia al Grupo Tecocoyunca. Los ejemplares fósiles están depositados principalmente en lutita carbonosa, de color gris claro. El grupo dominante de flora en esta localidad son las Bennettiales. La segunda localidad corresponde a tres niveles estratigráficos en la región de Olinalá, Guerrero. La columna medida en esta zona presenta un espesor de 398 m. En general, la composición litológica de esta localidad es de estratos de lutita intercalada con arenisca y lentes de carbón interestratificados (Figura 3. B). Es entre los 200 y 300 m donde se ubican a las localidades denominadas La Carretera (CCC) y la Barranca (CCB). Son zonas que presentan una flora compuesta por Bennettiales, Coniferales, Filicales, Equisetales, Ginkgoales e Incertae Sedis. Por lo tanto, se ha interpretado para esta sección, un depósito continental, ambiente subaéreo con pequeñas

zonas pantanosas en la llanura de inundación asociado a un sistema meándrico (Velasco et al., 2013; Flores & Mercado, 2015; Martínez-Paniagua, 2015).

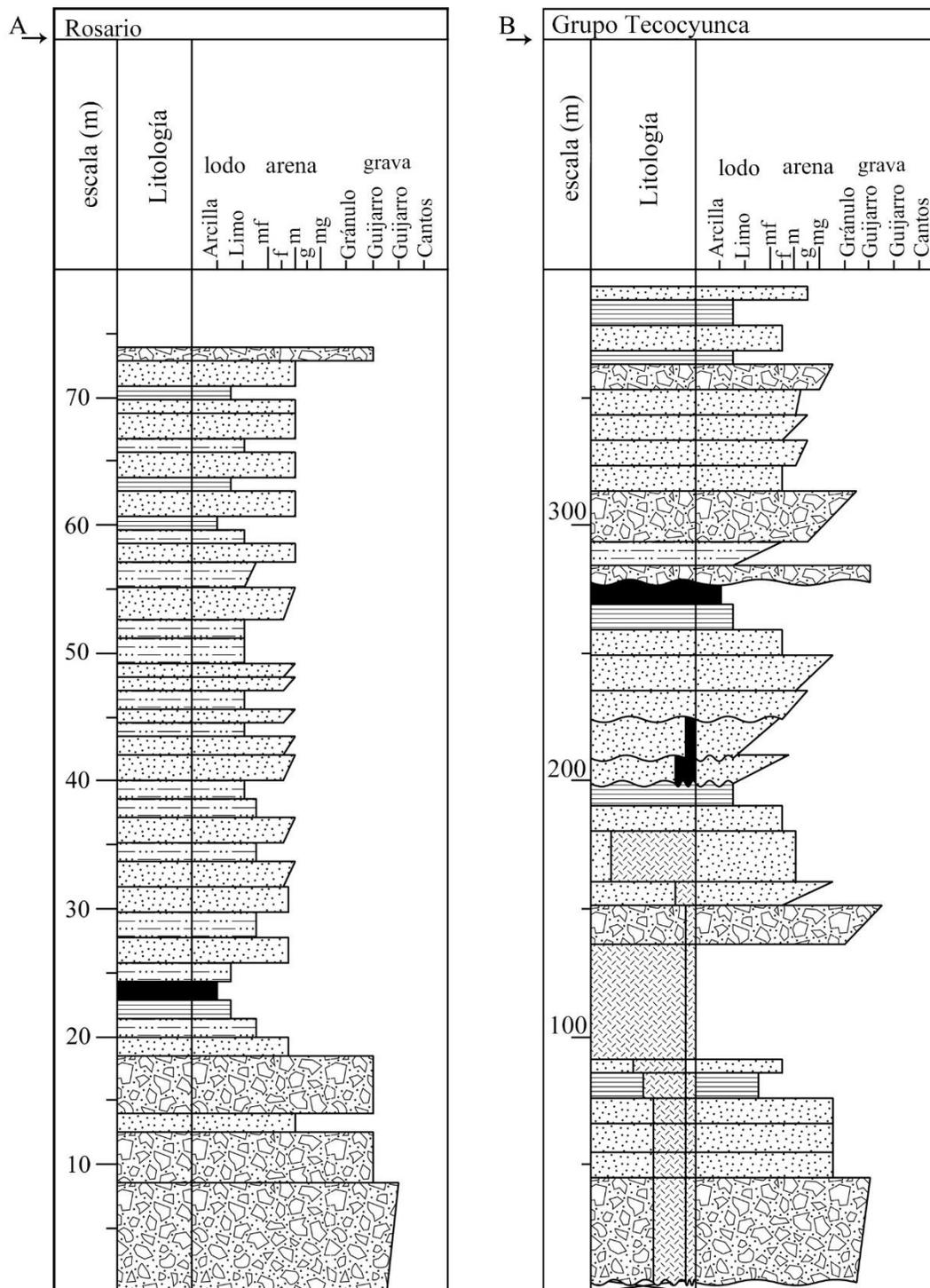


Figura 3. **A**, Sección estratigráfica de la formación Rosario. **B**, Columna estratigráfica general del Grupo Tecocyunca en la región de Olinalá

II.2.2. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas (Carrasco-Ramírez, 1981). Las formaciones Zorrillo y Taberna son conjuntadas debido a que su parecido litológico es alto, incluso su relación transicional. Esto dificulta la distinción entre ellas fuera de sus localidades tipo. Es principalmente en las rocas que afloran en la ribera del Río Ñumi, (Tlaxiaco, Oaxaca) donde esta distinción es muy complicada. Por lo tanto, Corro & Ruiz (2011) concuerdan en mantener el nombre de Zorrillo-Taberna Indiferenciadas propuesto por Carrasco-Ramírez (1981). En la zona estudiada la columna tiene un espesor de 325 m a partir del contacto con el Conglomerado Ñumí (=Conglomerado Cualac). La litología está constituida por estratos de arenisca intercalada por lutita y cuerpos lenticulares de carbón (Figura 4. A). La edad propuesta para esta formación corresponde al intervalo del Bajociano/Bathoniano, esta propuesta es con base en su relación estratigráfica y contenido fósil (Carrasco-Ramírez, 1981; Sandoval & Westerman, 1987; Corro & Ruiz, 2011). En la porción superior se encuentra la mayor diversidad paleoflorística, compuesta por Bennettitales, Cycadales, Filicales, Equisetales, Coniferales, Caytoniales, Podozamitales, Ginkgoales e *Incertae sedis* (Lozano-Carmona, 2011, 2012; Velasco et al., 2013). El depósito de sedimentos se llevó a cabo bajo una subsidencia continua, proceso que permitió que la sedimentación fuera homogénea. Con base en el análisis de las facies y sus asociaciones, Corro & Ruiz (2011) interpretan y proponen que la parte superior de la formación se depositó en un ambiente de “llanura deltaica con lagos y pantanos en su proximidad”.

Por otro lado, se estudian dos nuevas localidades que provisionalmente se correlacionan con la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. La primera de ellas se ubica en San Miguel Ixcatlán (Yosondua, Oaxaca), y está constituida por intercalaciones de arenisca y lutita y cuerpos lenticulares de carbón. Los estratos de lutita presentan laminaciones plano-paralelas. El espesor de la columna medida hasta el momento es de 14 m (Figura 4. B). La segunda localidad está a las afueras de San Juan Mixtepec (Tlaxiaco, Oaxaca). Su composición litológica del afloramiento consiste de intercalaciones de arenisca fina a media amarilla-ocre, lutita gris oscura y lentes de carbón con un espesor parcial de 145 m. Las capas fosilíferas están entre los ocho y los 10 metros de espesor de la columna (Figura 5. A) (Nota: una descripción más detallada de estas localidades se presenta en el apéndice II de esta tesis).

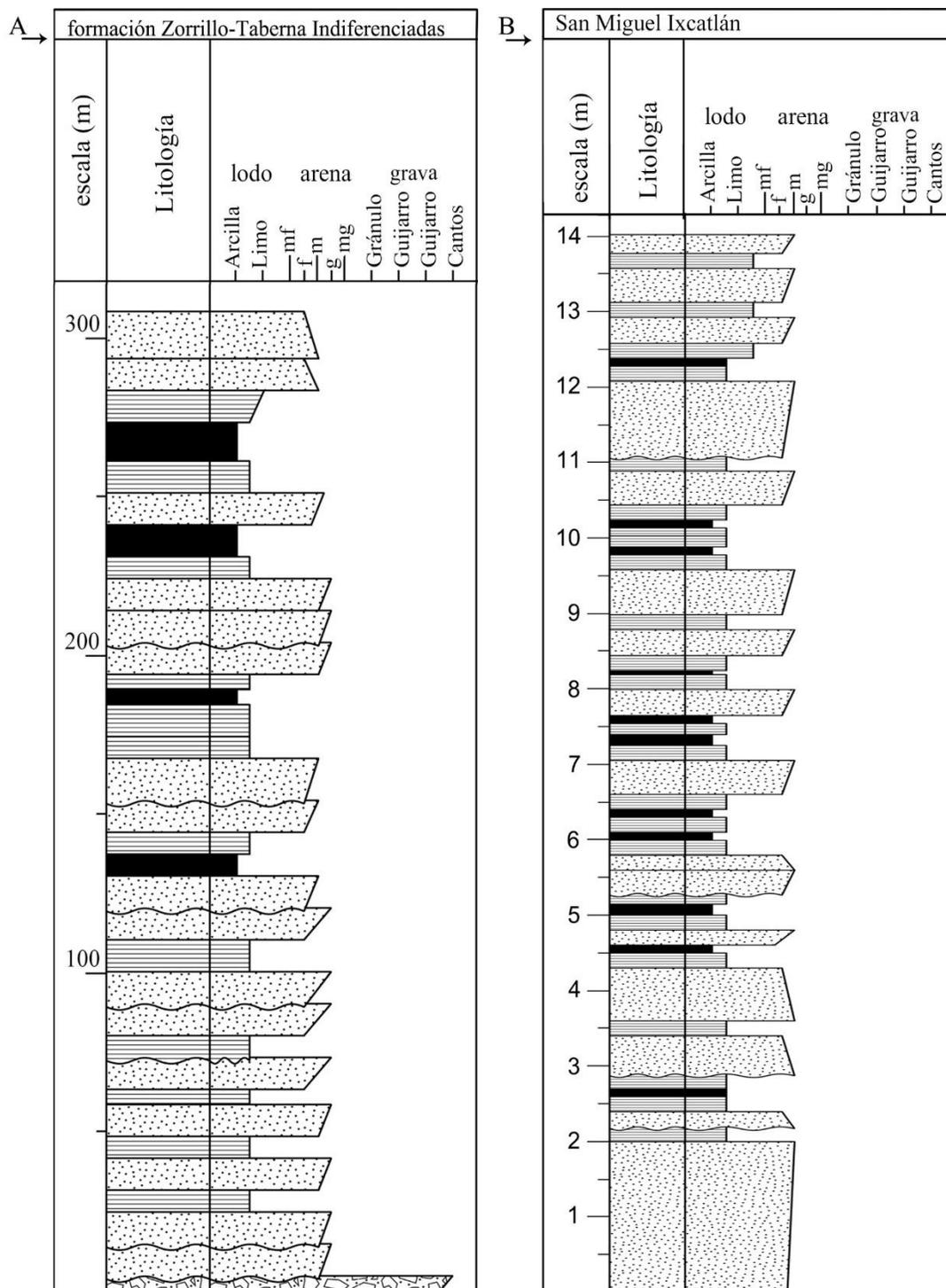


Figura 4. **A**, Columna estratigráfica general de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad Río Ñumi. **B**, Sección estratigráfica de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad San Miguel Ixcatlán.

II.2.3. Formación Tecamazúchil (Pérez-Ibargüengoitia et al., 1965). El afloramiento de esta formación está al noroeste de la ciudad de Huajuapán de León. Se ha reportado que consiste de intercalaciones de arenisca, limolita, lutita y conglomerado de origen continental, y se maneja como localidad tipo al afloramiento en el río Tecamazúchil (Pérez-Ibargüengoitia et al., 1965; Grimaldo, 2010). Campos-Madrigal et al. (2013) reconocen 15 facies fluviales. Desde facies de grano grueso soportadas por matriz, hasta facies de grano fino laminadas y paleosuelos. La composición consta de rocas clásticas que incluyen conglomerado monomítico y oligomítico, grauvaca lítica, sublitarenita y subarcosa. Así mismo, Campos-Madrigal et al. (2013) proponen subdividir la sucesión clástica del Jurásico Medio de la cuenca de Ayuquila en dos unidades litoestratigráficas. Ellos fundamentan esta propuesta con base en el reconocimiento de una discordancia angular mayor en su análisis de facies, así como en fechamientos de circones magmáticos y detríticos. Definen a la Formación Ayuquila como un depósito del Bajociano/Bathoniano y a la Formación Tecamazúchil correspondiente al Calloviano. Además, comentan un cambio climático de semiárido a húmedo respectivamente. Por otro lado, la propuesta de columna estratigráfica de Grimaldo (2010), es usada para este trabajo ya que se constata la procedencia exacta de los fósiles de plantas trabajados. La columna tiene un espesor de 705 m (Figura 5. B). Campos-Madrigal et al. (2013) proponen, con base en análisis de facies, que por arriba de la discordancia se trata de un sistema fluvial trenzado, pero más evolucionado que el de la Formación Ayuquila, bajo un proceso de colmatación y probablemente como una cuenca endorreica. Grimaldo (2010) propone, bajo un análisis de litología, contenido fósil y estructuras sedimentarias "...un ambiente de depósito fluvial con desarrollo de barras laterales y longitudinales combinado al desarrollo de sistemas meándricos...", bajo condiciones cálido-húmedas. Ambas propuestas coinciden en una orientación de NW-SE.

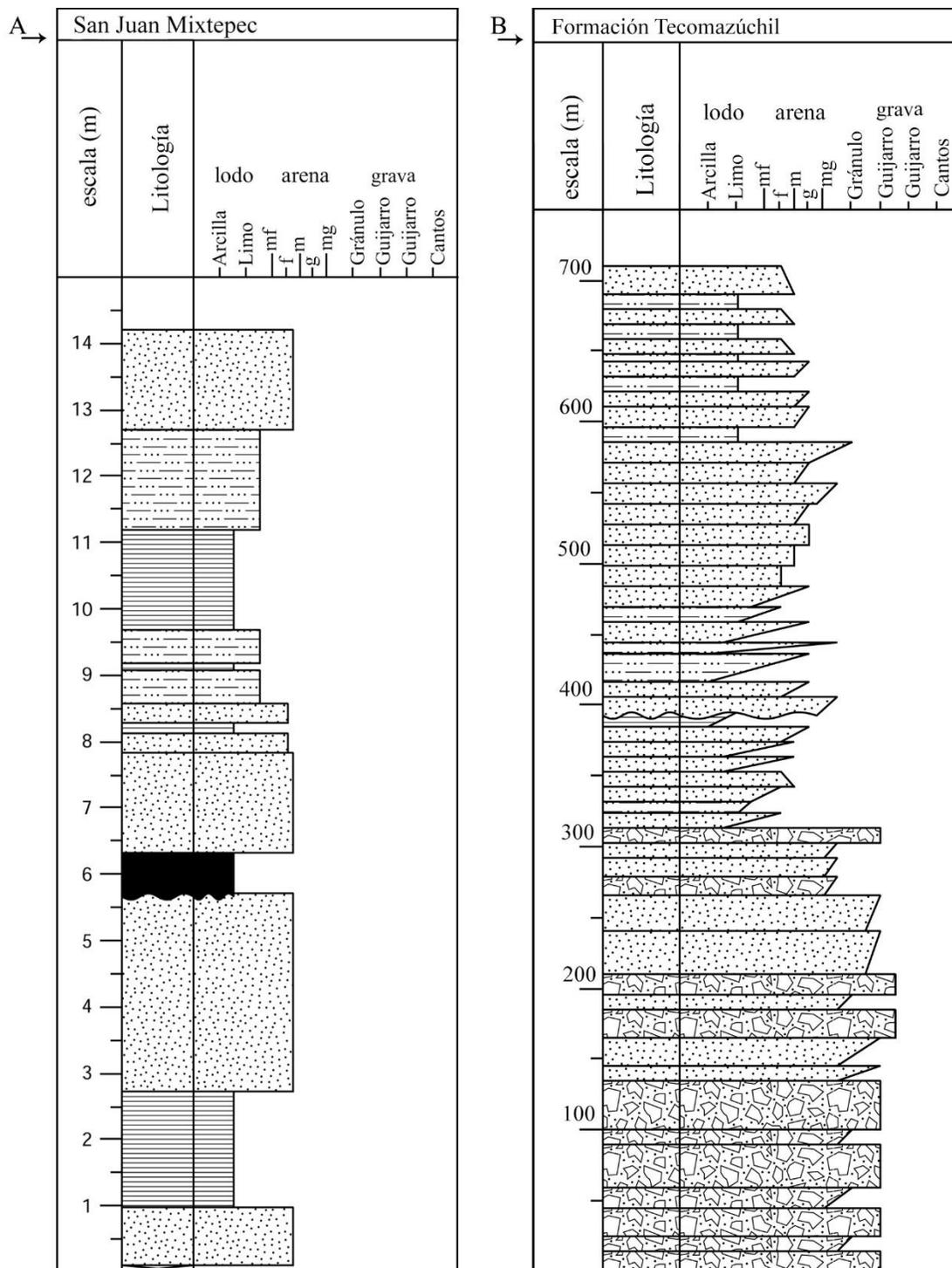


Figura 5. **A**, Sección estratigráfica de la localidad San Juan Mixtepec, ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. **B**, Columna estratigráfica general de la Formación Tecomazúchil.

III. METODOLOGÍA

A) COMPILACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE CARACTERES TAXONÓMICOS DE LA PALEOFLORA ESTUDIADA

Se revisaron 3074 ejemplares de 14 localidades. El material estudiado consiste principalmente de impresiones carentes de cutícula. Por lo tanto, para realizar las determinaciones taxonómicas se emplearon únicamente caracteres morfológicos-macroscópicos. Los caracteres morfológicos son comúnmente usados para la identificación de fosilitaxones (Sour & Ballesteros, 2002). La metodología de este trabajo se describe por grupo. Los detalles morfológicos de las hojas se obtuvieron con base en los parámetros propuestos por Gnaedinger & Herbst (1999), los cuales fueron adaptados de Font Quer (1963) para Ginkgoales (Figura 6).

- Segmento: Sector de una hoja palmatisecta, cuyo ancho es mayor de 0.5 cm.
- Lacinia: Segmento por lo general profundo y angosto, menor de 0.5 cm, con aspecto filamentoso.
- Incisiones: Se clasifican con base en la relación profundidad/radio de la hoja.
 - Profunda: Mayor de 2/3 del radio.
 - Mediana: entre 2/3 y 1/3
 - Leve: menor a 1/3

Otros caracteres diagnósticos para la determinación de géneros y especies de Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales son los detallados en las tablas 1, 2, 3 y Figuras 6, 7, y 8, con los cuales se clasificaron los fosilitaxones estudiados. Estos caracteres taxonómicos fueron tomados de 65 publicaciones, tanto artículos científicos como libros de enfoque paleobotánico. Por ejemplo, Harris (1964), Kimura & Tsujii (1984), Ash (1994), Gnaedinger & Herbst (1999), Cantrill (2000), Lyndon et al. (2003), Sun et al. (2003), Kvaček et al. (2005), Barbacka et al. (2006), Wu et al. (2006), Anderson et al. (2007), Kiritchkova & Nosova (2009), Ash, (2010) y Velasco de León et al. (2014).

El criterio para la determinación de los géneros y especies de Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales varía considerablemente de autor en autor. Por lo tanto, se emplearon los siguientes caracteres morfométricos y su metodología de medición. De este modo se tipificó, es decir, se ajustaron los caracteres taxonómicos a una norma común, y así se disminuyeron las variaciones en los criterios de determinación de los géneros y las especies.

Lista de caracteres morfométricos y su metodología de medición:

- a) **Largo de hoja:** se medirá desde el término del peciolo, hasta el ápice de la hoja, siguiendo una línea transversal a lo largo de la hoja; unidad: centímetros (cm).
- b) **Ancho de hoja:** se medirá el ancho máximo, siguiendo una línea perpendicular a la línea de largo de la hoja; unidad: centímetros (cm).
- c) **Área foliar:** $(L) \times (A) \times (0.66)$; donde L es largo de hoja o foliolo, A es ancho del mismo y 0.66 un factor de corrección (Welles & Norman, 1991; Ollat et al., 1998); unidad: centímetros (cm).
- d) **Categoría foliar:** *sensu* Ortiz-Martínez et al., 2013.

No.	Intervalo (cm ²)	Nombre	Material fósil (%)	Material actual (%)
1	menor a 0.01142	Nanófila I	0	0
2	de 0.01142 a 0.08240	Nanófila II	1.67	0
3	de 0.08241 a 1.3660	Micrófila I	58.06	0
4	de 1.3661 a 3.4835	Micrófila II	16.12	6.09
5	de 3.4836 a 9.8551	Micrófila III	12.9	25.6
6	de 9.8552 a 57.7427	Notófila	10.75	44.18
7	de 57.7428 a 304.90	Mesófila I	0.53	23.25

- e) **Angulo de la base:** se medirá colocando la línea de cero grados sobre el margen de la hoja y se registrará la abertura de la lámina foliar; unidad grados (°).
- f) **Numero de venas:** este dato se tomará antes de la primera incisión; si fuera el caso, si no donde mejor se observen y mencionar la ubicación del dato.
- g) **Dicotomía de venas:** se seguirán las venas a lo largo de la lámina foliar, identificando el número de bifurcaciones de una misma vena.

- h) **Anastomosis de venas:** se contabilizarán el número de éstas a lo largo de las venas, y se menciona su abundancia
- i) **Segmentos o lacinias:** contabilizar el número de estos, así como su distinción.
- j) **Largo de Segmento o lacinia:** se medirá a partir de la bifurcación de la lámina foliar y hasta el ápice o parte más extrema del mismo, siguiendo una línea recta; unidad: centímetros (cm).
- k) **Ancho de Segmento o lacinia:** se medirá el ancho máximo, siguiendo una línea perpendicular a la de largo del segmento o lacinia; unidad centímetros (cm).
- l) **Incisión:** considerando el radio total de la lámina foliar, se determinará este carácter.
- m) **Tipo de ápice y tipo de base:** estos caracteres se manejarán bajo los estándares de morfología foliar en botánica.
- n) **Largo de Pecíolo:** se medirá desde el inicio de éste hasta donde se observe una clara distinción entre lámina y pecíolo, es decir un cambio abrupto de anchura.
- o) **Ancho del Pecíolo:** se medirá en la parte media de éste, siguiendo una línea perpendicular.

Con base en estos caracteres se identificarán y clasificarán los ejemplares depositados en la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, correspondientes al Periodo Jurásico.

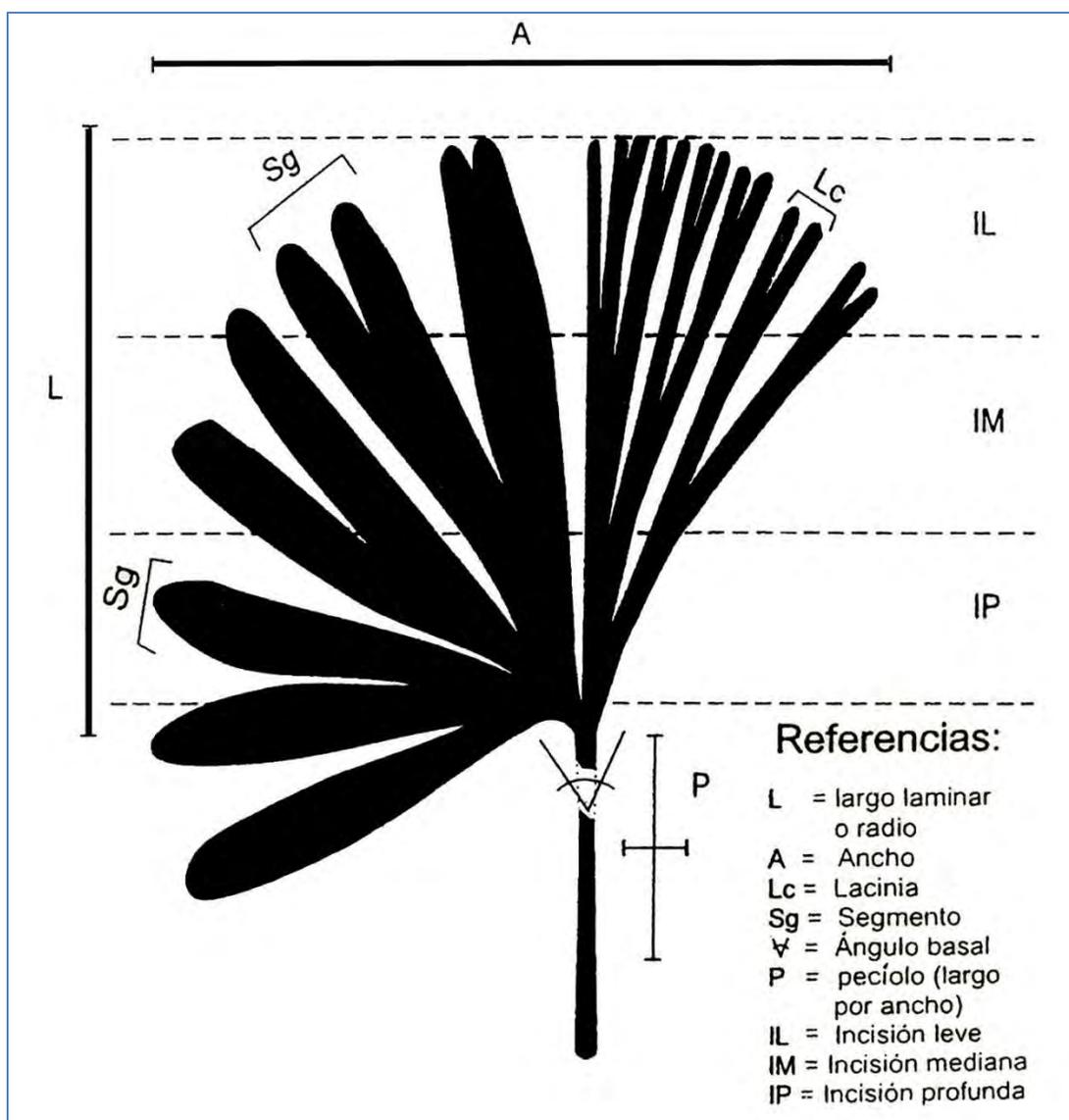


Figura 6. Detalles morfológicos de las hojas de Ginkgoales. (Tomado y modificado de Gnaedinger & Herbst, 1999).

Tabla 1. Caracteres taxonómicos empleados para la determinación de Ginkgoales.

Largo de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Área foliar (cm)	Categoría foliar
Ángulo de la base (°)	Número de venas por (cm)	Dicotomías de venas	Cutícula
Segmentos o lacinias	Largo de Segmento o lacinia (cm)	Ancho de Segmento o lacinia (cm)	Incisión
Tipo de ápice	Tipo de base	Largo de Pecíolo (cm)	Ancho del Pecíolo (cm)

Tabla 2. Caracteres taxonómicos empleados para la determinación de *Czekanowskiales*.

Dicotomías de hojas	Largo de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Hojas Base	Hojas Totales	Ángulo (°)	Número de Venas	Apariencia foliar
---------------------	--------------------	--------------------	------------	---------------	------------	-----------------	-------------------

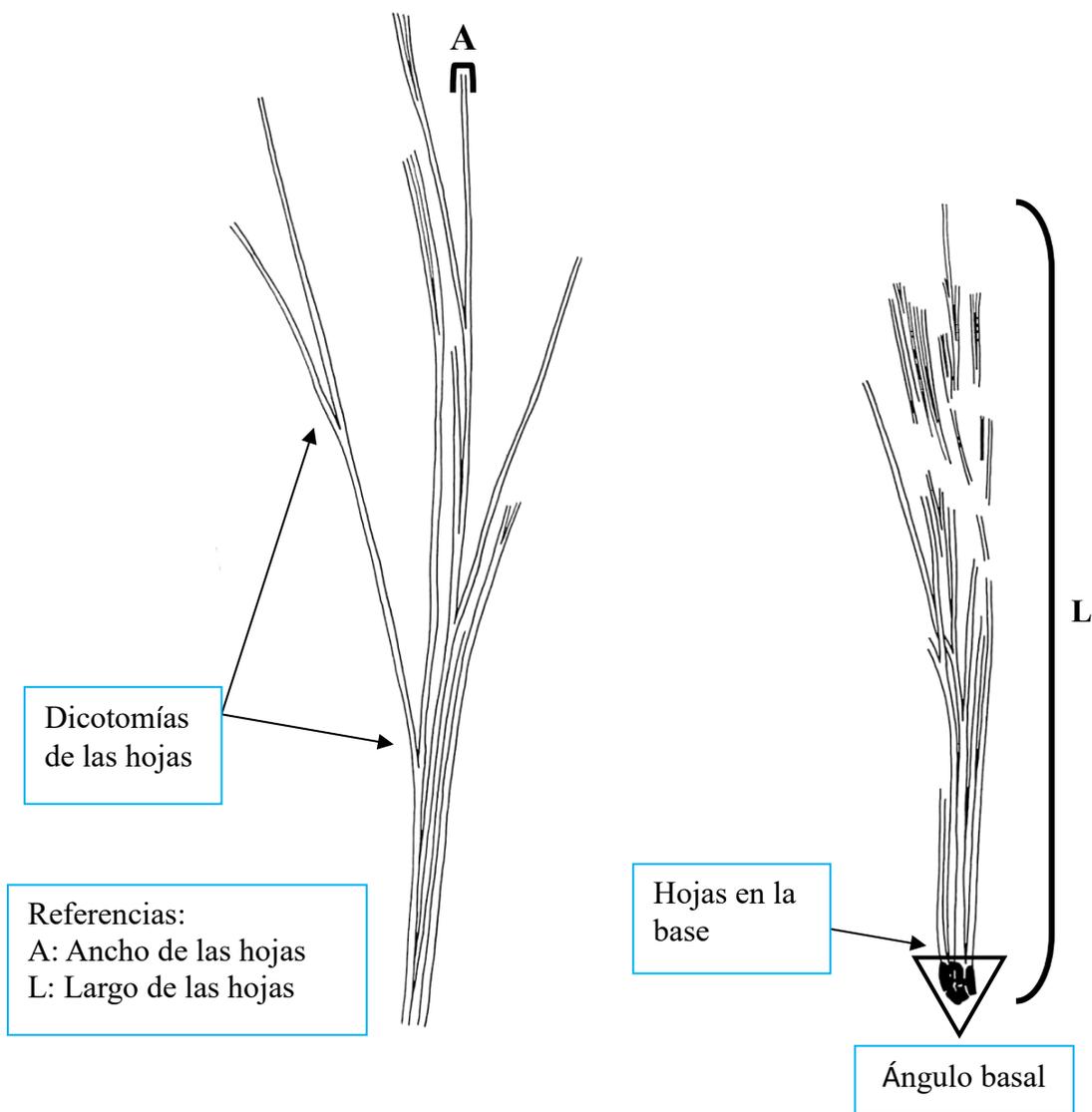


Figura 7. Detalles morfológicos de las hojas de *Czekanowskiales*. (Imágenes tomadas y modificadas de Kimura & Tsujii, 1984).

Tabla 3. Caracteres taxonómicos empleados para la determinación de hojas de Caytoniales.

Número de dicotomías de venas secundarias	Largo de folíolo (cm)	Ancho de folíolo (cm)	Número de folíolos por pecíolo	Largo de pecíolo	Ancho de pecíolo	Numero de Venas secundarias	Tipo de ápice
Ancho de vena primaria	Largo de hoja palmada	Ancho de hoja palmada					

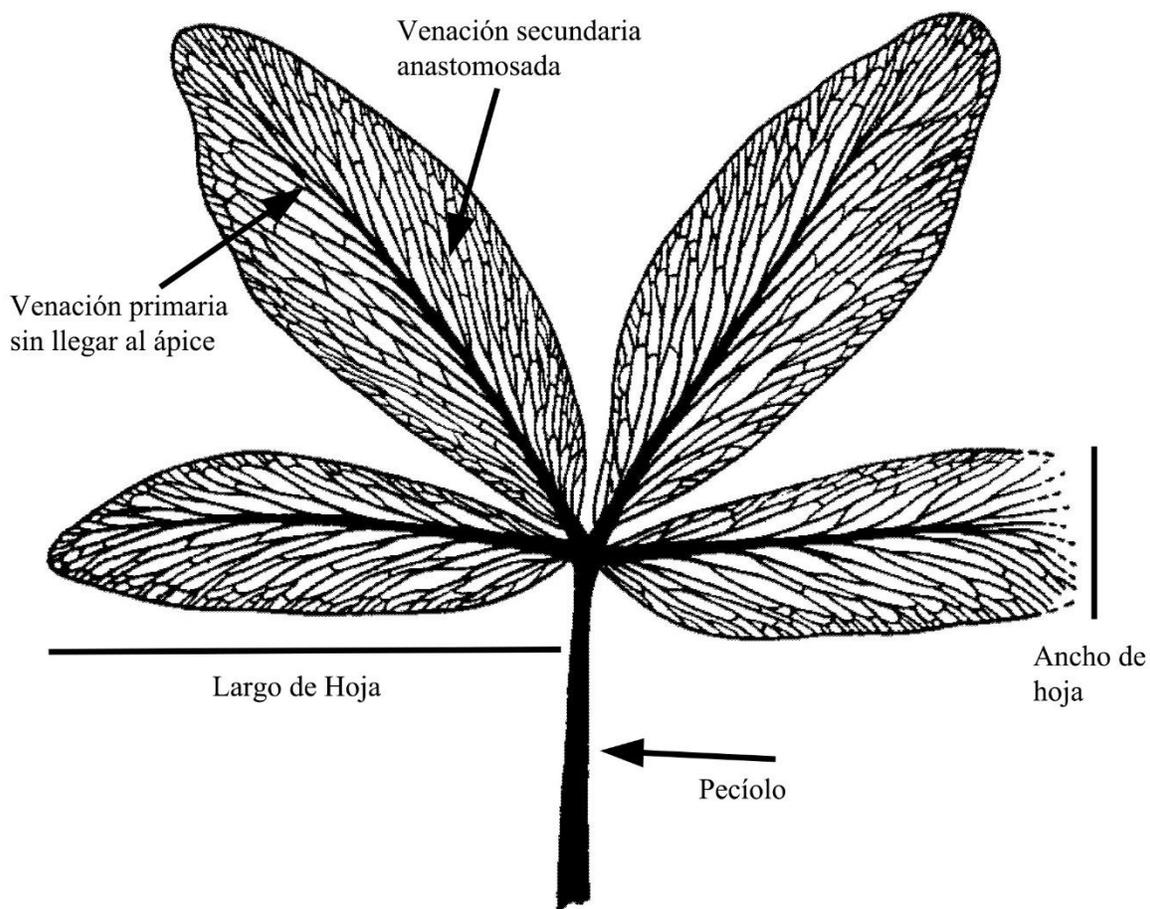


Figura 8. Detalles morfológicos de las hojas de Caytoniales (*Sagenopteris*). (Tomado y modificado de <http://www.thegcr.org.uk/>).

Para la toma de datos morfométricos se empleó un vernier y transportador de 360°. Para el registro fotográfico de cada ejemplar se usó una cámara Sony Cíbershot DSC-H10 (Lente Carl Zeiss: 3,5-4,4/6,3-63) y para las muestras que requerían toma microscópica se usó un estereoscopio Nikon SMZ-10A. Cada imagen fue registrada con una escala milimétrica. Para obtener datos micromorfométricos se empleó el programa ImageJ, el cual permite realizar mediciones de distancias y ángulos a escala milimétrica.

Para obtener mejores beneficios del uso de los datos, tanto en la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza como en solicitudes de consultas externas, se realizó una base de datos en Microsoft Access 2010, conjuntando datos taxonómicos, estratigráficos y la fecha de colecta respectiva. Todos los datos cuantitativos y cualitativos se anexaron a una base de datos en formato Microsoft Excel 2010.

Para corroborar las determinaciones a nivel de género, se realizó una estancia en la Colección de Paleobotánica del Museo de La Plata, Argentina. En esta colección se resguardan ejemplares tipo de varios géneros de Ginkgoales y material de Czekanowskiales y Caytoniales de varias localidades de Argentina y de Yorkshire, Inglaterra. Por lo tanto, las descripciones sistemáticas han sido enriquecidas con observaciones de este material, pero principalmente denotan la morfología del material mexicano.

Por último, para el mejoramiento y optimizar el uso en el análisis de datos, publicaciones y presentaciones de los ejemplares fósiles se realizó un tratamiento con el software PhotoShop CS5.1 a las imágenes previamente capturadas. Cada tratamiento fue sin alterar la imagen (foto) de cada ejemplar.

B) REGISTRO DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA PALEOFLORA ESTUDIADA. Para enmarcar la presencia de los taxones en su ubicación espacial actual (geográfica) se emplearon los datos de la ubicación del material, es decir, coordenadas, localidad, municipio y estado. Para ubicar la distribución temporal (estratigráfica) se usaron los datos presentados en tesis de estratigrafía de la región (Grimaldo, 2010; Corro & Ruiz, 2011; Hernández & Rodríguez, 2012; Flores & Mercado, 2015). La información estratigráfica se complementó con datos generales de las localidades y las formaciones presentes en publicaciones científicas (López-Ramos, 1981; Morán-Zenteno et al., 1993; Cantú-Chapa, 1998) y datos del Servicio Geológico Mexicano. Así se obtuvo la distribución precisa de los grupos de paleoflora trabajada. Cabe mencionar que, para homogenizar el

diseño de las columnas y secciones estratigráficas de las tesis consultadas, se usó el programa SedLog ver. 3.1 (Zervas et al., 2009). Las columnas presentadas en esta tesis corresponden a las localidades de estudio, dichas localidades se ubican en un mapa de geográfico del centro-sur de México.

Para puntualizar las localidades con presencia de la flora de estudio se creó un mapa de la región centro-sur de México, que comprende principalmente los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. Ilustrando con imágenes el tipo de órgano y grupo de flora presente. Este mapa se creó con el empleo de Google Earth 2015, PhotoShop CS5.1 y las coordenadas de cada localidad presentes en la base de datos de la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza y tesis inéditas (Aguilar, 2004; Rojas, 2011; Lozano-Carmona, 2012; Ortega, 2013; Flores, 2014; Martínez-Paniagua, 2015).

C) ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS TAXONES EN LOS MODELOS GEOGRÁFICOS DEL SUR DE MÉXICO DURANTE EL JURÁSICO. Para realizar este análisis se tomaron como base las propuestas geográficas de México durante el Jurásico (Inferior-Medio). Primero se realizó el análisis con base en las hipótesis a nivel de región el cual es denominado espacio interamericano-africano (Figura 2) (Ross & Scotese, 1988; Smith et al., 1994; Golanka et al., 1996; Böhnell, 1999; Dickinson & Lawton, 2001; Ferrusquía-Villafranca et al., 2007). Después, con base en la porción del Terreno Mixteco enmarcada como Zona de estudio en la Figura 1, solo se empleó el modelo hipotético del Bajociano/Bathoniano propuesto por Morán-Zenteno et al. (1993), por ser el único en su tipo hasta el momento para esta zona. A nivel local se emplearon las propuestas paleoambientales de cada localidad. Ambientes propuestos en los trabajos publicados y tesis inéditas. De la formación Rosario: Morán-Zenteno et al. (1993); Aguilar (2004); Jiménez-Rentería (2004) y Ortiz-Martínez (2014); para el Grupo Tecocoyunca (Región Olinalá): Ortiz-Martínez (2014) y Flores & Mercado (2015); para la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas: Corro & Ruiz (2011) y Ortiz-Martínez (2014) y para la Formación Tecomazúchil: Grimaldo (2010); Campos-Madrigal (2013) y Ortiz-Martínez (2014). Por último, se correlacionaron estos tres niveles para identificar causas que favorecieron el establecimiento de la flora estudiada.

D) ANÁLISIS DE TRAZOS (INDIVIDUAL Y GENERALIZADO). Para obtener trazos individuales y generalizados de la flora de Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales, primero se recopilaron las paleocoordenadas de ocho géneros de las tres épocas del periodo Jurásico. Es necesario contar por lo menos con tres georreferencias para cada género (Grehan, 2001). La recopilación de paleocoordenadas se realizó en las bases de datos de los sitios web <http://fossilworks.org/> y <https://paleobiodb.org/#/>. También se incluyeron las paleocoordenadas estimadas de los artículos revisados en este trabajo. La búsqueda de las paleocoordenadas se realizó durante el periodo de enero-marzo de 2016. Posteriormente se creó una base de datos en Excel 2007 con los criterios de género, país, latitud, longitud y época. La latitud y longitud se ingresaron en grados y decimales de grado para que fueran reconocidos y graficados por el programa Arcview GIS 3.2 y la extensión Trazos2004. La base de datos se depuró eliminando recurrencias (datos duplicados) de georreferencias. Con las bases de datos completas y depuradas para cada género, se empleó el programa ArcView GIS 3.2 y la extensión Trazos2004 para la generación de los trazos individuales (Rojas-Parra, 2007). Para realizar la proyección de los trazos en paleomapas de cada época del Jurásico se emplearon las propuestas de Scotese (2014), georreferenciadas con la herramienta Georrefenciador GDAL del programa QGIS 2.6.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

IV.1. DIVERSIDAD DE GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN EL JURÁSICO DEL SUR DE MÉXICO. Se revisaron 3074 ejemplares de 14 localidades. Dos de ellas corresponden al Jurásico Inferior y 12 al Jurásico Medio. De los 3074 ejemplares, 16 hojas, seis semillas y 12 brotes cortos son Ginkgoales. Mientras que, 21 ejemplares foliares pertenecen a Czekanowskiales, y de Caytoniales se clasificaron 12 hojas, un brote largo. En total 68 ejemplares fueron determinados dentro de los órdenes estudiados, y corresponden a los géneros *Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Nehvizdyella*, *Eretmophyllum*, *Ginkgoitocladus*, *Karkeniania*, *Sphenobaiera*, *Ginkgoidium*, *Czekanowskia*, *Sagenopteris*. La mayoría de los ejemplares de Ginkgoales y todos los de Czekanowskiales corresponden a los primeros hallazgos en territorio mexicano y a continuación se realiza la descripción sistemática.

IV.1.1 DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA DE LOS FÓSILES DE PLANTAS.

División PINOPHYTA Meyen, 1984

Clase GINKGOOPSIDA Meyen, 1984

Orden Ginkgoales Engler, 1897

Familia Ginkgoaceae Engler, 1897

Género *Ginkgo* Linnaeus, 1771

Especie Tipo: *Ginkgo biloba* Linnaeus, 1771

Ginkgo aff. *ginkgoidea* (Tralau) Yang, Friis et Zhou, 2008

Figura 9. 1

Material estudiado. CA 45.

Ubicación geográfica. (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

Descripción. Única semilla de forma ovada que se angosta hacia la parte distal. La parte basal es ancha y redondeada. Con presencia del collar de 0.4 cm de diámetro, y el largo de la semilla es de 1.3 cm por 1 cm de ancho. Presenta una superficie lisa.

Comentarios. La especie *Ginkgo ginkgoidea* es del Jurásico Medio del sur de Suecia (Figura 9. a-b). El ejemplar CA 45 presenta alta compatibilidad morfológica con dicha especie. Solo con variación en el largo que es mayor en el ejemplar de Oaxaca. Lamentablemente no hay presencia de cutícula la cual ayudaría a definir con mayor certeza la especie. Este ejemplar difiere de *G. apodes* en tamaño, debido a que esta especie es más pequeña.

Ginkgo sp.

Figura 9. 2-3 **Material estudiado.** CA 32; CA 68.

Ubicación geográfica. (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

Descripción. Semillas pequeñas (posiblemente juveniles) de forma ovalada con presencia de collar basal, pero sin pedúnculo. El extremo distal es de redondo a ligeramente agudo. El collar de ambas semillas es de 0.3 cm de diámetro. El ejemplar CA 32 presenta un orificio ligeramente marcado en la zona derecha, y es poco ovalada de 0.7 de largo (con collar) por 0.5 cm de ancho. La superficie es lisa sin presencia de arrugas o estrías. Mientras que, el ejemplar CA 68 es de 0.9 cm de largo con todo y collar y 0.7 de ancho. También presenta una superficie lisa.

Comentarios. Estos ejemplares son muy similares a *Ginkgo apodes* Zheng et Zhou del Cretácico Inferior del oeste de China (Zheng & Zhou, 2004). La presencia y el diámetro del collar unido a la parte proximal de la semilla y caracteres como tamaño y superficie lisa de la semilla concuerdan con este género. *Ginkgo* a diferencia de *Nehvizdyella* presenta un collar pequeño. En cambio, en este último su collar es muy semejante a una cúpula que engloba casi la mitad de la semilla. Se consideran semillas juveniles principalmente por su tamaño y forma. Zheng y Zhou (2004) mencionan que la apariencia de las semillas en desarrollo de *Ginkgo biloba* son más pequeñas y de forma ovalada. Estas son características que comparten con los ejemplares de Oaxaca. En general, estas semillas son claramente distinguibles y compatibles con la morfología de las especies del género *Ginkgo* correspondientes al Jurásico. Por ejemplo, con *G. apodes*, *G. yimaensis* Zhou, *G. ginkgoidea*, etc. (Zheng & Zhou, 2004; Yang et al., 2008). Sin embargo, no hay presencia de otras estructuras como pedicelo, pedúnculo, esclerotesta o sarcotesta, que puedan ayudar a concretar su determinación a nivel de especie.

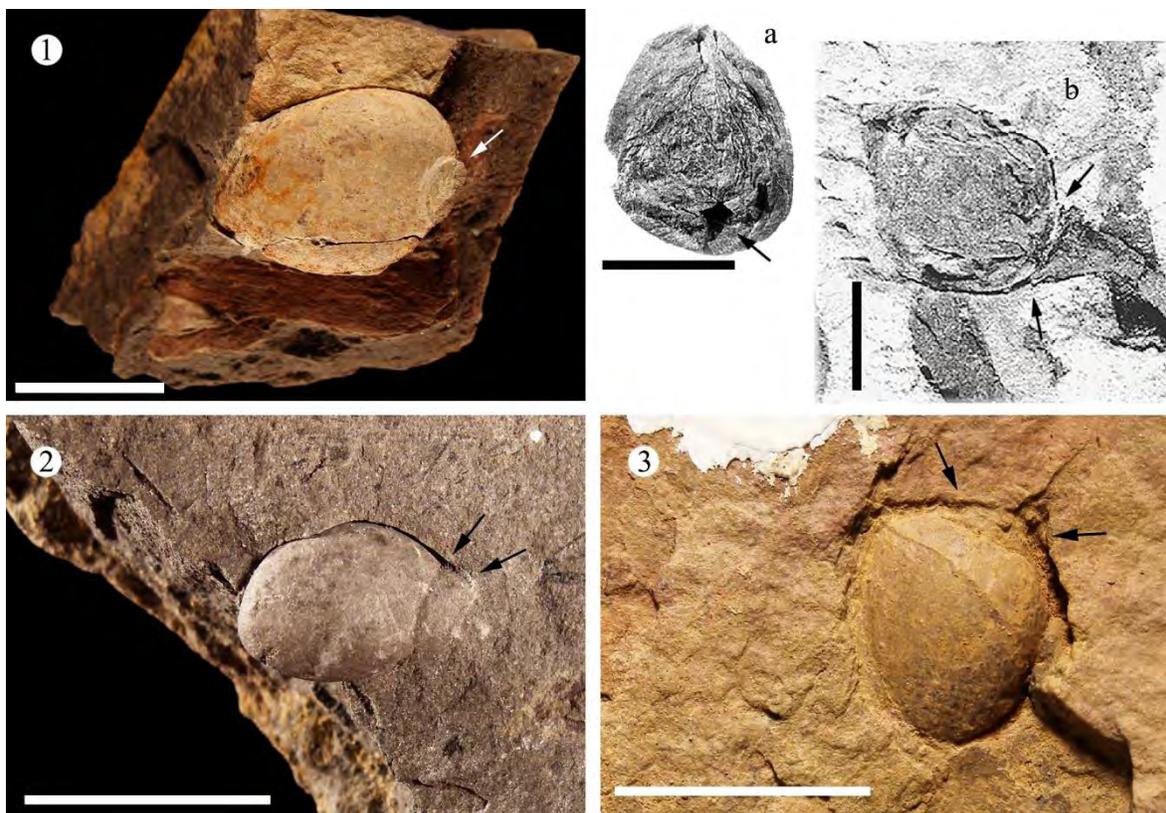


Figura 9. 1, *Ginkgo* cf. *ginkgoidea* y 2-3, *Ginkgo* sp. Las flechas blanca y negras indican el collar basal de las semillas. Los ejemplares mexicanos se comparan con *Ginkgo ginkgoidea* (a-b), donde las flechas negras indican la ubicación del collar basal, nótese la similitud entre las semillas. (a-b, tomado y modificado de Yang et al., 2008). Escala: 1 cm.

Género *Ginkgoites* Seward, 1919

Especie tipo: *Ginkgoites obovata* (Nathorst) Seward, 1919.

Ginkgoites sp.

Figura 10. 1

Material estudiado. Zt 52 (1); Zt 250 (3).

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

Descripción. Hojas incompletas de forma palmada con un ángulo basal de 75° y 130°. [Datos del ejemplar Zt 52(1)] un largo conservado de 8.3 cm y ancho de 7.4 cm, el pecíolo mide 2.6 cm de longitud por 0.4 cm de ancho. Presenta 12 venas por centímetro, ~8 segmentos de 2.1 cm de largo y 1.2 cm ancho. El tipo de incisión es mediana. Sin cutícula preservada.

Comentarios. Este ejemplar está incompleto debido al método de extracción y la mala preservación. Sin embargo, se logra observar un ángulo basal amplio morfológicamente muy similar a *Ginkgoites* (Figura 10. a). Un carácter a resaltar es una marca de callosidad o de inserción de la base del pecíolo, la cual está relacionada a la marca dejada por la hoja al desprenderse del brote corto. Esta morfología es asociada al género *Pecinovicladus*, el cual ha sido descrito como correspondiente a un tallo de Ginkgoales. Por otro lado, al comparar con *G. watsoniane* Ash, especie triásica de los E.U.A, se observa que el ejemplar mexicano es de mayor tamaño. Tiene menos venas por centímetro y menor ángulo basal. Otra especie comparable es *G. waldeckensis* (Anderson et Anderson) Gnaedinger et Herbst del Triásico de Argentina similares en longitud y ancho, pero no en el ángulo basal, tipo de incisión y número de venas, teniendo la especie argentina un ángulo de mayor amplitud, incisiones más profundas y menor número de venas por centímetro. Asimismo, la dicotomía de venas a lo largo de la hoja está ausente en el ejemplar mexicano. El área de distribución de *Ginkgoites* durante el Jurásico es amplia. Ha sido reportado en Sudamérica, Norteamérica, Asia y Europa, teniendo la mayor abundancia de registros en China (Rees, 2003; Yang et al., 2008; Zhou, 2009).

cf. *Ginkgoites*

Figura 10. 2

Material estudiado. CA 62. CC 395(2).

Ubicación geográfica. (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

(CC): Localidad La Carretera, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. (CA): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. El ejemplar CA 62 es un fragmento de hoja con 4.6 cm de largo conservado y segmentos de 0.8 cm de ancho máximo. Hasta 17 venas por segmento con escasas dicotomías. Sin ápice ni base y de posible incisión profunda. Mientras que el ejemplar CC 395(2) son segmentos de 4.1 cm de largo por 2.2 cm de ancho. Con 15 venas por centímetro y presencia de dicotomías. Con ápice redondo y posible incisión profunda.

Comentarios. El ejemplar CA 62 está incompleto. Solo conserva dos segmentos con buen patrón de venación el cual es claramente asignable a Ginkgoales. En este caso se designa al género *Ginkgoites* por la clara separación de segmentos por incisiones profundas, un ligero ensanchamiento de éstos de la base hacia el ápice y el tipo de venación con dicotomías (Figura 10. 1-a). Por otro lado, el ejemplar CC 395(2) es una ligera impresión carente de base. Sin embargo, la disposición de los segmentos y forma de las venas, hace referencia al género *Ginkgoites*. Es lamentable no contar con más material para poder sostener mejor esta designación.

Género *Nehvizdyella* Kvaček, Falcon-Lang et Dasková, 2005

Especie Tipo: *Nehvizdyella bipartita* Kvaček, Falcon-Lang et Dasková, 2005

Nehvizdyella sp.

Figura 10. 3

Material estudiado. R 194; Zt 33.

Ubicación geográfica. (R): Poblado de Rosario Nuevo, Tezoatlán de Segura y Luna, Oaxaca. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca

Procedencia estratigráfica y edad. (R): Formación Rosario. Jurásico Inferior, Toarciano/Aleniano.

(Zt): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

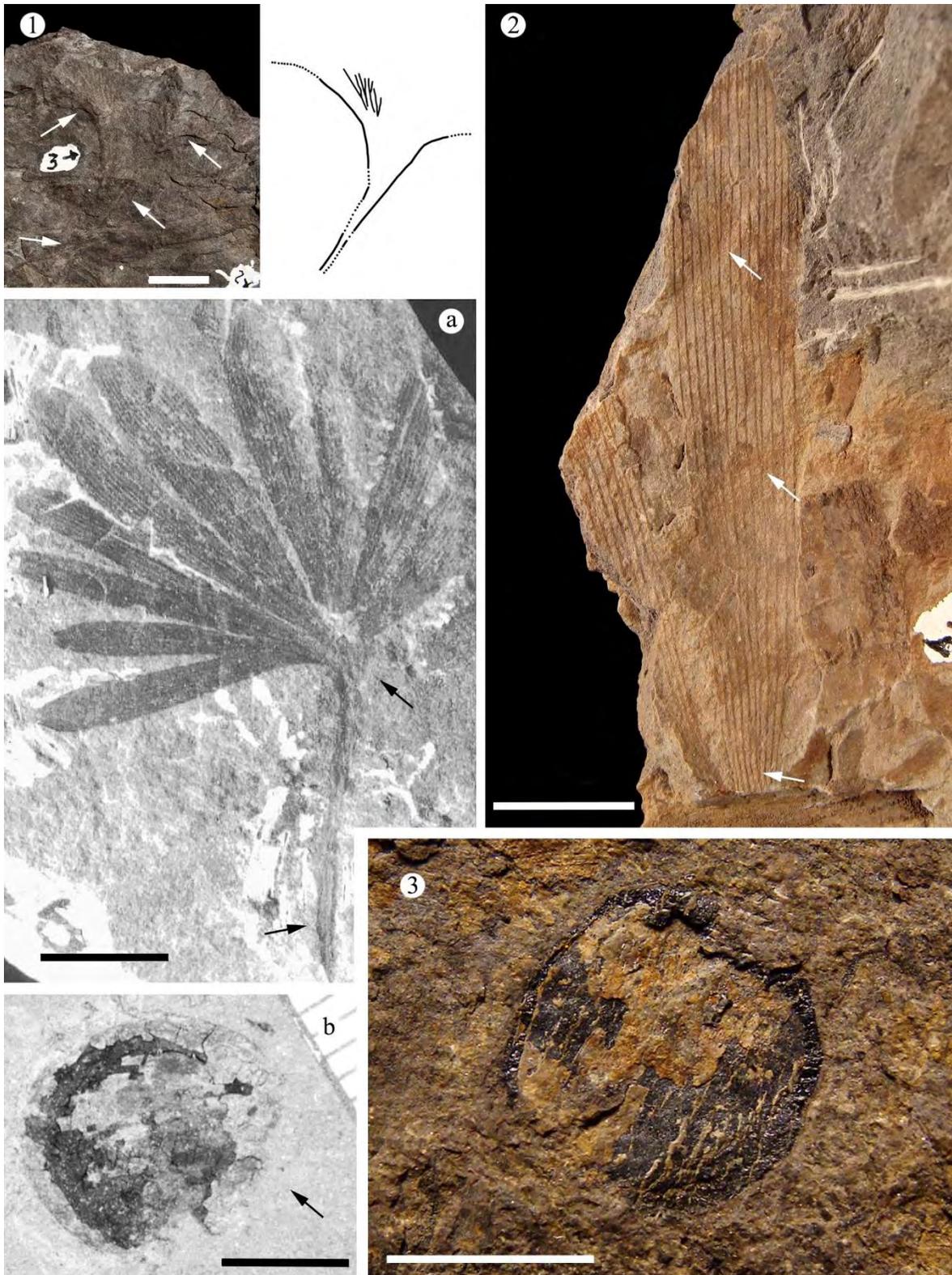
Descripción. Semillas sueltas de forma subredonda. El ejemplar R194 es una compresión de 0.7 cm de diámetro, con un extremo ligeramente agudo. El fósil Zt33 consta de positivo y negativo, de un diámetro de 0.6-0.8 cm, de forma elíptica y con un extremo ligeramente agudo.

Comentarios. El género *Nehvizdyella* consiste de estructuras reproductoras de dos ejes principales, de los cuales produce dos brotes cortos, cada uno terminado por una estructura en forma de cúpula que encierra casi en su totalidad a una semilla (óvulo). Ésta es la principal diferencia con el género *Ginkgo*. Las semillas *Nehvizdyella bipartita* son circulares a subredondas de 9-10 mm en diámetro (Figura 10. b). Las semillas del Jurásico de México presentan una alta afinidad morfológica con *Nehvizdyella*. Sin embargo, la carencia de cutícula con estomas dificulta la designación de especie. En la zona de estudio se han

reportado ejemplares de *Trigonocarpus oaxacensis* Wieland. Sin embargo, esta especie es mucho más grande que *Nehvizdyella* y son semillas de forma obovada. Este género solo se ha reportado para el Cretácico Tardío de la República Checa. No obstante, la familia Ginkgoaceae tiene un alcance stratigráfico desde el Triásico, por lo tanto, es posible la presencia de *Nehvizdyella*, entre otros fosilitaxones a lo largo del mesozoico (Anderson et al., 2007). Además, se considera como un Ginkgoal halófito y de distribución costera (Kvaček et al., 2005), un ambiente similar al propuesto en las formaciones Rosario y Zorrillo-Taberna Indiferenciadas (Morán-Zenteno et al., 1986; Corro Ortiz & Ruiz González, 2011).

Figura 10. **1**, *Ginkgoites* sp., hoja incompleta donde las flechas blancas indican el margen foliar y del pecíolo. **2**, cf. *Ginkgoites*, Segmentos incompletos con venación dicotómica (flechas blancas). Se comparan las hojas y segmentos de **1** y **2** con una impresión de *G. myrioneurus* (**a**), nótese la forma de los segmentos y el tipo de venación. **3**, *Nehvizdyella* sp., comparándose con *Nehvizdyella bipartita* (**b**). (**a** y **b**, tomados de Yang, 2004 y Kvaček et al., 2005, respectivamente). Escala 1 cm en 1,2 y a; 0.5 cm en 3 y b.

Figura 10



Género *Eretmophyllum* (Thomas) emend. Harris et al., 1974

Especie tipo: *Eretmophyllum pubescens* Thomas 1913.

Eretmophyllum cf. *pubescens* Thomas 1913

Figura 11. 1

Material estudiado. Zt 47; Zt 93 (2); Zt 290 (3).

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

Descripción. Hojas de forma oblanceolada de 4.4 cm a 7.1 cm de largo conservado, ancho entre 1.8 cm y 3.4 cm, ángulo basal de 45° a 50°, con 12 a 17 venas por centímetro que se bifurcan al menos una vez, sin segmentos, de ápice redondo y un pecíolo de 1.2 cm a 1.5 cm de largo y entre 0.2 cm y 0.4 cm de ancho, sin cutícula preservada.

Comentarios. Estas hojas son compatibles con la descripción de *Eretmophyllum pubescens* Thomas de Yorkshire, en largo, ancho y forma general, no así con el número de venas, que es menor en la especie europea. Los ejemplares mexicanos difieren de *E. obtusum* (Velenovský) Kvaček en el largo de la hoja y el número de venas que es mayor en el ejemplar estudiado. Otro carácter que no es compatible en su totalidad es la forma de término de venas, es decir, Kvaček et al. (2005) mencionan que convergen en el ápice; sin embargo, al observar los ejemplares de *Eretmophyllum* se logra distinguir que las venas terminan uniéndose desde antes que el margen de la hoja comience a formar el ápice. *Eretmophyllum* es considerado de afinidad a Ginkgoales basándose principalmente en la venación dicotómica y por una cutícula con estomas haploquéricos (Thomas, 1913). Su distribución es en el hemisferio Norte principalmente en Europa y Asia (Gomez et al., 2000; Kvaček et al., 2005; Seward, 1919; Rees, 2003).

Brotos Asociados

Género *Ginkgoitocladius* Krassilov, 1972**Especie Tipo:** *Ginkgoitocladius burejensis* Krassilov, 1972*Ginkgoitocladius* sp.

Figura 11. 2-3

Material estudiado. CA 6; CA 24 (1)(2); CA 40; CA 97; CA 135; CA 150; CA 155; CA 157; CA 354; M 43; CC 228(3).**Procedencia geográfica.** (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

(M): Localidad San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

(CC): Localidad La Carretera, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. (CA): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(M): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Brotos cortos de forma cilíndrica en promedio de 2.7 cm de longitud y ancho de 0.9 cm. Con una superficie rugosa. Se observan las cicatrices de las hojas de forma ligeramente elíptica. Su longitud es de 5.388 mm, y el ancho es de 0.941 mm. En algunos ejemplares se conserva las marcas de haces vasculares de forma redondeada. Estos haces presentan un diámetro de 0.339 mm.**Comentarios.** Los ejemplares estudiados son muy similares a los reportados por Falcon-Lang (2004) del género *Pecivinoctadus*. Sin embargo, éste género presenta caracteres anatómicos permineralizados, como: médula central parenquimatosa, una capa de xilema pycnoxylico medial, y una capa exterior de peridermis; los cuales no están preservados en los fósiles de Oaxaca por tratarse de impresiones. Además, *Pecivinoctadus* no presenta dos marcas de haces vasculares que, a diferencia *Ginkgoitocladius*, sí las presenta (Figura 10. 3). Este último es un género descrito con base en impresiones y compresiones muy similares al material de Oaxaca. Es importante resaltar que el proceso de conservación no fue bueno ya que en la mayoría no se conservaron, con alto detalle, las marcas de los haces vasculares. Sin embargo, la morfología y dimensiones permiten sustentar la identificación genérica.

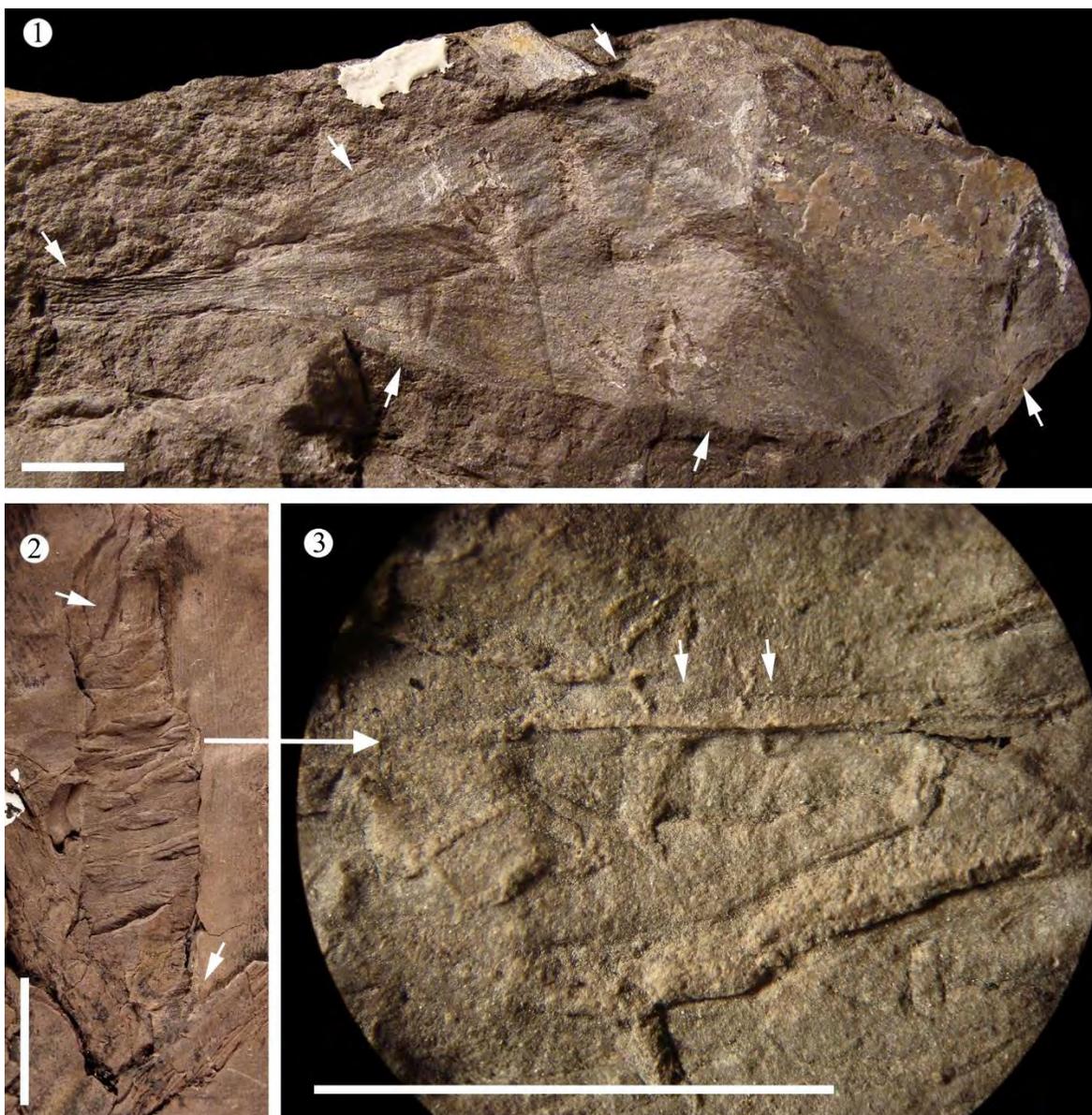


Figura 11. **1**, *Eretmophyllum* cf. *pubescens*. Hoja de forma oblanceolada, las flechas blancas indican el contorno de la lámina y el pecíolo. **2-3**, *Ginkgoitocladus* sp., en 2 se observa un brote corto y en la parte superior se indica con flecha el posible pecíolo de una hoja de ginkgoal, **4** un aumento de la marca dejada por la base de un pecíolo, donde se indican con flechas blancas las marcas dejadas por los haces vasculares. Escala: 1 cm en 1-2; 0.5 cm en 3.

Familia Karkeniaceae Krassilov, 1972

Género *Karken* Archangelsky, 1965

Especie Tipo: *Karken* *incurva* Archangelsky, 1965

Karken sp. 1

Figura 12. 1-6

Material estudiado. TzP 12 (1).

Procedencia geográfica. (TzP): Partideño, Silacayoapan, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Tecomazúchil. Jurásico Medio, Calloviano.

Descripción. Conjunto de 28 semillas dispuestas en posición longitudinal solo con un pequeño fragmento conservado del eje principal con 0.1 cm de ancho por 0.9 de largo. La estructura alargada tiene aproximadamente 7.6 cm de largo por 2.4 cm de ancho aproximadamente. Las semillas son de forma ovoide con 0.5 cm de diámetro por 0.7 cm de largo. Algunas conservan un pequeño pedicelo. Presentan una ornamentación longitudinal estriada e irregular, asociada a la sarcotesta y con posible presencia de esclerotesta en los márgenes de algunas semillas.

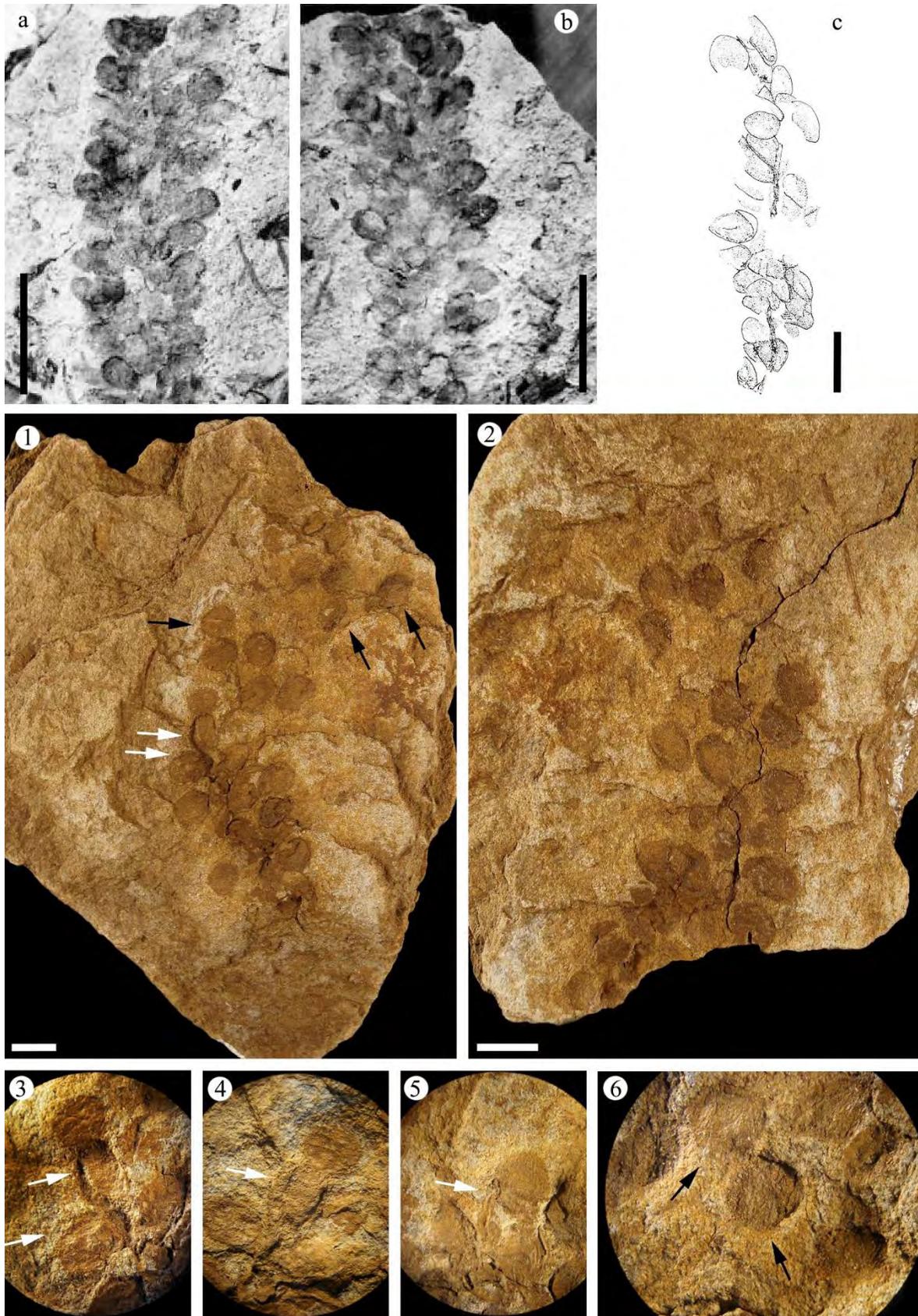
Comentarios. Este ejemplar se depositó en arenisca de grano medio. Esto fue una desventaja para una mejor conservación del ejemplar. Por ejemplo, el eje principal del brote fértil que solo se conservó una mínima parte.

En la diagnosis original del género *Karken*, Archangelsky (1965) mencionó que las semillas están irregularmente dispuestas sobre el eje principal, y que son pediceladas (Figura 12. a-b). El ejemplar de Partideño conserva pequeños pedicelos someramente marcados en dirección al eje principal. Pero el número y tamaño de semillas varía de especie en especie. Zhou et al. (2002) mencionan que hay, en general, dos tendencias de agrupamiento. Por ejemplo, *Karken* *incurva*, *K. hennanensis* Zhou, Zhang, Wang et Guignard y *K. asiatica* Krassilov son caracterizadas por semillas pequeñas y numerosas (más de 100), en cambio *K. cylindrica* Schweitzer et Kirchner y *K. mongolica* Krassilov presentan pocas semillas y más grandes. Entonces, *K. fecunda* Retallack tiene 50 semillas unidas al eje principal, con un tamaño grande (0.4 cm de diámetro y 0.8 cm de longitud). Esta especie también se caracteriza por presentar semillas de forma triangular (Figura 12. c). El ejemplar de Partideño tiene un notable parecido con *K. fecunda*. Únicamente difieren en la forma triangular tan marcada de *K. fecunda*, y el ejemplar P 12(1) tiende a tener semillas más ovoides. Por lo tanto y debido

principalmente a el tamaño, morfología y numero de semillas se considera a P 12(1) como *Karkenía* sp.1. Sin embargo, para poder en un futuro una especie será necesario un mayor número de ejemplares y que conserven cutícula para una caracterización detallada y completa. De acuerdo con la distribución de *Karkenía* (Zhou et al., 2002) este registro se considera como más tropical del género.

Figura 12. **1-6**, *Karkenía* sp. 1. **1** y **2** corresponden al positivo y negativo del mismo ejemplar, en **4-6** son acercamientos de las semillas, donde en **4-5** se indica con flechas blancas el pedicelo de las semillas, en **6** se observa la ornamentación de las semillas. Se compara la morfología general y arreglo de las semillas de *K. incurva* (**a-b**) y *K. fecunda* (**c**). (a-b tomado de Del Fueyo & Archangelsky, 2001, y c de Retallack, 1981). Escala 1 cm.

Figura 12



Género *Sphenobaiera* (Florin) Harris et Millington, 1974.

Especie tipo: *Sphenobaiera spectabilis* (Nathorst) Florin, 1936

Sphenobaiera aff. *huangii* (Sze) Hsü en Sze and Hsü, 1954

Figura 13. 1

Material estudiado. CA 309; CA 301(3); CC 103.

Procedencia geográfica. (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

(CC): Localidad La Carretera, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. (CA): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Hojas casi completas con base que no se diferencia un pecíolo. Hasta 8.4 cm de longitud y 1.1 cm de ancho a la altura de la primera incisión. 25° de ángulo basal, con cuatro segmentos y dos incisiones. La primera incisión del tipo mediana (figura 9, pág. 16) a 4.2 cm de la base y la segunda leve a 8 cm. Los primeros segmentos de 0.9 cm de ancho y los segundos de 0.5 cm. Con 10 venas en el primer segmento y 5 en el segundo. Con presencia de escasas dicotomías en la porción central de la hoja.

Comentarios. Estas hojas presentan notable compatibilidad con *Sphenobaiera huangii* (Sze) Hsü, que es una especie con alcance estratigráfico, en China, del Triásico Superior hasta el Jurásico Medio (Figura 13.a). Los ejemplares de México solo difieren en la presencia de una segunda incisión y por lo tanto presentan hasta cuatro segmentos. No obstante, es compatible en el resto de los caracteres. *S. huangii* difiere de *S. robusta* (Arber) Florin en el ángulo basal, número de venas y segmentos, así mismo con las especies descritas por Gnaedinger y Herbst (1999) hay diferencias principalmente en las dimensiones y número de segmentos. En el caso de *S. ikorfatensis* (Seward) Florin también difieren los ejemplares de México en tamaño ángulo basal y número de segmentos. Hasta el momento no se ha obtenido cutícula, y son pocos los ejemplares.



Figura 13. **1**, *Sphenobaiera* aff. *huangii*. Hoja en forma de cuña, se puede observar claramente la venación, los segmentos y la base laminar sin un peciolo distinguible. **a**, *Sphenobaiera huangii* ejemplar del Jurásico Inferior de China, nótese la similitud morfológica entre el ejemplar mexicano y el chino, difiriendo con una incisión leve en la parte apical de *S. cf. huangii* (1) indicado con la flecha blanca. (a tomado de Wang et al., 2005). Escala 1 cm.

Sphenobaiera cf. *robusta* (Arber) Florin, 1936

Figura 14. 1

Material estudiado. Zt 48.

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

Descripción. Hoja incompleta de forma acuada de 9.5 cm de largo conservado y ~4.7 cm de ancho, un ángulo basal de ~40°, 20 venas por centímetro sin presencia de dicotomías, abundantes y finas estrías intervenas, cuatro segmentos de 7.1 cm de longitud y entre 0.6 y 0.8 cm de ancho, incisión profunda, sin un pecíolo y ápice conservado.

Comentarios. Este ejemplar coincide con la morfología general obtenida de las publicaciones de Retallack (1980; 1981) donde reporta la presencia de *Sphenobaiera robusta* para el Triásico Medio de Nueva Zelanda (Figura 14. b). Sin embargo, presenta diferencias en el ángulo basal y el número de venas, siendo mayor en ambos casos para el ejemplar mexicano. También, se diferencia de *S. sectina* Anderson et Anderson por presentar un número de venas y un ángulo basal mayor, pero con segmentos menos anchos que dicha especie. *S. stormbergensis* (Seward) Frenguelli es de ángulo basal y ancho mayor, pero menor número de venas que el ejemplar de Río Ñumi. *Sphenobaiera* es un género de amplia distribución principalmente en Europa y Asia. Aunque hay registros en Norteamérica, Sudamérica, Sudáfrica y Oceanía (Retallack, 1980; 1981; Kimura & Tsujii, 1984; Gnaedinger & Herbst, 1999; Rees, 2003; Zhou, 2009).

cf. *Sphenobaiera*

Figura 14. 2

Material estudiado. CC 36(2).

Procedencia geográfica. (CC): Localidad La Carretera, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. (CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Hoja incompleta. Largo conservado de 4.4 cm por 1 cm de ancho. Entre 6 y 7 venas por segmento. No se observan dicotomías. Con tres segmentos conservados, pero

probablemente tenía más. Incisión tipo profunda, sin ápice y base conservados. Impresión sin cutícula.

Comentarios. Este ejemplar se asigna al género *Sphenobaiera* principalmente por la presencia de segmentos y la apariencia robusta de sus venas. Estos caracteres son distintivos en el género. En este caso se carece de la base de la hoja lo que ayudaría a corroborar la asignación, pero también es posible modificarla. El género con el que se podría confundir es *Baiera*. Sin embargo, la venación de estas hojas es más fina en apariencia. Por el momento se mantiene en *Sphenobaiera*, pero a reserva de descubrir más y mejores ejemplares.

Familia Incertae sedis

Género *Ginkgoidium* Yokoyama, 1889

Especie tipo: *Ginkgoidium nathorstii* Yokoyama, 1989.

Ginkgoidium nundichii Velasco-de León, Lozano-Carmona, Flores, Martínez et Silva-Pineda, 2014

Figura 15. 1

Material estudiado. Zt 258(1).

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

Descripción. Hoja incompleta, de forma acuñada, de 5.5 cm de largo conservado y 3.2 cm de ancho, un ángulo basal de 45° y 16 venas por centímetro, con presencia de dicotomías en ellas, dos segmentos terminales e incisión leve, de ápice redondo. Sin cutícula preservada.

Comentarios. El ejemplar analizado es ligeramente más ancho que *Ginkgoidium nathorstii* Yokohama. Sin embargo, el largo conservado, el ángulo, número venas y segmentos y tipo de incisión coinciden con el rango de la especie. A diferencia de *G. nathorstii*, que es una especie más larga, de ángulo basal y número de venas menor (Gnaedinger & Herbst, 1999; Kimura & Tsujii, 1984) que el ejemplar Zt 258(1) aquí descrito. Este género era monoespecífico, hasta la reciente descripción de *G. nundichii* (Figura 15. a). La mayoría de los reportes hacen referencia únicamente al género sin definir una especie. *Ginkgoidium* se

distribuyó durante el Jurásico principalmente en Asia ahora con nuevos reportes en Norteamérica (Velasco-de León et al., 2014; Kimura & Tsujii, 1984; Rees, 2003).

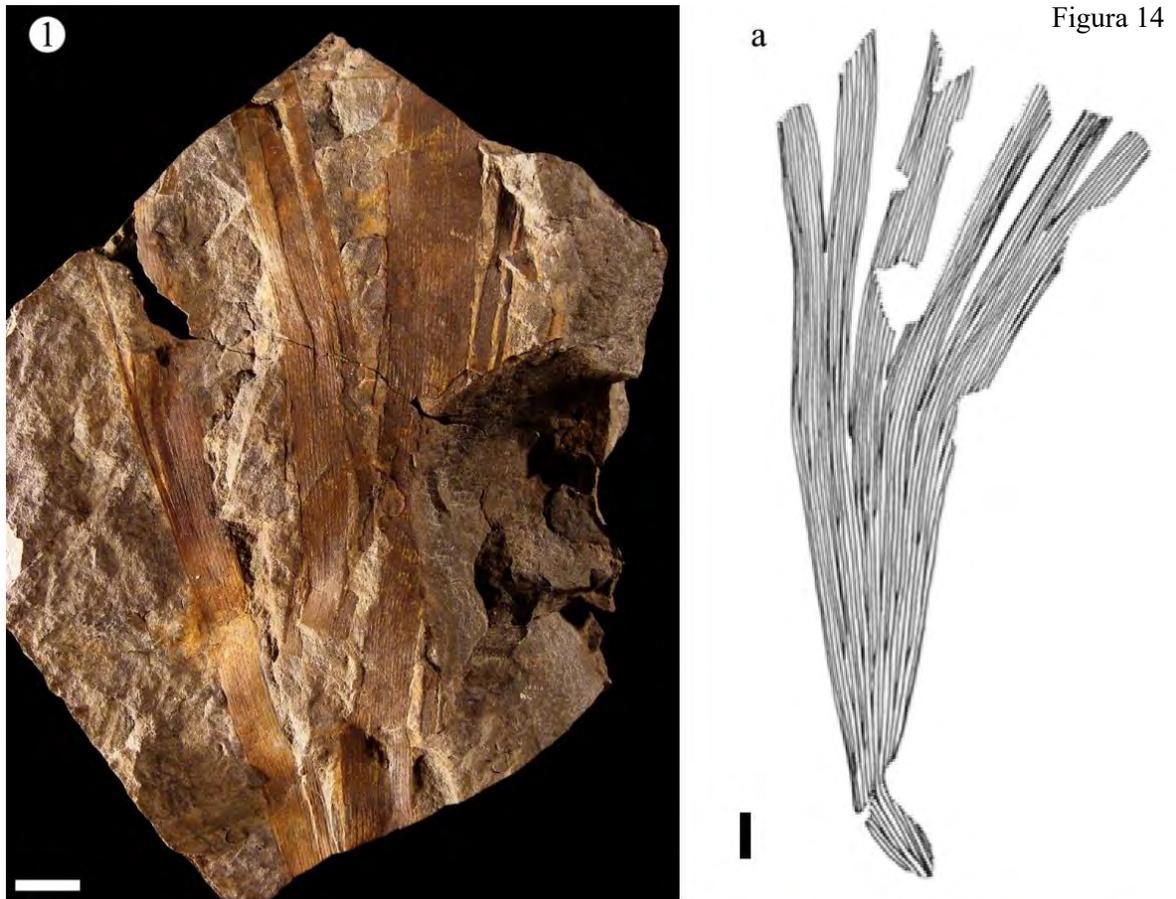


Figura 15. 2

Material estudiado. Zt 28(1); Zt 42(4) y Zt 149(1).

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

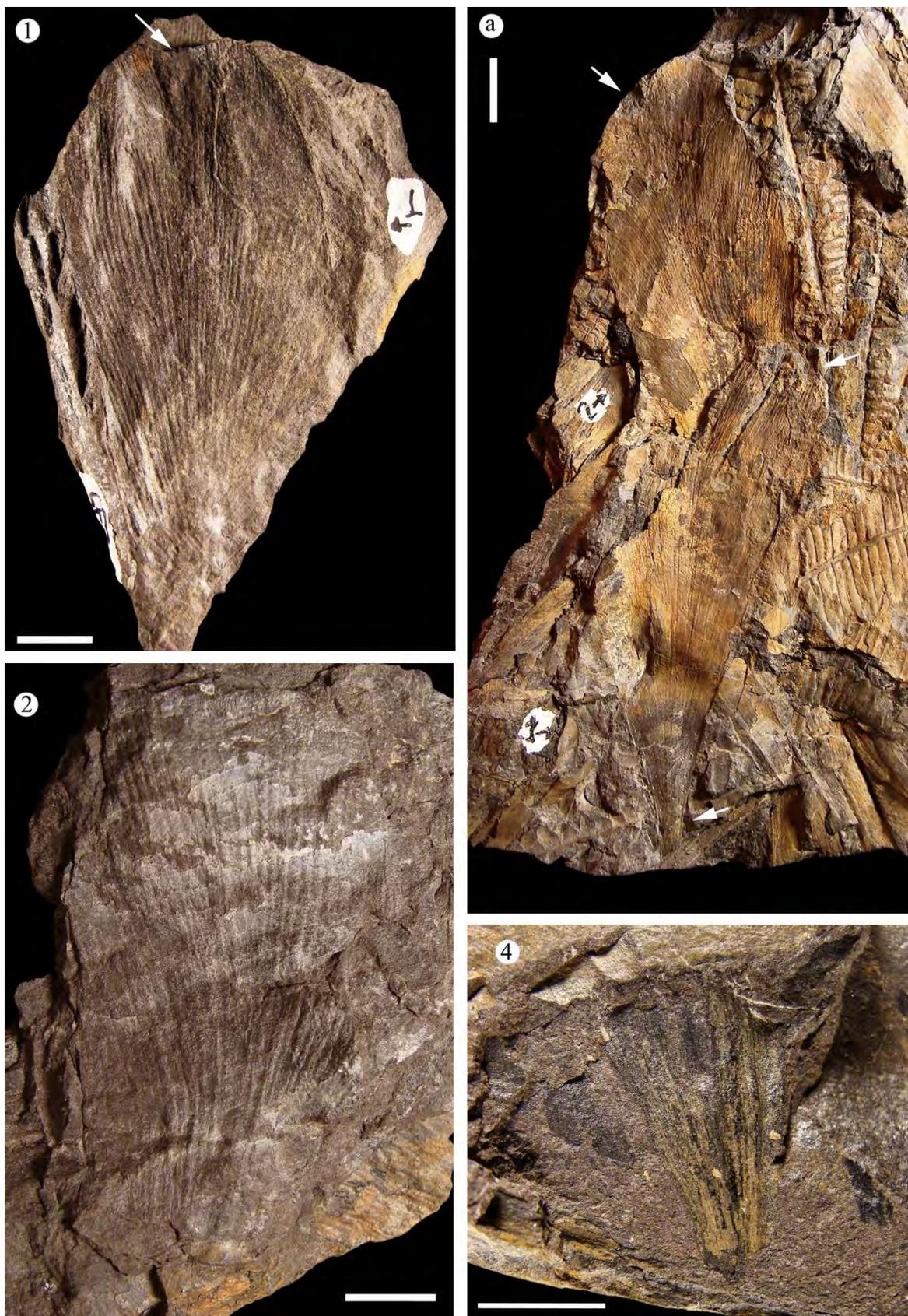
Descripción. Hojas incompletas, de 5.6 cm a 9.2 cm de largo conservado, de 3 cm a 3.1 cm de ancho, un ángulo basal variable entre 32° y 60°, con presencia de hasta 2 dicotomías en las venas y entre 11 y 16 venas por centímetro, solo el ejemplar Zt 42(4) conservo dos segmentos formando una incisión leve. Sin presencia de cutícula.

Comentarios. Estos ejemplares presentan la característica forma de hoja acuñada del género *Ginkgoidium* (Gnaedinger & Herbst, 1999). Sin embargo, están incompletos y carecen de caracteres como pecíolo, número de segmentos y como consecuencia tipo de incisión. Por lo tanto, no es adecuado asignarlos a alguna de las especies o proponerlos como una nueva. Es necesario un mayor número de ejemplares mejor conservados.

Figura 14. **1**, *Sphenobaiera* cf. *robusta*, segmentos de una hoja de forma acuñada. **2**. cf. *Sphenobaiera*, ejemplar donde se puede observar la forma acuñada y venas robusta indicadas por las flechas blancas. **a**, ilustración de *S. robusta* de Nueva Zelanda, nótese la forma acuñada de la hoja, de la venación y de los segmentos similares al ejemplar mexicano (1). (a, tomado de Retallack, 1981). Escala 1 cm.

Figura 15. **1**, *Ginkgoidium nundichii*, ejemplar donde se observa la incisión leve indicada con flecha blanca. **2**. *Ginkgoidium* sp., ejemplar incompleto, sin ápice y base, pero con clara venación referente al género. Se comparan dos ejemplares de (**a**) *Ginkgoidium nundichii*, donde se observa la base del pecíolo, la incisión leve en la parte apical y el claro patrón de venación de la especie, con los ejemplares mexicanos 1 y 2. En **3**, parte basal de las lacinias de *Czekanowskia* sp. (a, tomado de Velasco-de León et al., 2015). Escala 1 cm.

Figura 15



Orden Czekanowskiales Pant, 1959

Familia Leptostrobaceae

Género *Czekanowskia* Heer, 1897

Especie Tipo: *Czekanowskia setacea* Heer 1876.

Czekanowskia sp. 1

Figura 16. 1

Material estudiado. Zt 32; Zt 58; Zt 60; Zt 62(1)(2); Zt 111; M 12(6)(12); M 37; M 61(1); M 69; CC98.

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

(M): Localidad San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

(CC): Localidad La Carretera, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(M): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Hojas tipo lacinias de 3.3 cm a 7.8 cm de largo preservado, un ancho de 0.24 mm a 0.37 mm, cada hoja con al menos una dicotomía y la presencia de una sola vena, de apariencia filamentosa.

Comentarios. Estas hojas tienen una morfología filamentosa característica. Es decir, que tienen forma o apariencia de hilo. Por otro lado, Ash (1994) propone que la descripción de especies nuevas o determinación de ejemplares a especies ya existentes debe basarse en material lo más completo posible y la presencia de cutícula. Lamentablemente, en el caso de los fósiles de México no hay registro de cutícula preservada hasta el momento. Sin embargo, se propone como fosiliespecie *Czekanowskia* sp. 1, principalmente por los caracteres de ancho de las lacinias y apariencia morfológica, la cual difiere de *Czekanowskia* cf. *rigida* (en esta tesis; Figura 16. 2) y de otras especies por ejemplo *C. blaki* (Lozano-Carmona & Velasco de León, 2014; Figura 16. a).

Czekanowskia cf. rigida

Figura 16. 2

Material estudiado. Zt 74; Zt 225(1); ZtI 38; ZtI 44(2); CA 2; CA 117; CC17(3); CC104(3).

Procedencia geográfica. (Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

(ZtI): Camino que va de San Miguel Ixcatlán al Rancho de Yosoco, antes del cruce con el río de la cañada de San Miguel Ixcatlán.

(CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

(CC): Localidad La Barranca, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. (Zt)-(CA)-(ZtI): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Hojas tipo lacinas de 5.2 cm a 10.1 cm de largo preservado, un ancho de 0.46 mm a 0.54 mm, cada hoja con al menos una dicotomía y la presencia de una sola vena, de apariencia rígida y más robusta.

Comentarios. Este grupo de hojas presentan un mayor grosor, una apariencia más rígida y robusta que *Czekanowskia* sp. 1. Morfológicamente son similares a *C. turneri* Ash del Jurásico Tardío y *C. rigida* Heer que presenta un alcance desde el Triásico Tardío hasta el Cretácico Temprano. A pesar de que los ejemplares carecen de cutícula y están incompletos se considera comparable a la especie *C. rigida* (Figura 16. b).

Czekanowskia sp.

Figura 15.3

Material estudiado. T 94.

Procedencia geográfica. (T): Cañada del Ajo, Municipio de Tecamatlán, Puebla.

Procedencia estratigráfica y edad. Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

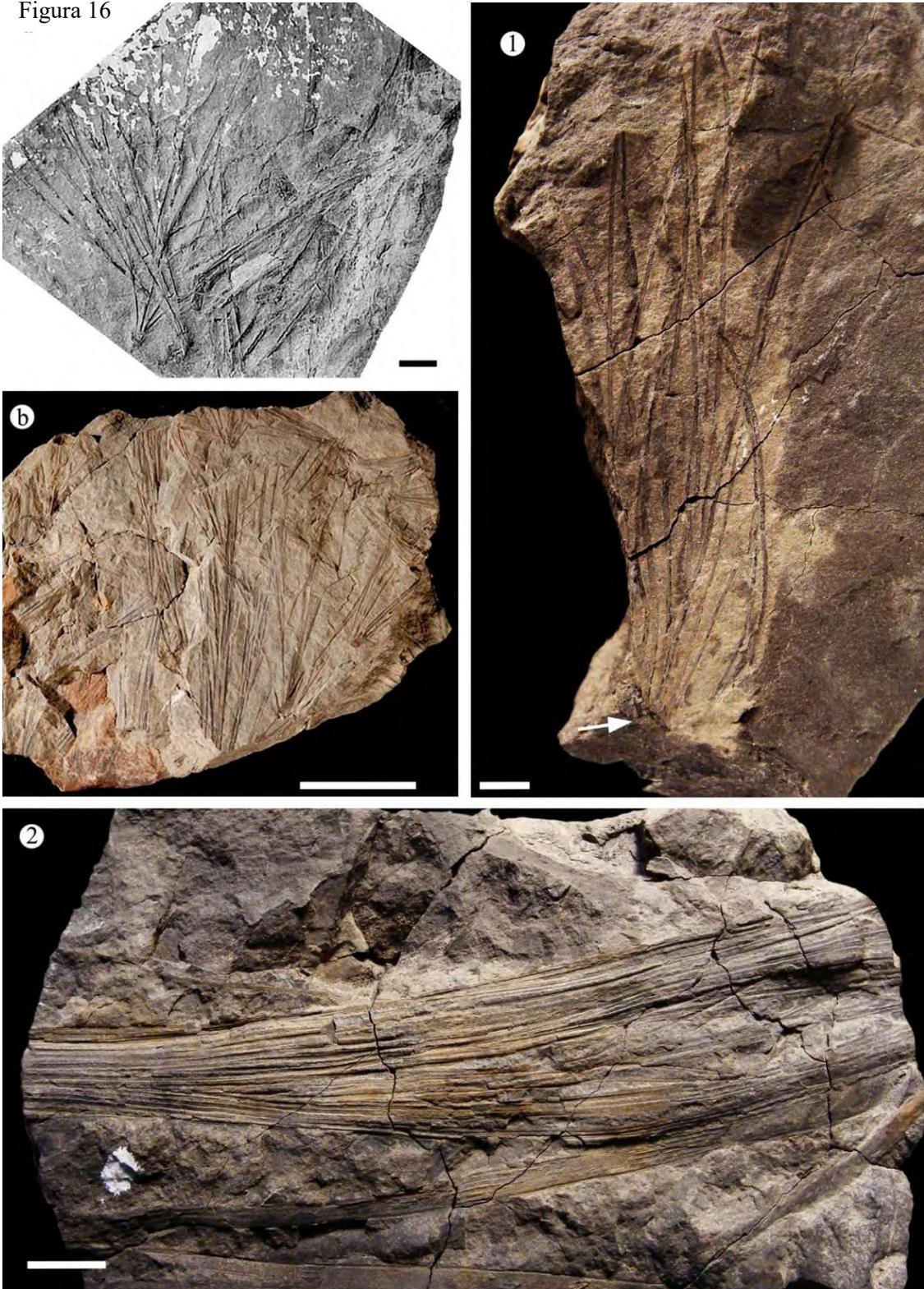
Descripción. Hojas en su porción basal, un ancho de 0.7 mm, cada hoja con al menos una dicotomía y sin presencia de una sola vena, de apariencia rígida y más robusta.

Comentarios. Este ejemplar es considerado la porción basal del manojito. Carece de las escamas basales del brote corto. Lamentablemente están ausentes las hojas completas impidiendo su definición específica. No obstante, es clara su afinidad al género

Czekanowskia dado que el origen de las hojas se da en un punto que posteriormente divergen a un ángulo más amplio. Esta característica está presente en todos los ejemplares de este género.

Figura 16. **1.** *Czekanowskia* sp. 1, Hojas con morfología filamentosa, es decir, que tienen forma o apariencia de hilo. Se compara con **(a)** *C. blaki*. **2.** *Czekanowskia* cf. *rigida*., hojas que tienen apariencia rígida y robusta. Se compara con *C. rigida* **(b)**. Notese la similitud entre dichas especies del género *Czekanowskia*. (a, tomado de Vaez-Javadi, 2010; b, tomado de <http://www.nrm.se/>). Escala 1 cm.

Figura 16



Orden Caytoniales Gothan, 1932

Familia Caytoniaceae Kräusel, 1926

Género *Sagenopteris* Presl, 1838 emend. Harris, 1964

Especie tipo: *Sagenopteris acuminata* Presl en Stenberg, 1838, designado por Cleal y Rees, 2003; designación original. Jurásico Inferior de Strullendorf, Alemania

Sagenopteris colpodes Harris, 1940 emend. Harris, 1964

Figura 17.1

Material estudiado. Tz 49(4); Tz 51(1)(2)(3); Tz 64(2); CA 60; CA 254; Zt 25(1).

Procedencia geográfica. (Tz): Ayuquila, Huajuapán de León, Oaxaca.

(CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

(Zt): Ribera del Río Ñumi; cruce con el camino de terracería a San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Oaxaca.

Procedencia estratigráfica y edad. (Zt)-(CA): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(Tz): Formación Tecamazúchil, Jurásico Medio, Calloviano.

Descripción. Los folíolos aislados son casi completos, oblanceolados, margen entero y con venación primaria y secundaria. Con un largo de hasta 3.6 cm y 2 cm de ancho, de ápice redondo a obtuso. El nervio principal no alcanza a unirse al ápice, mejor definido hacia la parte basal, se desvanece gradualmente desde la parte media de la lámina, los nervios secundarios se dicotomizan de dos a tres veces, siendo 14-16 venas por centímetro en la región media. Tiene escasas anastomosis.

En el caso del ejemplar Zt 25(1) se trata de una hoja palmada compuesta, de cuatro folíolos unidos a un pecíolo, dos folíolos incompletos asociados al mismo ejemplar, constan de una vena media bien marcada que se extiende de la base a casi el ápice de cada folíolo. Venación secundaria anastomosada (ligeramente marcada), ápice no conservado, pecíolo delgado ligeramente estriado longitudinalmente.

La longitud de la hoja compuesta es de 9.3 cm con el pecíolo, el ancho es de 8 cm, el ángulo basal de las hojas en la unión con el pecíolo es de 150°, de 7-8 venas por centímetro, los folíolos miden entre 4.6 y 6.4 cm de largo, y de 1.4 a 1.7 cm de ancho, en general una relación 1:5.

Comentarios. A pesar de que algunos ejemplares están dispersos y desprendidos del pecíolo son claramente referidos a *Sagenopteris*. Principalmente por tamaño, tipo de venación, que en este caso la vena primaria no alcanza el ápice y se dicotomiza a partir de la región media, y por último por su morfología general. La especie con la que se clasifican los ejemplares de Tecamazuchil y Zorrillo-Taberna Indiferenciadas es *Sagenopteris colpodes* (Figura 17. a). Esta especie fue enmendada por Harris en 1964. Los ejemplares mexicanos no conservaron cutícula, pero son compatibles con la descripción de *S. colpodes* en tamaño de tipo pequeño a mediano, número de venas y en forma del folíolo (Harris, 1964; Cleal y Rees, 2003). *S. colpodes* difiere de otras especies principalmente en la forma del ápice y cutícula. En el primer caso especies como *S. nilssoniana* (Brongniart) Ward los folíolos son lanceolados y terminan en punta. *S. pualensis* Barbacka, presenta folíolos con ápice redondo y más anchos. *S. phillipsi*, corresponde a folíolos más largos que anchos con una relación de hasta 1:10 (Harris, 1964; Cantrill, 2000; Barbacka et al., 2006). Los ejemplares de la Formación Tecamazúchil fueron comparados con *Linguifolium* (Retallack, 1980) por Velasco de León (2014). Sin embargo, en la revisión durante este estudio se logró observar que las venas secundarias son anastomosadas, un carácter que no presenta *Linguifolium*. *Mexiglossa* es otro género que en primera instancia es de gran parecido a *Sagenopteris*. Sin embargo, estos difieren en tamaño siendo en proporción de ancho/largo de 2:1 en *Sagenopteris*, mientras que en *Mexiglossa* es de 3:1. Además la vena media es más prominente y prácticamente alcanza el ápice en éste último.

Sagenopteris cf. pualensis Barbacka, 2006

Figura 17. 2

Material estudiado. CA 171; CC 459(1).

Procedencia geográfica. (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca. (CC): Grupo Tecocoyunca, Localidad La Barranca, Jurásico Medio.

Procedencia estratigráfica y edad. (CA): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Folíolos de aproximadamente dos tercios del tamaño. De 4.2 cm de largo, y 3.8 cm de ancho conservado; sin ápice y base. Una vena media de 0.1 cm de ancho, las venas

secundarias se dicotomizan de una a dos veces con varias anastomosis, con 12 a 14 venas por centímetro. Margen entero.

Comentarios. Estos ejemplares están incompletos debido a la extracción. Se desconoce su ápice y base. Sin embargo, por las dimensiones presentes permite inferir un gran tamaño. No obstante, hace falta más ejemplares para corroborar esta propuesta. El notable parecido con *Sagenopteris pualensis* (Figura 17. b), en tamaño, venación, densidad de anastomosis y margen, permite proponer la referencia morfológica. Aunque la falta de cutícula impide asegurar la correspondencia de especie u otra en su defecto. Por otro lado, *S. pualensis* se registró en el Jurásico Inferior de Alaska acompañado de Bennettitales y Coniferales por ejemplo *Brachyphyllum*. *S. pualensis* es una especie que presentó caracteres xeromorficos como una cutícula relativamente gruesa (comparada con *Brachyphyllum*) y papilas, las cuales son interpretadas por Barbacka (*en* Barbacka et al., 2006) como estructuras de protección, y estas características permiten asociar a *S. pualensis* a un ambiente salino-árido. En la localidad Cañada Alejandro, el ejemplar de *Sagenopteris* cf. *pualensis* está asociado a Bennettitales que es el grupo dominante, pero no hay presencia de *Brachyphyllum*. Por el contrario, en la localidad La Barranca del G. Tecocoyunca hay un amplio registro de *Brachyphyllum* y Bennettitales. La asociación florística de ambas localidades es similar con la de la Bahía Puale, Alaska (Barbacka et al., 2006) y las condiciones ambientales, inferidas hasta el momento con base en la morfología foliar (Ortiz-Martínez et al., 2013; Flores, 2014), es hasta el momento también compatible.

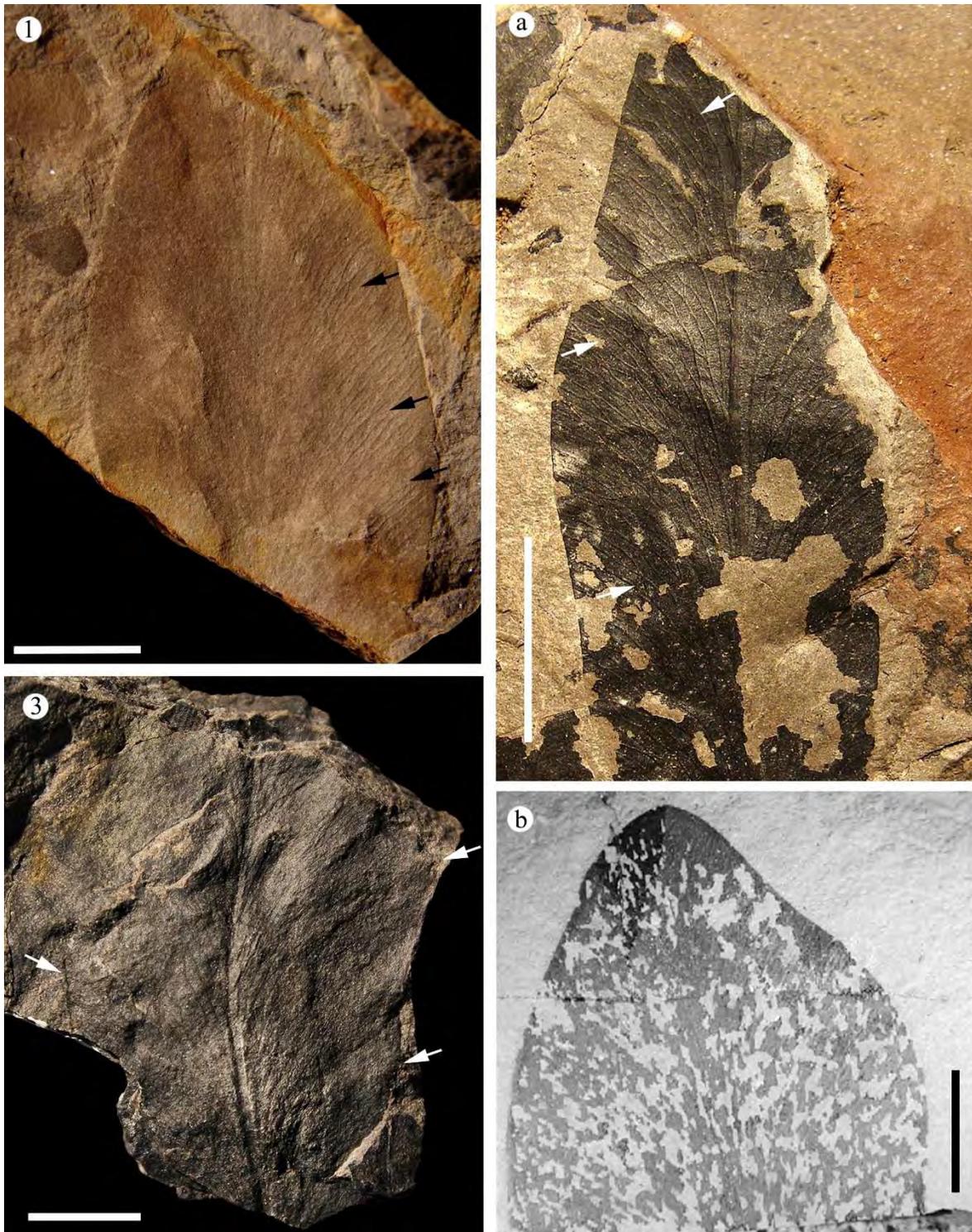


Figura 17. 1, *Sagenopteris colpodes*, con flechas negras se observan algunas anastomosis en las venas secundarias, y se compara con *Sagenopteris colpodes* (a) del Jurásico Medio de Yorkshire, Inglaterra. 2, *Sagenopteris* cf. *pualensis*, se indica algunas partes del margen conservado con flechas blancas, es clara la venación secundaria anastomosada, y se compara con *Sagenopteris pualensis* (b) del Jurásico Inferior de Alaska. Nótese el mayor tamaño de la lámina foliar en 1 y b. (b, tomado de Barbacka et al., 2006). Escala 1 cm

Sagenopteris nilssoniana (Brongniart) Ward 1900

Figura 18. 1-2

Material estudiado. CA 355; CC 228(1).

Procedencia geográfica. (CA): Localidad Las Mesas, Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca.

(CC): Localidad La Carretera, Olinalá, Guerrero.

Procedencia estratigráfica y edad. (CA): Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Jurásico Medio, Bajociano/Bathoniano.

(CC): Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. El folíolo CA 355 es de 6 cm de largo, 2.3 cm de ancho. Venas secundarias dicotomías con abundantes anastomosis, hasta seis a lo largo de las venas secundarias y antes de terminar en el margen, el cual es de tipo entero. La vena media tiene un grosor de 0.1 cm en la base. 15 venas secundarias por centímetro, en la región media del folíolo a un centímetro del margen. Ápice obtuso a agudo. Mientras que el folíolo CC 228(1), es de 2.4 cm de largo y 0.8 cm de ancho. Ápice obtuso. La lámina de ambos ejemplares es dividida asimétricamente en la porción basal por una vena media que se desvanece en el último tercio del folíolo.

Comentarios. El ejemplar CA 355 resalta por su alta abundancia de anastomosis y densidad de venas secundarias. Ambos ejemplares comparten una forma asimétrica de la lámina en la porción basal y ápice obtuso. Esta especie ha sido descrita con una amplia variedad de formas (cf. Frenguelli, 1941; Herbst, 1964; Cantrill, 2000). Sin embargo, difiere claramente de *Sagenopteris pualensis*, *S. colpodes* y *S. phillipsii* tanto en la relación largo ancho, como en la densidad de anastomosis y principalmente en la forma asimétrica de la lámina en la región basal. Éste último carácter se comparte con el material descrito por Cantrill (2000), del Jurásico Inferior y Medio de la Antártica.

Brotos asociados a Caytoniales

Género indeterminado

Figura 18. 3

Material estudiado. CC 226(1).

Procedencia geográfica. Localidad La Barranca, Olinalá, Guerrero.

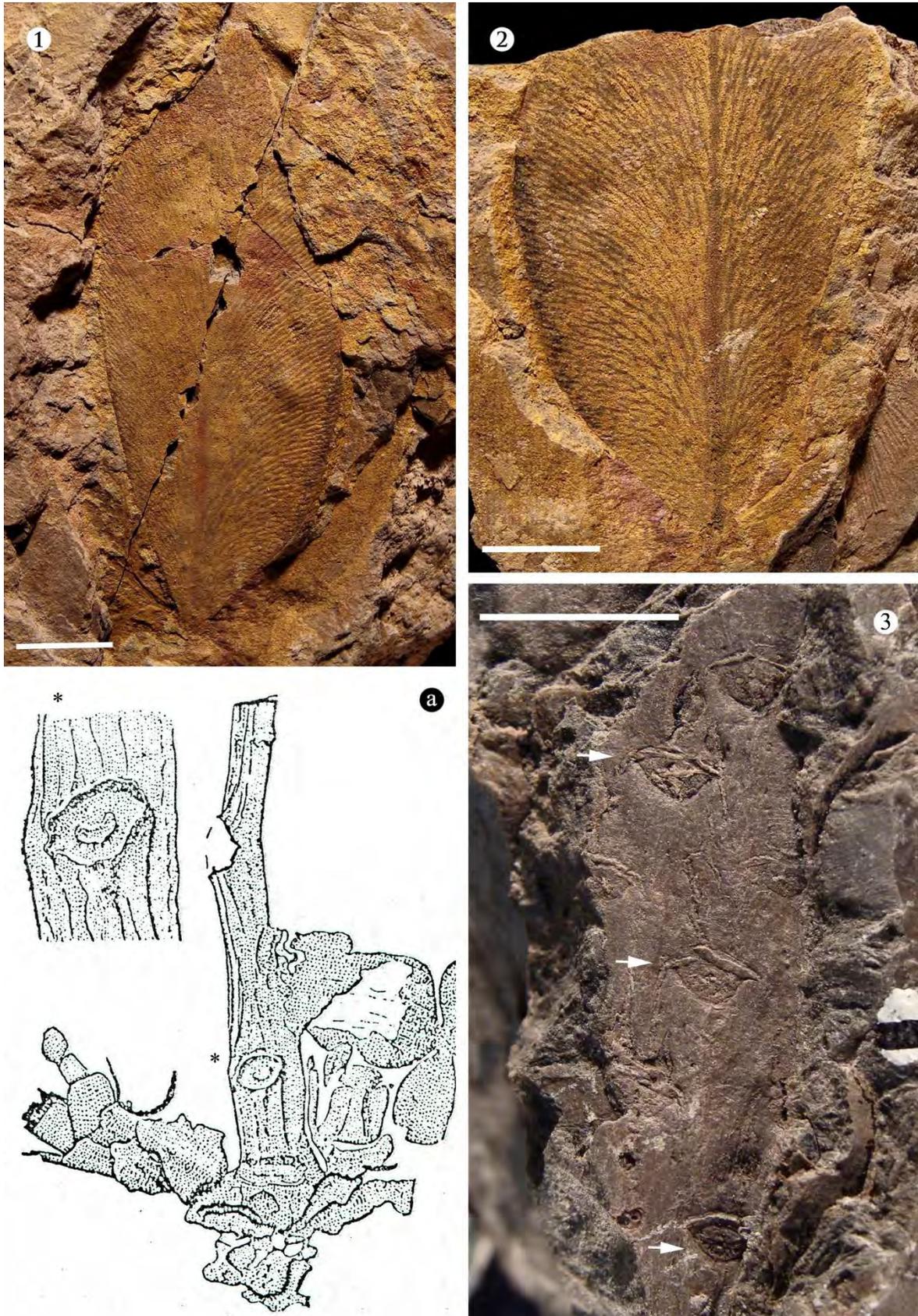
Procedencia estratigráfica y edad. Grupo Tecocoyunca. Jurásico Medio.

Descripción. Fragmento de brote largo. Con un largo conservado de 4.2 cm y 0.9 de ancho. Las cicatrices de las hojas son de forma ligeramente romboidal. Cada una de ellas tiene una longitud de 3.5 mm, y un ancho de 2 mm. Con presencia un solo haz vascular de forma redondeada, y con un diámetro de 0.5 mm. Las cicatrices están dispuestas de forma alterna, y en dos hileras longitudinales.

Comentarios. La morfología que presenta este ejemplar es claramente compatible con la ilustrada en el trabajo de Harris (1964) (Figura 18. b). Sin embargo, él no hace referencia a una descripción detallada, e incluso no ha sido descrito como un fosilitaxón. A diferencia de *Ginkgoitocladus*, por lo que se considera prudente considerarlo como candidato a un nuevo fosilitaxón.

Figura 18. **1 y 2**, *Sagenopteris nilssoniana*. En **1** se observa la totalidad del foliolo, y en **2** solo se ve la sección basal, pero allí es clara la venación anastomosada. **a**, brotes de *Sagenopteris*, **a*** marca de la cicatriz dejada por la hoja. **3**, se muestra el brote asociado a *Sagenopteris* (Caytoniales). Se indica con flechas las posibles marcas de la unión con el pecíolo de las hojas de *Sagenopteris*. Nótese la similitud con las ilustraciones de Harris (1964). (a, tomado de Harris, 1964) Escala: 1 cm en 1-3; x4 en a y x8 en a*.

Figura 18



IV.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA PALEOFLORA ESTUDIADA EN EL SUR DE MÉXICO. Las formaciones con presencia de Ginkgoales son Rosario, Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y Tecamazúchil, y en localidades indiferenciadas del Grupo Tecocoyunca, mientras que las Czekanowskiales están registradas en la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y en localidades indiferenciadas del Grupo Tecocoyunca. En el caso de las Caytoniales, estas se registraron en las formaciones Zorrillo-Taberna Indiferenciadas y Tecamazúchil, y en localidades indiferenciadas del Grupo Tecocoyunca (Tabla 3). Para dar un mejor detalle de la distribución geográfica y estratigráfica de la flora estudiada a continuación se desglosan los registros de los géneros descubiertos siguiendo un orden cronológico.

En la formación Rosario se registró el fosilitaxón *Nehvizdyella*. En la columna estratigráfica se ubicó en la zona denominada RA a los 36 metros de la base aproximadamente (Figura 19). La localidad se ubica en el Estado de Oaxaca a las afueras del poblado de Rosario Nuevo (17° 35' N y 97° 51' O), Municipio de Tezoatlán de Segura y Luna (Figura 25. 4). El ejemplar se encuentra en arenisca de grano fino de un color ocre amarillento.

Para el Grupo Tecocoyunca son varias las localidades indiferenciadas con presencia de la flora estudiada. Primero, en la localidad Cañada del Ajo hay registro de *Czekanowskia*. La ubicación es en la región sur del Estado de Puebla, municipio de Tecamatlán (18° 05' N y 98° 87' O) (Figura 25. 1). El tipo de roca del ejemplar es arenisca de grano fino de color gris oscuro. Tanto la segunda (CCC) como la tercera (CCB) localidad se ubican en la región de Olinalá, Guerrero (17° 35' N y 98° 44' O) (Figura 25. 3) a los 220 y 270 metros de la columna estratigráfica respectivamente (Figura 20). En estas localidades hay registro de *Czekanowskia*, *Sphenobaiera*, cf. *Ginkgoites*, *Ginkgoitocladius* y *Sagenopteris*. El tipo de roca va desde arenisca de grano fino de color gris obscuro a limolita gris claro.

En la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad Río Ñumi (17° 19' N y 97° 43' O) (Figura 25. 6), están presentes los géneros *Ginkgoites*, *Nehvizdyella*, *Eretmophyllum*, *Sphenobaiera*, *Ginkgoidium*, *Czekanowskia*, y *Sagenopteris*. Los fósiles están depositados en arenisca de grano fino y lutita carbonosa. En la zona denominada ZtC, entre los 290 m y 305 m (Figura 21). En la localidad Cañada Alejandro, de la misma formación, hay presencia de *Ginkgo*, cf. *Ginkgoites*, *Ginkgoitocladius*, *Czekanowskia* y

Sagenopteris. El tipo de roca donde están depositados estos ejemplares es lutita y arenisca de grano fino, de color gris claro a amarillento-rojizo, y se ubican principalmente en la localidad de Las Mesas (17° 26' N y 97° 44' O) (Figura 25. 7). Esta localidad aún no se ha correlacionado con la columna general de la formación. Dentro del desarrollo de esta tesis se descubrieron dos nuevas localidades fosilíferas (Apéndice I), las cuales hasta el momento se consideran correlacionables a la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. La primera de ellas es la localidad San Miguel Ixcatlán (16°53' N y 97° 30' O) (Figura 25. 8) donde solo hay presencia de *Czekanowskia*, este fosilitaxón es ubicado en estratos de lutita, aproximadamente a los dos y medio metros de la columna parcial. La columna que hasta el momento se ha medido tiene un espesor de 14 metros (Figura 22). La segunda localidad es San Juan Mixtepec (17° 17' N y 97° 48' O) (Figura 25. 5); aquí se registraron los géneros *Ginkgoitocladus* y *Czekanowskia*. La zona en donde se ubica a los fósiles es a los nueve metros de la columna parcial (Figura 23). Estas localidades se ubican en la porción noroccidental del Estado de Oaxaca (Figura 25).

Por último, en la Formación Tecomazúchil los registros son de los géneros *Karkenía* y *Sagenopteris*. En el primer caso, *Karkenía* que se localiza en la localidad Partideño (17° 57' N y 97° 57' W) (Figura 25. 2) en arenisca de grano fino, se ubicó a los 350 m de la columna estratigráfica (Figura 24. TzP). Hasta el momento no se tienen asociados ni brotes cortos ni hojas de Ginkgoales en esta localidad. El segundo caso es *Sagenopteris*, que se encuentra en la localidad Ayuquila (17° 53' N y 97° 52' W) (Figura 25. 2), en arenisca con laminaciones de limos, a los 443 m de la columna estratigráfica (Figura 24. TzA).

Tabla 3. Relación de las localidades, formaciones, periodo, épocas y edades, correspondientes a el material colectado y revisado de la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza y los órdenes taxonómicos presentes en cada una de dichas localidades.

(TER: Total de ejemplares revisados por localidad; TF: Total de fósiles identificados por localidad).

Localidad	Grupo o formación geológica	Periodo, Época y Edad	TER	TF	Orden taxonómico
Rosario Nuevo, Oax.	fm. Rosario	Jurásico Inferior Toarciense/Aaleniano	229	1	Ginkgoales
Peña Colorada, Pue.	fm. Conglomerado Peña Colorada	Jurásico Inferior	92	0	?
Cañada del Ajo, Pue.	G. Tecocoyunca	Jurásico Medio	135	1	Czekanowskiales
Tecocoyunca, Oax	G. Tecocoyunca	Jurásico Medio	97	0	?
Olinalá, Gro	G. Tecocoyunca	Jurásico Medio	495	10	Ginkgoales; Czekanowskiales; Caytoniales
Rio Ñumi, Oax	fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas	Jurásico Medio Bajociense/Bathoniano	415	20	Ginkgoales; Czekanowskiales; Caytoniales
Cañada Alejandro	fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas	Jurásico Medio Bajociense/Bathoniano	412	22	Ginkgoales; Czekanowskiales; Caytoniales
San Miguel Ixcatlán, Oax.	?fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas	Jurásico Medio Bajociense/Bathoniano	45	2	Czekanowskiales
Mixtepec, Oax	?fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas	Jurásico Medio Bajociense/Bathoniano	237	6	Ginkgoales; Czekanowskiales
Tecomatlán, Pue.	Fm. Tecomazúchil	Jurásico Medio Calloviano	173	0	?
Ayuquila, Oax.	Fm. Tecomazúchil	Jurásico Medio Calloviano	123	5	Caytoniales
Partideño, Oax.	Fm. Tecomazúchil	Jurásico Medio Calloviano	144	1	Ginkgoales
Chilixtlahuaca, Oax.	Fm. Tecomazúchil	Jurásico Medio Calloviano	292	0	?
Otlaltepec, Pue.	fm. Otlaltepec	Jurásico Medio	185	0	?
Total			3074	68	

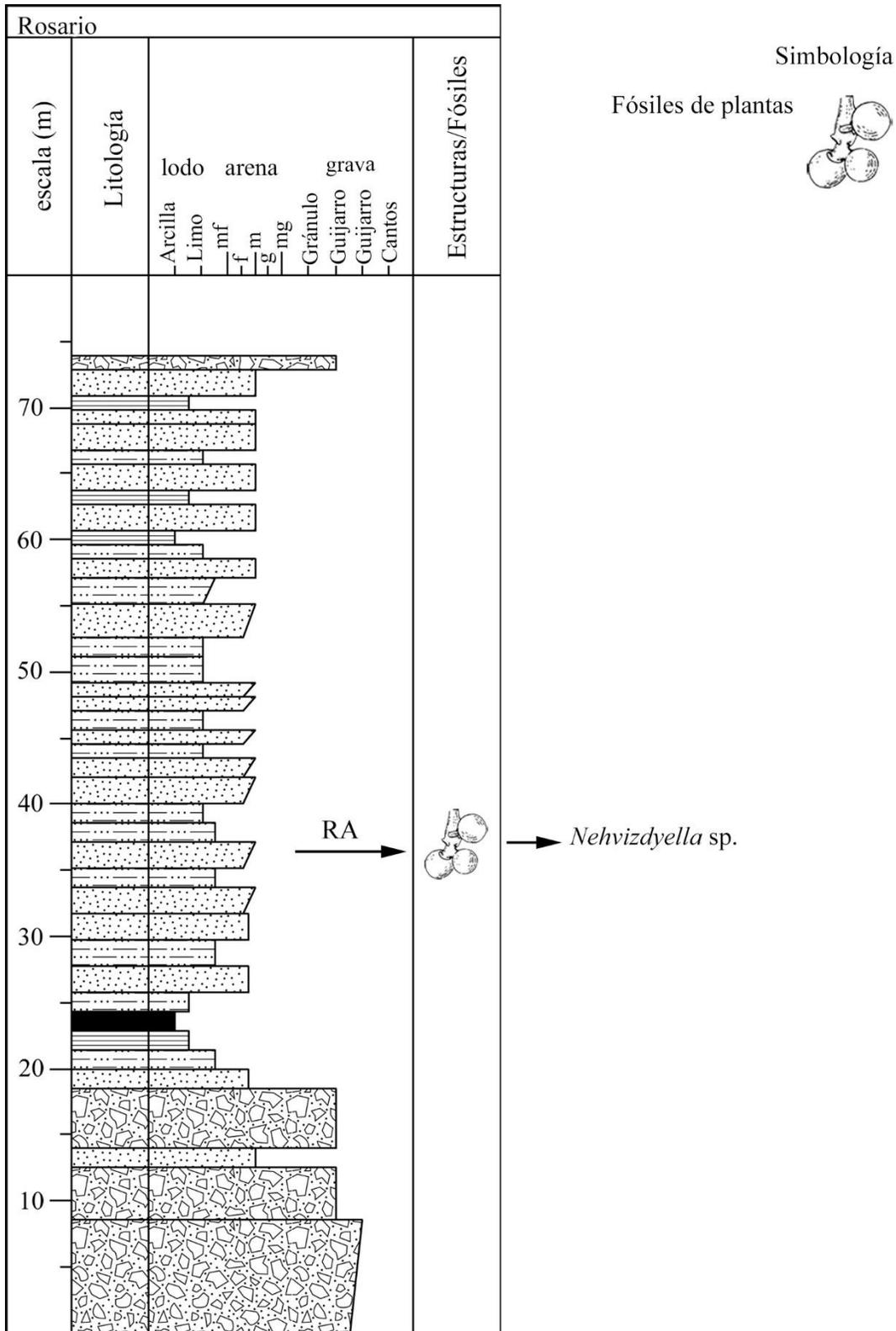


Figura 19. Sección estratigráfica de la formación Rosario, solo se indica el fosilitaxón *Nehvizdyella* de la flora de estudio en la localidad Rosario Nuevo (RA). (Tomado de Aguilar, 2004 y modificado con los programas SedLog ver.3.1 y Photoshop CS5.1)

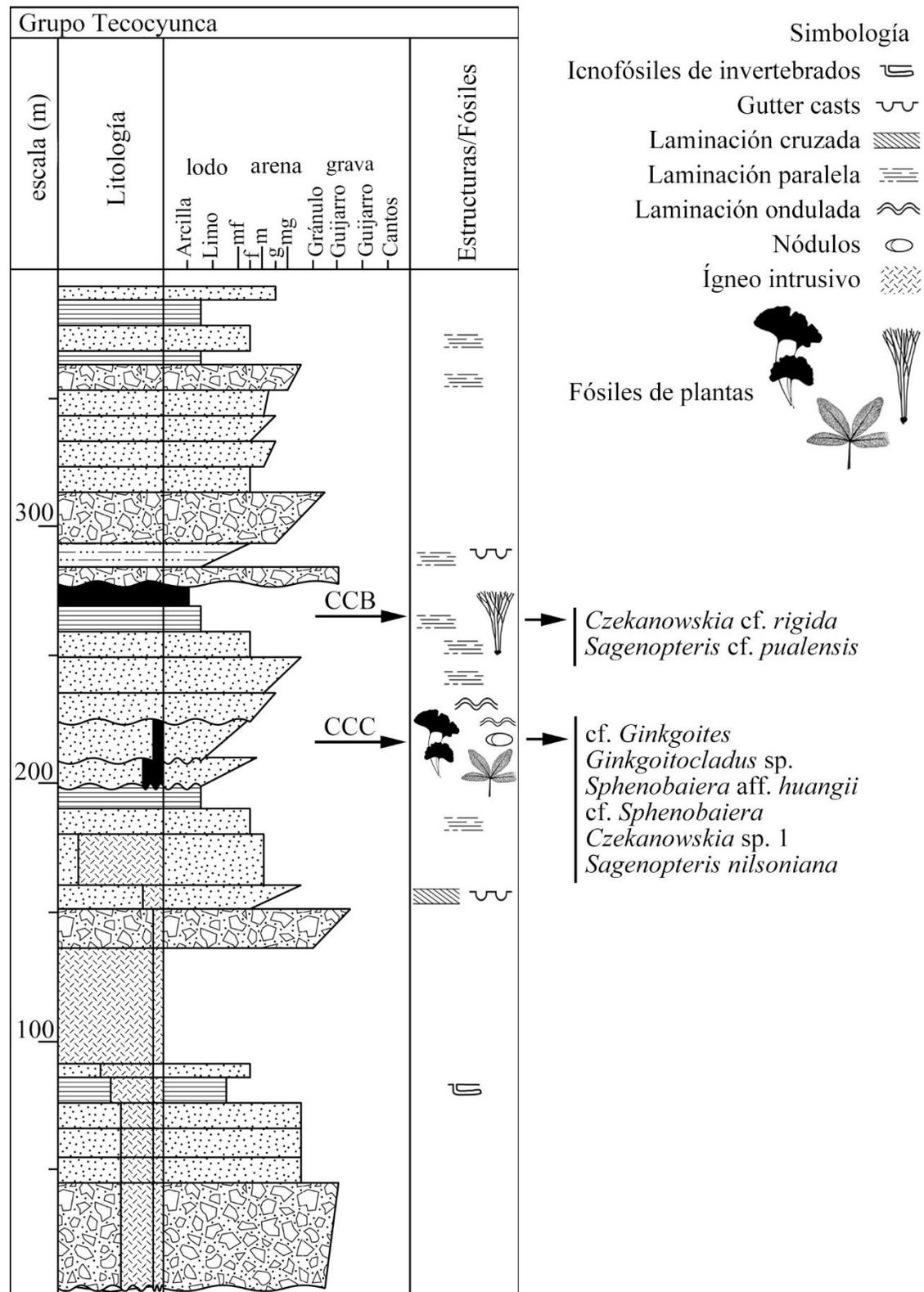


Figura 20. Columna estratigráfica general del Grupo Tecocoyunca en la región de Olinalá, se indican las localidades La Carretera (CCC) y La Barranca (CCB) con los fosilitaxones de la flora de estudio. (Tomado de Flores & Mercado, 2014 y modificado con los programas SedLog ver.3.1 y Photoshop CS5.1)

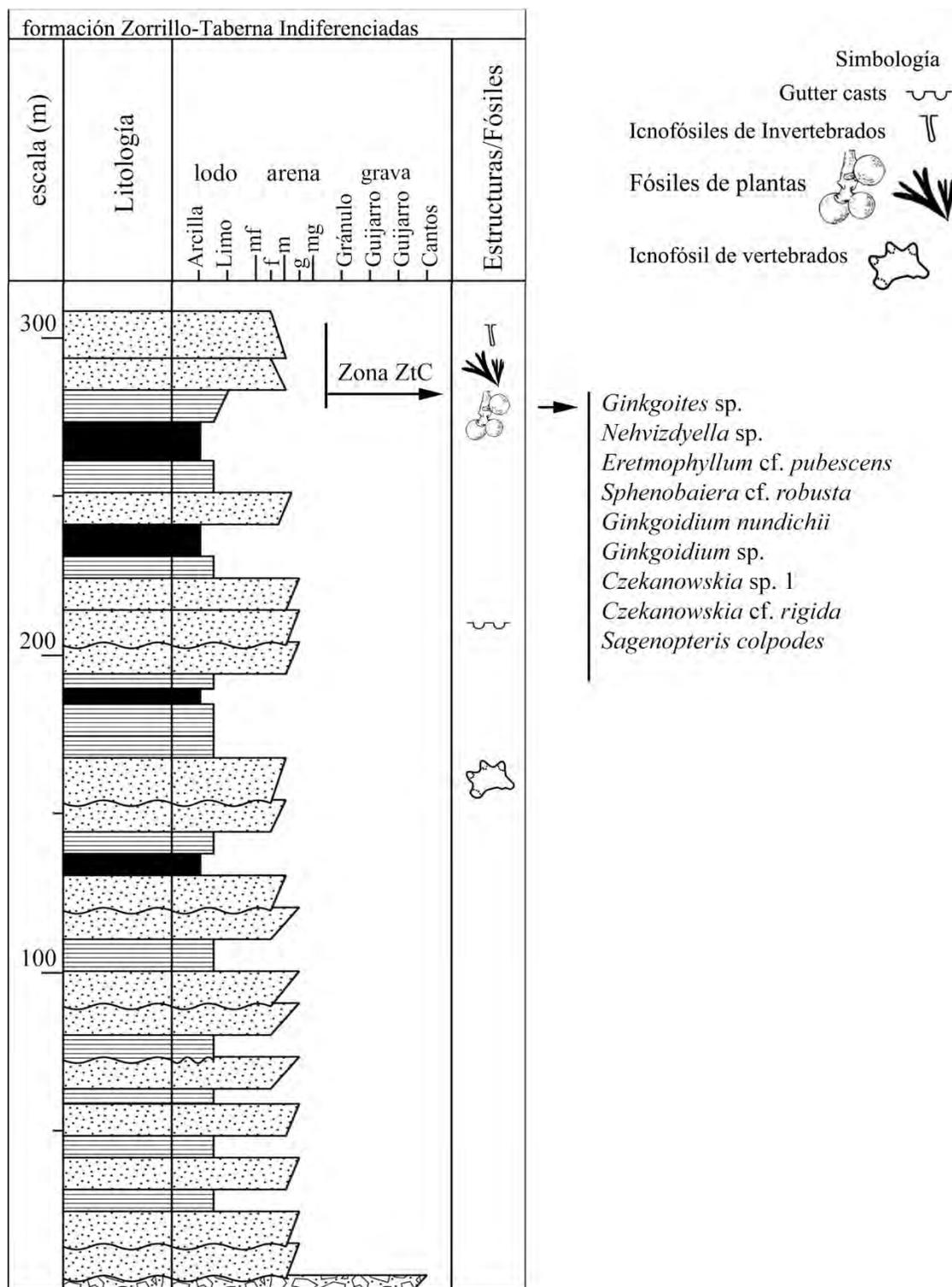


Figura 21. Columna estratigráfica general de la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad Río Ñumi. Se indica la Zona ZtC con los fósilitaxones de la flora de estudio. (Tomado de Corro & Ruiz, 2011 y modificado con el programa SedLog ver.3.1 y Photoshop CS5.1)

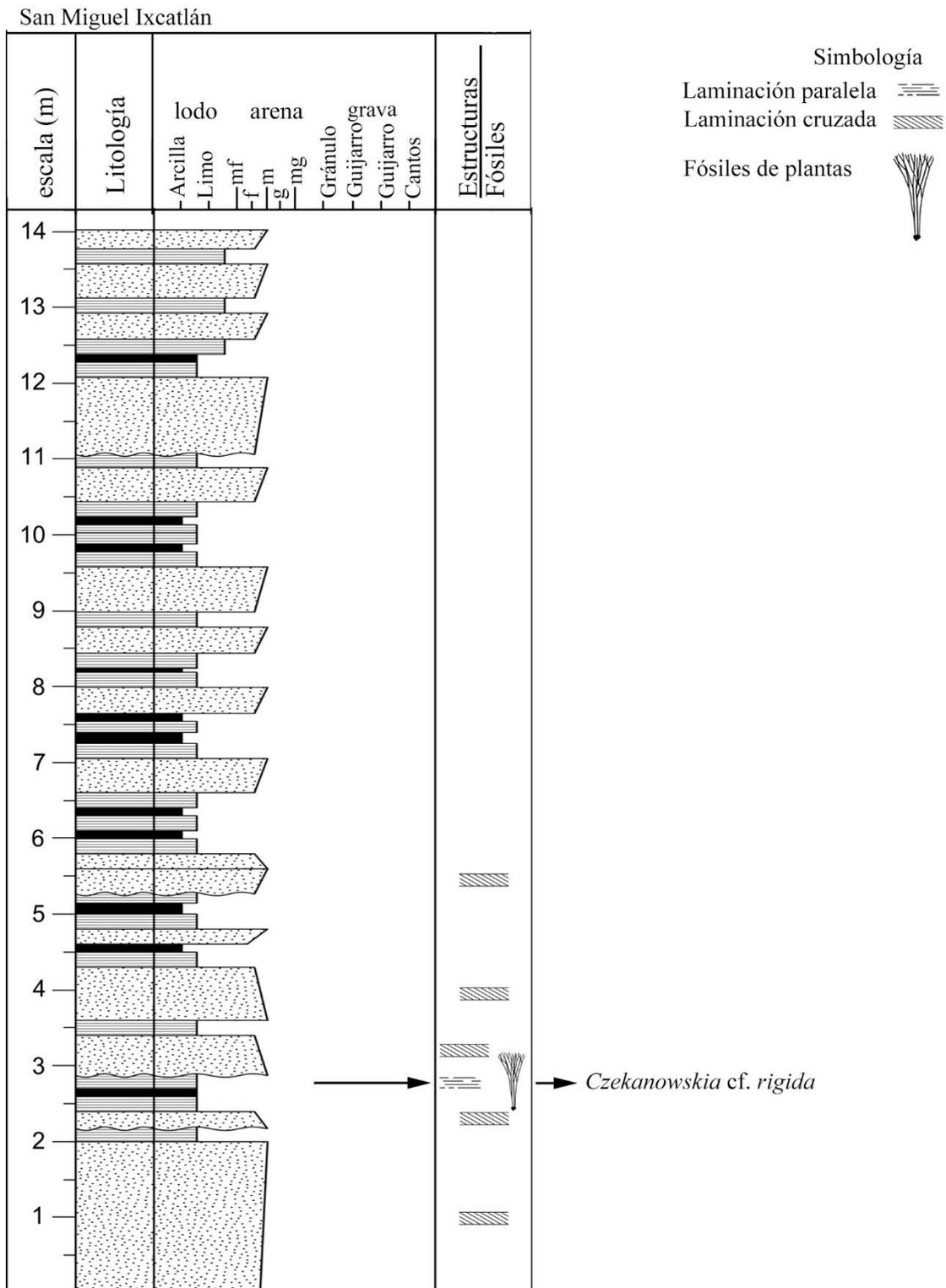


Figura 22. Sección estratigráfica de la ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, localidad San Miguel Ixcatlán, se indica la zona fosilífera con el fosilitaxón de la flora de estudio (Tomado de Corro, 2015 y modificado con el programa SedLog ver.3.1 y Photoshop CS5.1)

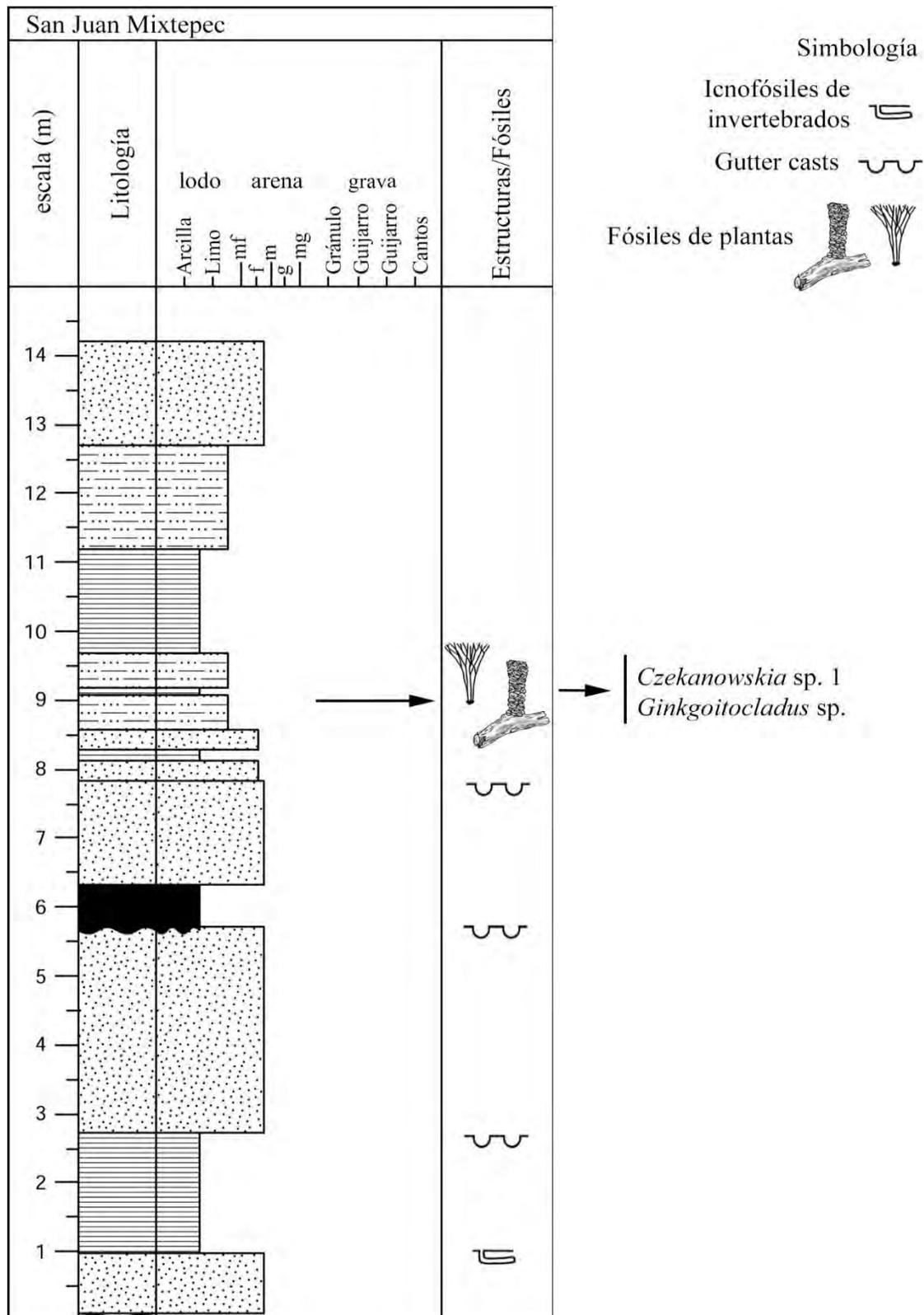


Figura 23. Sección estratigráfica de la localidad San Juan Mixtepec, ?formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, se indica la zona fosilífera con los fosilitaxones de la flora de estudio (Elaborado con el programa SedLog ver.3.1 y Photoshop CS5.1)

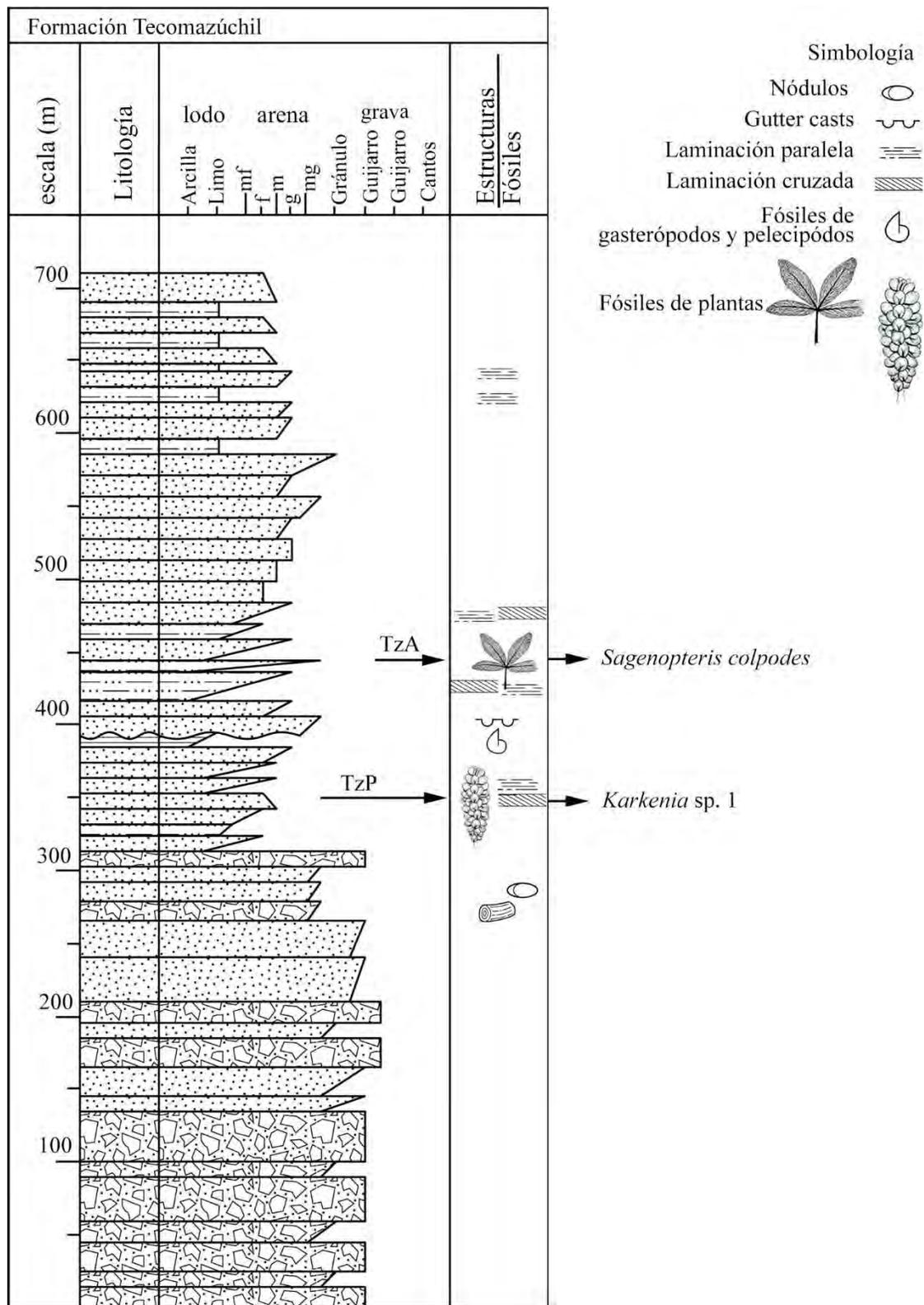


Figura 24. Columna estratigráfica general de la Formación Tecmazúchil, se indican las localidades Ayuquila (TzA) y Partideño (TzP) con los fósilitaxones de la flora de estudio (Tomado de Grimaldo, 2010 y modificado con el programa SedLog ver.3.1 y Photoshop CS5.1)

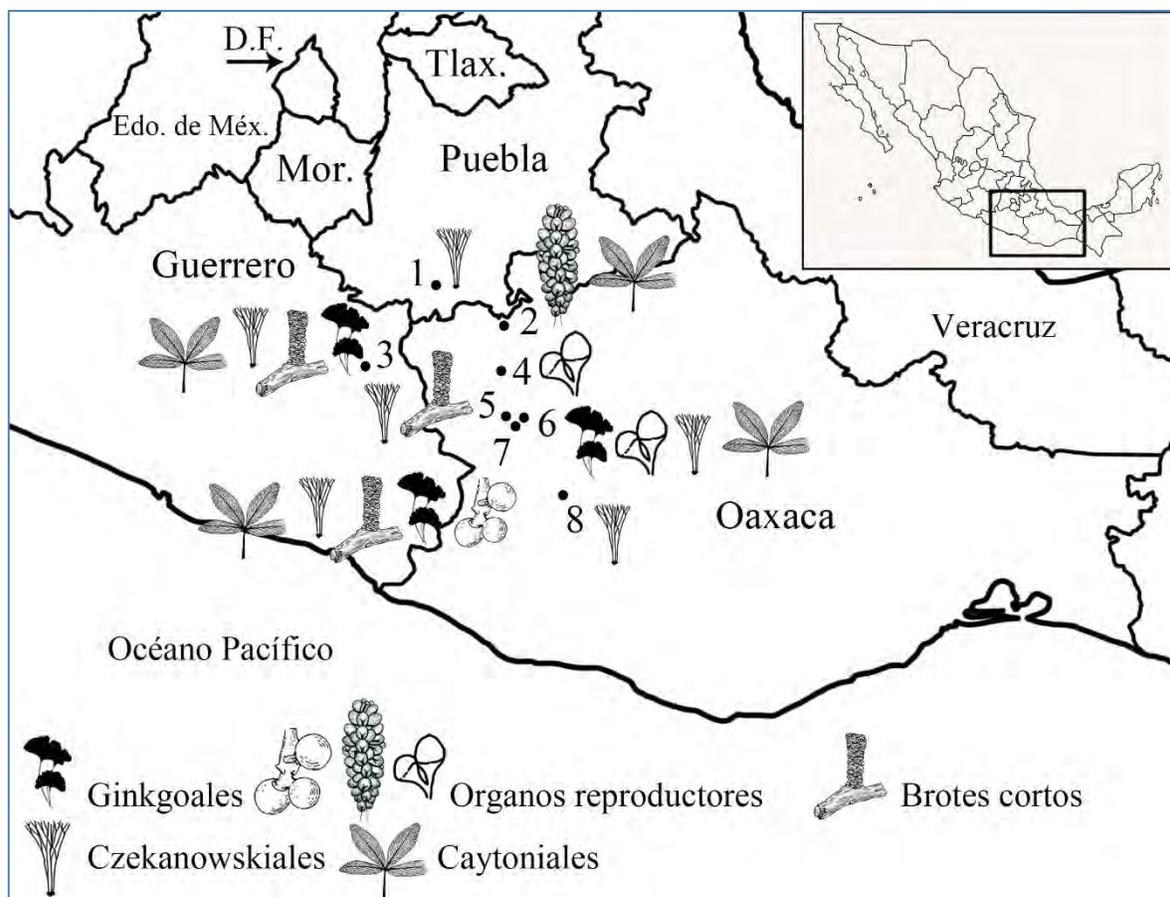


Figura 25. Mapa del sur de México, muestra la distribución geográfica de los Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales estudiados. 1 (Cañada del Ajo, G. Tecocoyunca); 2 (Partideño-Ayuquila, Fm. Tecamazúchil); 3 (Cualac, G. Tecocoyunca); 4 (Rosario Nuevo, Fm. Rosario); 5 (Mixtepec, Fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas); 6 (Río Ñumi, Fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas); 7 (Cañada Alejandro, Fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas) y 8 (San Miguel Ixcatlán, Fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas). (Mapa realizado con base en Google Earth, 2015 y Photoshop CS5.1).

IV.3. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN LOS MODELOS PALEOGEOGRÁFICOS DEL SUR DE MÉXICO DURANTE EL JURÁSICO. Hasta el momento se ha planteado que los Ginkgoales se pudieron establecer en una gran variedad de hábitats y climas, pero con un florecimiento en climas mésicos. Además, se ha propuesto que se establecieron principalmente en ambientes de valles intermontanos. Aunque, en el Cretácico tardío y Cenozoico fueron confinados a ambientes ribereños (Anderson et al., 2007; Zhou, 2009). En el caso de las Czekanowskiales se plantea que su distribución estuvo asociada a condiciones ambientales templadas y húmedas hasta tropicales. Principalmente de tierras bajas y formaron parte de vegetación ribereña y lacustre

(Harris, 1951; Krassilov, 1982; Ash, 1994; Anderson et al., 2007; Sun et al., 2007; Vaez-Javadi, 2010). Las Caytoniales son un grupo de plantas que han sido referidas a ambientes deltaicos (Harris, 1964; Anderson et al., 2007), pero no hay referencias más específicas de condiciones climáticas. Recientemente, Barbacka et al. (2006) describieron a *Sagenopteris pualensis*, del Jurásico Inferior de Alaska, como una especie con caracteres xeromórficos, especie que hasta el momento sería el único fosilitaxón con dichas características dentro de las Caytoniales. Esta información sugiere que, en general, durante el Mesozoico los tres grupos de plantas se distribuyeron en diversos ambientes, pero estuvieron frecuentemente asociados entre sí.

La geografía de México durante el Jurásico estuvo ligada al proceso de fragmentación de la Pangea. En especial este proceso influyó al Terreno Mixteco (bloque Del Sur), que al igual que el bloque Chortis, fue uno de varios bloques de corteza continental ubicado entre América (norte y sur) y África (Figura 2) (Campa & Coney, 1983; Ross & Scotese, 1988; Smith et al., 1994; Golanka et al., 1996; Böhnelt, 1999; Dickinson & Lawton, 2001). Por lo tanto, la geografía de la región (del Terreno Mixteco) estuvo influenciada por varios eventos tectónicos. Por ejemplo, el continuo hundimiento debido al proceso tectónico de tipo extensional, que fue ocasionado por un rift continental [rift: “hundimiento de la corteza terrestre entre dos fallas paralelas” (Dávila, 2011)] que desarrolló sistemas de fallas normales. Este proceso fue lo que constituyó zonas de horst y graben [“los horst constituyen generalmente las cadenas montañosas, mientras que los grabens o fosas constituyen los valles” (Dávila, 2011)] en donde se produjeron extensas áreas de meteorización, erosión y depósito. Además, en esta región se presentaron ocasionales transgresiones marinas hacia el Bathoniano superior (Moran-Zenteno et al., 1993; Elías-Herrera, 2004; Corro & Ruiz, 2011). La presencia de influjos marinos sugiere que la línea de costa estaba próxima a esta área. Incluso, Ferrusquía-Villafranca et al. (2006) proponen que los fragmentos de corteza que incluyen al Terreno Mixteco fueron islas. Sin embargo, no hay datos geológicos que ubiquen la línea de costa con precisión o confirmen la hipótesis de las islas.

Como consecuencia, esta información permite inferir que la geografía del sur de México fue una zona donde se conjuntó un relieve contrastado entre zonas montañosas y extensas planicies cercanas a la costa, y posiblemente con pocos metros sobre el nivel del mar. Esta variedad de morfologías es lo que permitió el establecimiento de Ginkgoales,

Czekanowskiales y Caytoniales en el Toarciano (fm. Rosario), el Bajociano/Bathoniano (fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas) y en el Calloviano (Fm. Tecomazúchil) (Tabla 3). Aunque los fósiles de plantas se consideran alóctonos en todas las formaciones donde se registraron (Lozano-Carmona, 2012; Guerrero-Arévalo, 2014), dicha distribución no interfiere en la correlación de las condiciones ambientales de la región con la presencia de la flora en estudio, como se comenta a continuación.

Al realizar un análisis geográfico y ambiental más específico para la región. Se encuentra que, en el Toarciano, cercano al ambiente fluvial con llanuras de inundación de la fm. Rosario (Figura 26), se distribuyó el género *Nehvizdyella*. Éste género ha sido reportado para el Cretácico de la República Checa, y es asociado a un ambiente costero pantanoso y considerado halófito (Kvaček et al., 2005). Si bien la fm. Rosario es de ambiente continental (Moran-Zenteno et al., 1993), la paleocuenca presentó transgresiones marinas (De Anda, 2008) lo que generó las condiciones favorables y similares a las de la República Checa permitiendo el establecimiento de *Nehvizdyella*.

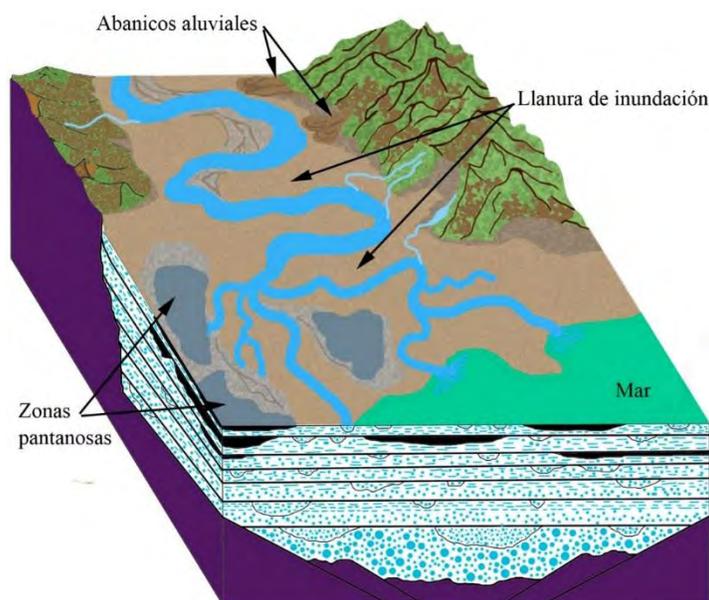


Figura 26. Reconstrucción hipotética del paleoambiente de la formación Rosario. (Tomado de Ortiz-Martínez, 2014)

Posteriormente, durante el Bajociano/Bathoniano se registró la mayor diversidad con nueve géneros (*Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Nehvizdyella*, *Eretmophyllum*, *Ginkgoitocladus*, *Sphenobaiera*, *Ginkgoidium*, *Czekanowskia* y *Sagenopteris*) entre el Grupo Tecocoyunca y la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Con respecto al ambiente de depósito del

Grupo Tecocyunca en la región de Olinalá se propone que fue un depósito continental con pequeñas zonas pantanosas en la llanura de inundación (Figura 27. A). En específico el ambiente de depósito de la fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas es un ambiente fluvial con planicies de inundación y zonas pantanosas (Figura 27. B), y ambas localidades ocasionalmente fueron transgredidas por influjos marinos asociados a una paleobahía (Morán-Zenteno et al., 1993; Corro & Ruiz, 2011). Estos nueve géneros también son alóctonos en estas formaciones. No obstante, esta diversidad se puede correlacionar con la geografía para este tiempo, la cual favoreció el establecimiento de estos grupos. Por ejemplo, *Czekanowskia* y *Sagenopteris* tienen mayor compatibilidad con el ambiente fluvial mencionado, y los géneros *Nehvizdyella*, *Eretmophyllum*, *Ginkgoitocladus* y la especie *Sagenopteris* cf. *pualensis* son entidades asociadas a ambientes costeros o cercanos a la costa (Kvaček et al., 2005; Barbacka et al., 2006). Por lo tanto, la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales se pudo haber establecido en un área próxima a la zona de depósito de la región de Olinalá y en la fm. Zorrillo-Taberna Indiferenciadas, y en ésta última la flora se favoreció por el régimen estacional de lluvias propuesto (Lozano-Carmona, 2012). Por último, en la Formación Tecomazúchil (Calloviano) hay presencia de los géneros *Karkenía* y *Sagenopteris*. Ambos son asociados a condiciones húmedas estacionales (Harris, 1964; Zhou et al., 2002). Según Grimaldo (2010) y Campos-Madrígal et al. (2013), en la zona de depósito de la Formación Tecomazúchil se presentó un clima húmedo. Por lo tanto, dichas condiciones permitieron la presencia de *Karkenía* y *Sagenopteris* en una topografía más continental que el de las anteriores formaciones (Figura 28).

Figura 27. Relación entre las reconstrucciones paleoambientales del Grupo Tecocyunca (A) y la formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas (B), y ambas con la propuesta hipotética del paleoambiente de la región de estudio durante el Bajociano/Bathoniano (C). (A y B tomados de Ortiz-Martínez, 2014 y C de Morán-Zenteno et al., 1993)

Figura 27

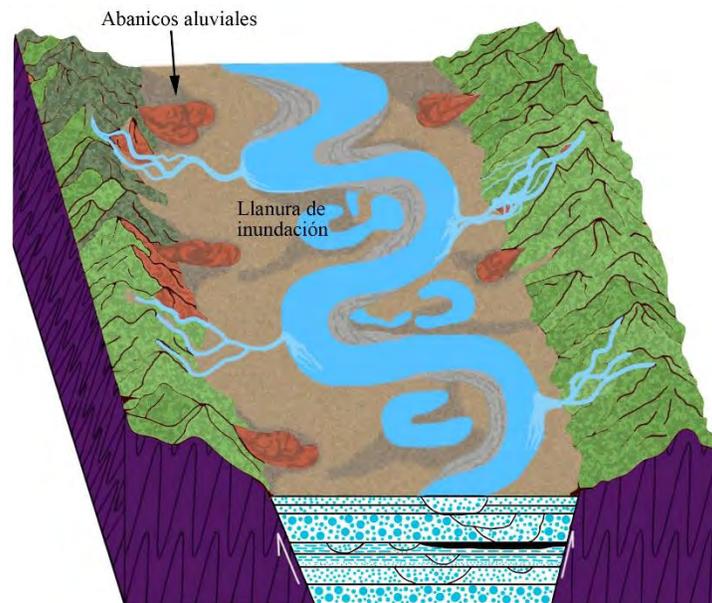
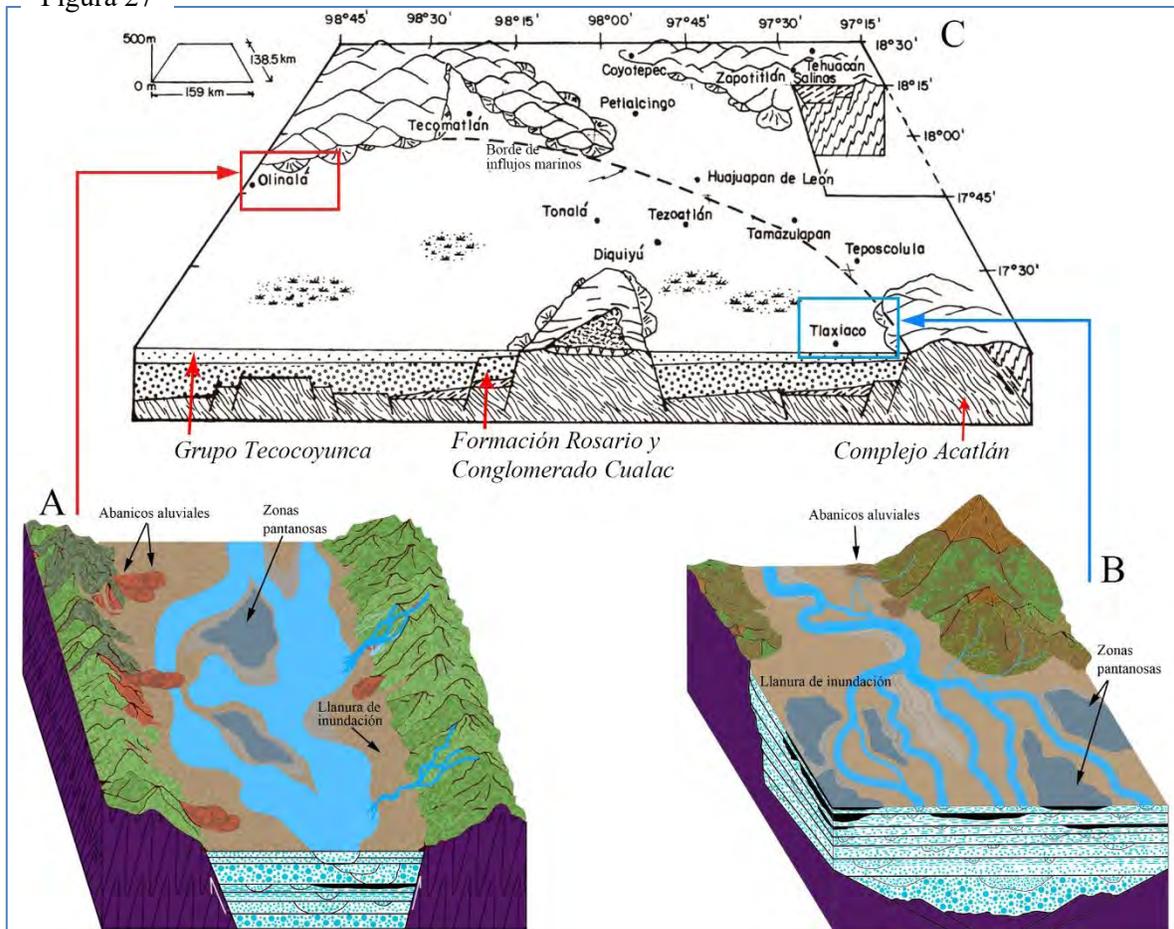


Figura 28. Figura 26. Reconstrucción hipotética del paleoambiente de la Formación Tecomazúchil. (Tomado de Ortiz-Martínez, 2014)

IV. 4. IMPLICACIONES FITOGEOGRÁFICAS DE LOS NUEVOS REGISTROS DE LAS GINKGOALES Y GRUPOS AFINES EN EL JURÁSICO. Con los estudios paleobotánicos realizados alrededor del mundo, hoy sabemos que la flora en el Jurásico estuvo dominada por gimnospermas. El grupo más abundante fue el de las Bennettitales, seguida por las Pinales, Ginkgoales, Caytoniales, Cycadales y Pentoxylales, y fueron elementos abundantes en regiones de Laurasia y Gondwana (Anderson et al., 1999; 2007). En México los estudios paleobotánicos recientes han iniciado una nueva prospección y análisis de la composición taxonómica y el paleoclima regional del sureste. Uno de los principales aportes a la diversidad es el descubrimiento de Ginkgoales en afloramientos jurásicos del Terreno Mixteco (Lozano-Carmona, 2012; Ortiz-Martínez et al., 2013; Velasco de León et al., 2014). En esta tesis se presentan nuevos hallazgos de Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales, y se realiza el primer análisis fitogeográfico incluyendo a México en la distribución de estos tres grupos. Por lo tanto, es considerado el primer paso para futuros análisis biogeográficos del Jurásico.

Se empleó el método panbiogeográfico para realizar el análisis fitogeográfico. Se aplicaron los conceptos de trazo individual y generalizado a ocho de los géneros de las familias bien establecidas, que son: Ginkgoaceae, Karkeniaceae (Ginkgoales), Leptostrobaceae (Czekanowskiales) y Caytoniaceae (Caytoniales). Se graficaron trazos individuales de los géneros para cada época del Jurásico (Inferior, Medio y Superior), y en total se obtuvieron 21 trazos individuales. Al comparar estos trazos individuales es clara la superposición de los tres órdenes durante las tres épocas del Jurásico. Por lo tanto, se graficó un trazo generalizado para cada época (Morrone, 2004, 2015; Anderson et al., 2007; Zhou, 2009). En los trazos individuales y generalizados que se obtuvieron (Figuras 29-34) se observa el patrón de distribución de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales (flora-GCC) durante el Jurásico.

La flora-GCC tuvo un patrón de distribución amplio como se observa en los mapas (Figuras 29, 31, 33), la distribución incluye a Laurasia y parte de la Gondwana jurásica. De Laurasia el patrón engloba a territorios de Asia, Europa y Norteamérica, y en Gondwana se incluye Sudamérica, parte de Asia, y la India. El patrón de distribución Jurásico (Toarciano) de la flora-GCC permite proponer que la expansión alcanzada, en dicha época, se derivó de su flora ancestral triásica.

Durante el Triásico, la Pangea constituyó un espacio donde las biotas terrestres pudieron dispersarse. Dicha dispersión se infiere por la conexión de las masas continentales en el supercontinente Pangea. Esto favoreció a la flora-GCC durante el Triásico, que se originó en este periodo (Ginkgoaceae en el Triásico Inferior; Czekanowskiales y Caytoniales en el Triásico Superior). Anderson et al. (2007) proponen que en el Triásico se dio una “radiación explosiva” que originó hasta 25 familias de gimnospermas en 30 Ma. Por lo tanto, es posible que las condiciones ambientales y geográficas de Pangea favorecieran esta radiación, que incluye el origen y movilidad de la flora-GCC.

Relacionando la propuesta anterior y los patrones jurásicos, las barreras geográfico/climáticas que pudieron influir en la distribución del sur y occidental de la flora-GCC durante el Triásico fueron la orogenia Ouachita-Marathon-Sonora (OMS) y la aridización en la Gondwana central. La orogenia OMS se formó por la colisión de Gondwana con Laurentia la cual dio origen a un complejo sistema de cuencas (paredes elevadas y fallas). Este proceso inició a mediados del Missisipiano y terminó en el Pérmico Tardío, la orogenia se extendió por ~3000 km a lo largo del margen sur de Laurentia. Este margen continuó con actividad tectónico/volcánica hasta el Jurásico Medio, por ejemplo, el arco volcánico del este de México (Dickinson & Lawton, 2001; Poole et al., 2005). Mientras que la aridización de la Gondwana central es un factor que se originó por la combinación de una gran masa de tierra y un bajo nivel del mar en el Triásico. Amplios registros sedimentarios de dunas y areniscas oxidadas (red beds) en Brasil y Sudáfrica, atestiguan las condiciones cálidas y secas en el interior de Pangea (Gornitz, 2009). Sin embargo, es necesario confirmar esta propuesta con un análisis de trazos para el Triásico.

Al analizar los trazos generalizados de cada época del Jurásico (patrón de distribución de la flora-GCC ancestral de cada época anterior inmediata) se observa un desplazamiento de la flora-GCC hacia el hemisferio norte. Durante el Toarciano, el patrón muestra una distribución principalmente en Eurasia, con una ligera conexión en Norteamérica y África (Figura 30). Posteriormente, en el Bajociano/Bathoniano la distribución se registra hasta Norteamérica incluyendo a México en este patrón y se extiende hacia el noreste de África (Figura 32). Por último, en el Oxfordiano, el trazo generalizado solo cubre Eurasia y Norteamérica, pero ausente en México (Figura 34). Por lo tanto, la modificación en los patrones de distribución a través del Jurásico, permite proponer que las variaciones en las

condiciones ambientales y geográficas, por ejemplo, cambios en los biomas, la constante disgregación de las masas continentales y variaciones locales (Rees et al., 2000; Dickinson & Lawton, 2001; Scotese, 2014) influyeron en la distribución de la flora-GCC durante el Jurásico. Posiblemente estas variaciones fueron factores determinantes en la extinción de la mayoría de las familias de la flora-GCC hacia el Cretácico, e incluso pudieron contribuir en la actual distribución de la única especie de Ginkgoales el *Ginkgo biloba*. No obstante, hace falta considerar los registros de la flora-GCC durante el Cretácico.

Las implicaciones fitogeográficas de los hallazgos de Ginkgoales, Czekanowskiales y Caytoniales en México son varias. Primera, se incluye al sur de México en la distribución de estos grupos. Segunda, es posible observar que la flora-GCC se distribuyó en una amplia variedad de topografías y climas, y que la topografía y clima del sureste de México, también diversa, actuó como un distrito de confluencia en la costa occidental del paleo-Pacífico durante el Toarciano/Calloviano. Tercera, la intensidad de muestreo es claramente mayor en Asia y Europa, pero con los patrones de distribución obtenidos es posible la existencia de ejemplares de la flora-GCC en los afloramientos Jurásico del centro y noroeste de México. Cuarta, este análisis panbiogeográfico es el primero contemplando la presencia de estos grupos en México, y puede ser la base para futuros análisis y propuestas biogeográficas del Jurásico

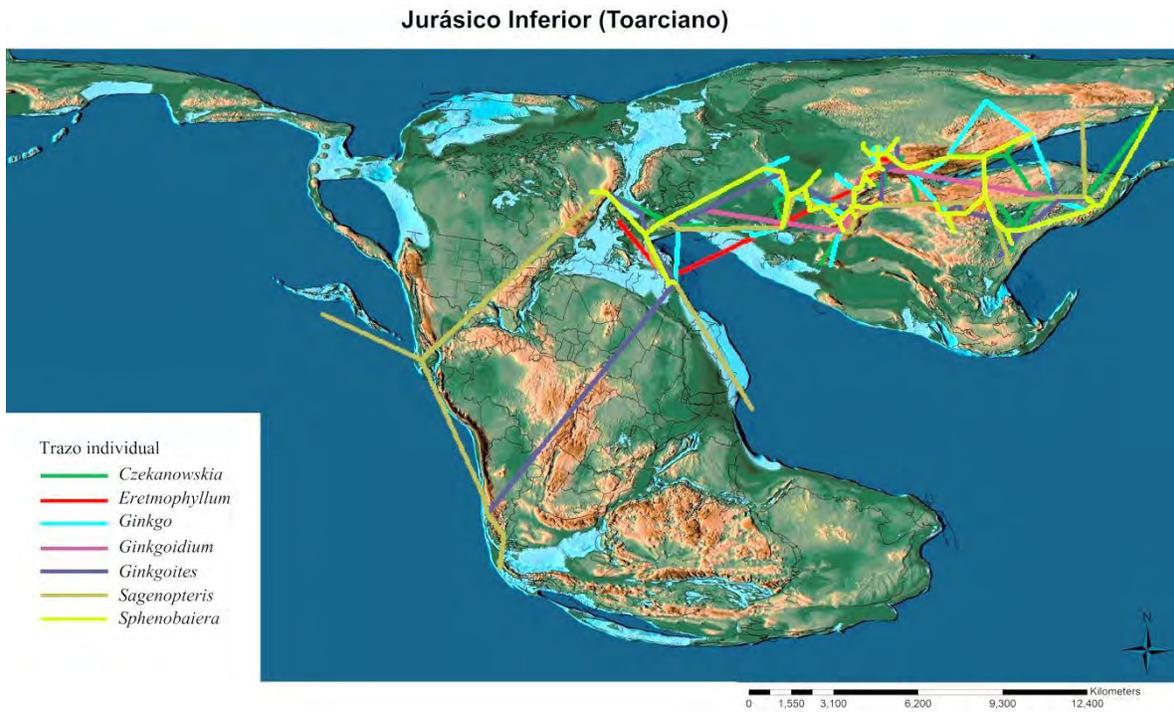


Figura 29. Mapa mundial del Jurásico Inferior (Toarciano) con la proyección de los trazos individuales de siete géneros de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.

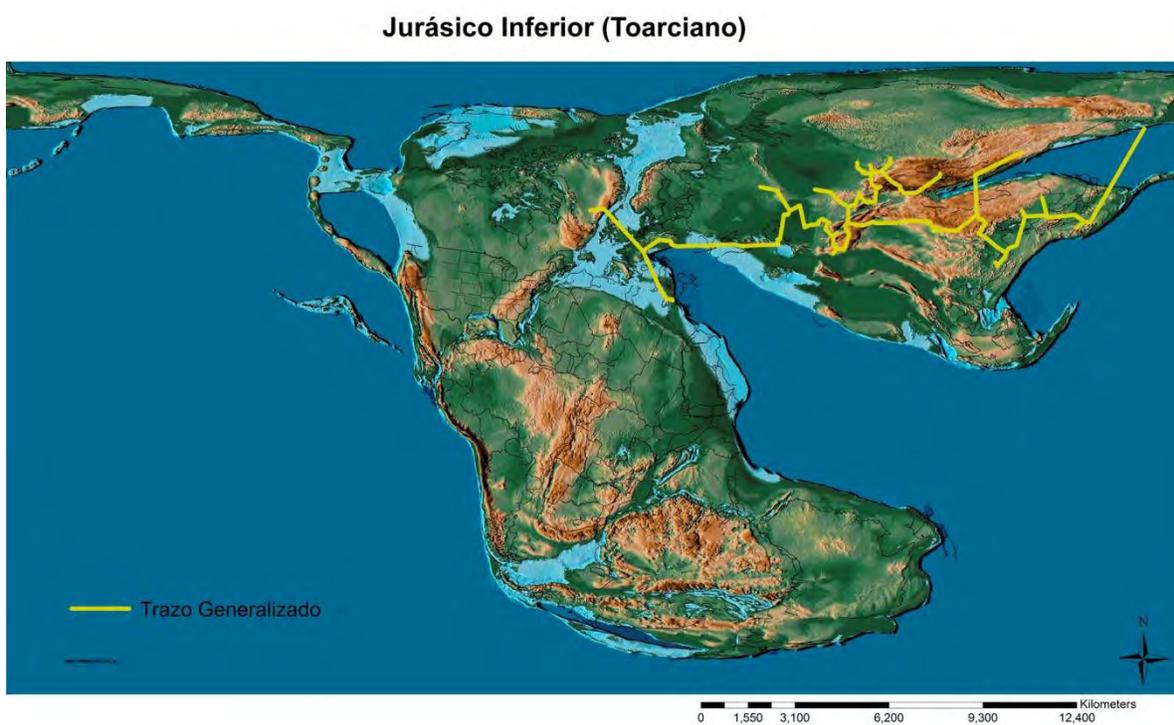


Figura 30. Mapa mundial del Jurásico Inferior (Toarciano) con la proyección de un trazo generalizado de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.

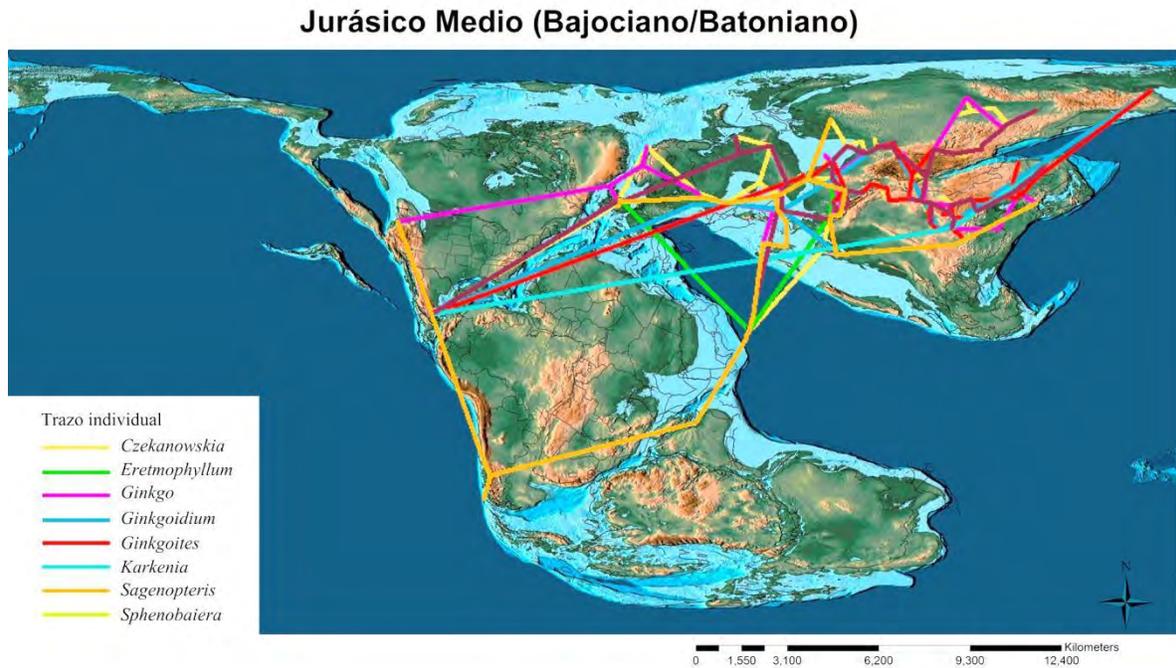


Figura 31. Mapa mundial del Jurásico Medio (Bajociano/Bathoniano) con la proyección de los trazos individuales de ocho géneros de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.

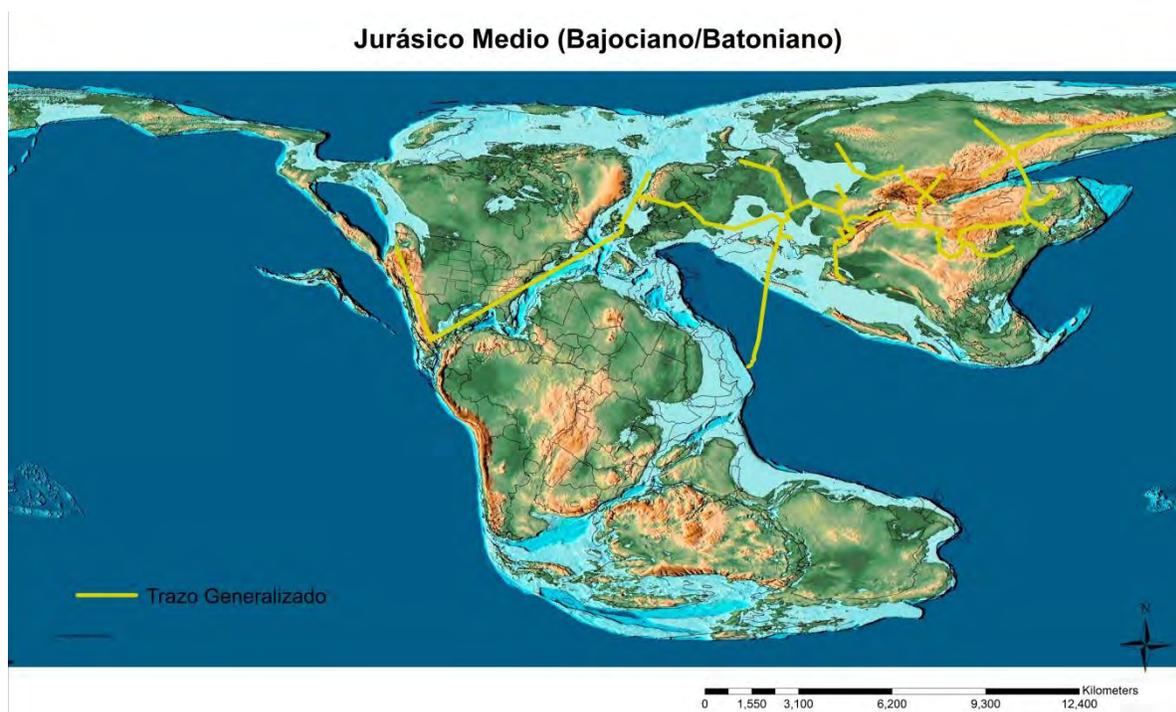


Figura 32. Mapa mundial del Jurásico Medio (Bajociano/Bathoniano) con la proyección de un trazo generalizado de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.

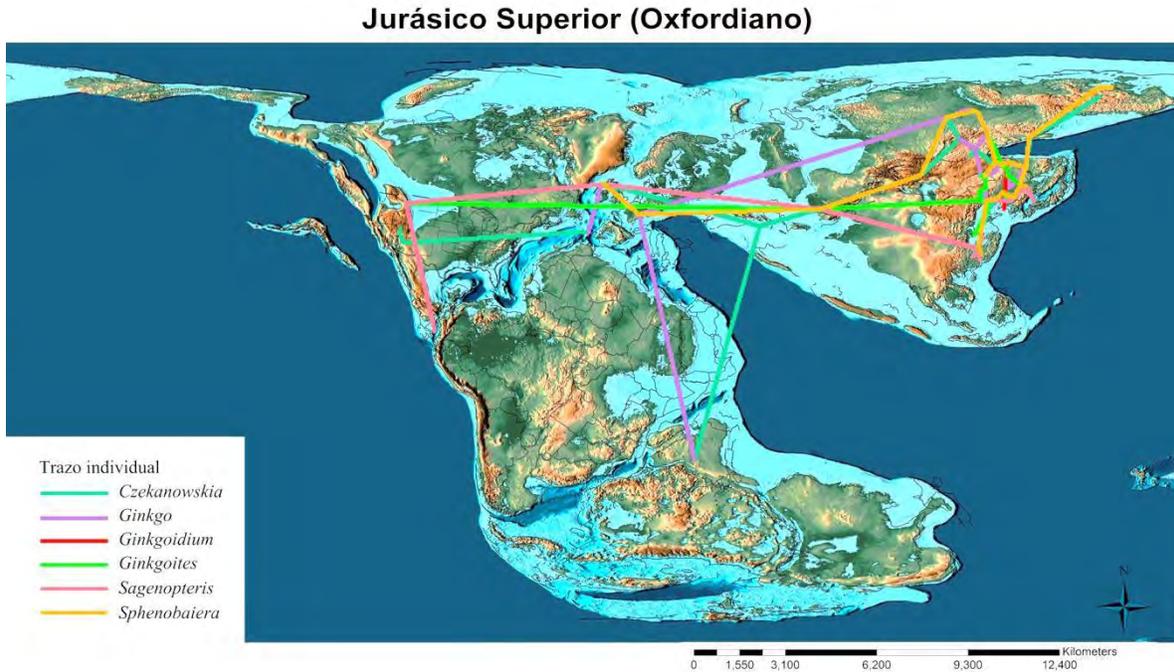


Figura 33. Mapa mundial del Jurásico Superior (Oxfordiano) con la proyección de los trazos individuales de seis géneros de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.

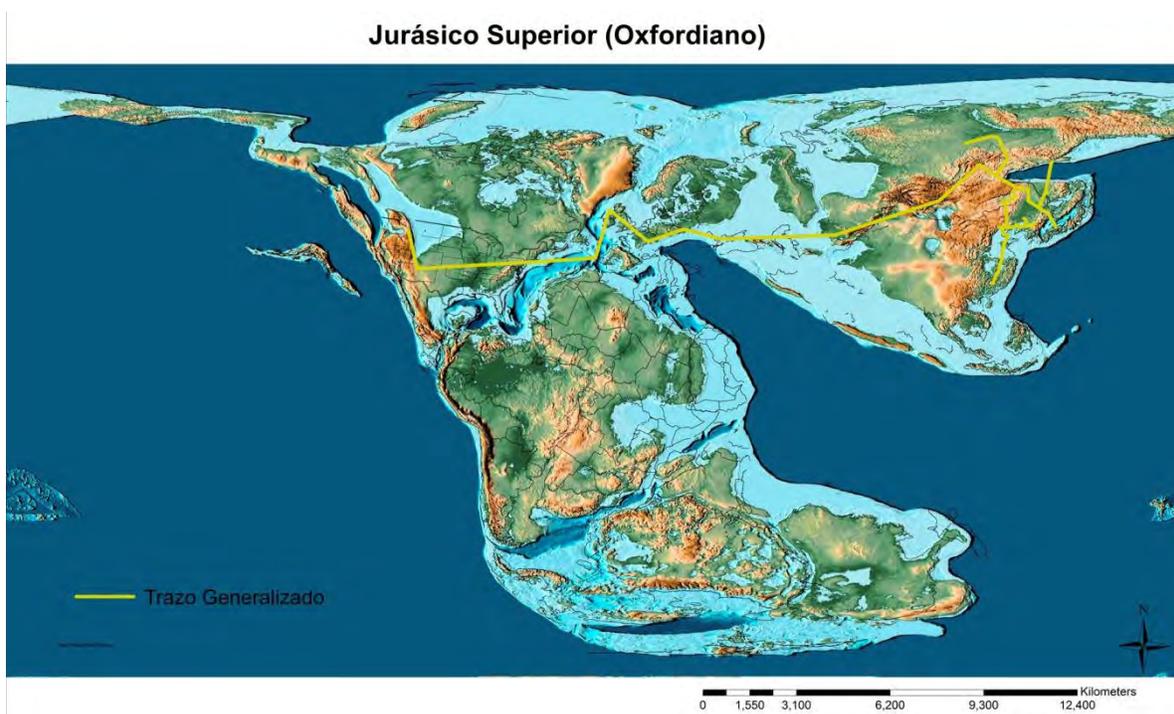


Figura 34. Mapa mundial del Jurásico Superior (Oxfordiano) con la proyección de un trazo generalizado de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se documenta y demuestra la existencia de Ginkgoales y Czekanowskiales, además de nuevos registros de Caytoniales; se hace énfasis en su distribución, tanto geográfica como estratigráfica, en afloramientos jurásicos del sur de México. Los caracteres taxonómicos de estos tres órdenes de gimnospermas fueron compilados y tipificados, esto permitirá clasificar contundentemente al material dentro de la flora jurásica del sur de México en futuros estudios. Por lo tanto, el incremento en el conocimiento de dicha flora es constante y paleontológicamente significativo, ya que los resultados presentados en esta tesis se suman a trabajos previos que enriquecen la diversidad específica y supraespecífica del listado paleoflorístico de la región.

El hallazgo y la adición de los órdenes de estudio a la flora del Terreno Mixteco permiten respaldar la reciente propuesta de un clima heterogéneo en la región durante el Jurásico y refuta el anterior paradigma que consideraba a un clima tropical homogéneo como el agente que segregó a la flora Ginkgoales-Czekanowskiales en la región.

La distribución geográfica de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales fue extensa en el Terreno Mixteco (estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca), y estratigráficamente hay registros del Toarciense al Calloviano. El análisis geográfico y estratigráfico permitió conocer con mayor detalle y claridad los estudios e interpretaciones de la geología, paleogeografía y sedimentología jurásica a nivel regional y local del sur de México, y son notables sus avances. Sin embargo, hace falta completar algunos trabajos sedimentológicos locales. Con esta información, las propuestas paleoambientales y paleogeográficas que hasta el momento se han realizado tendrían mayor sustento y permitirían una mayor utilidad en los análisis paleontológicos.

El análisis de trazos aquí presentado permite proponer un nuevo patrón de distribución de la flora Ginkgoales-Czekanowskiales-Caytoniales durante el Jurásico. Un patrón que sugiere una distribución relacionada entre los tres órdenes en la región tropical de Pangea, y que fue producto de una flora ancestral. Además, los resultados de este análisis sugieren que la distribución de esta flora fue moldeada por eventos de movilidad y aislamiento del Triásico al Jurásico superior. No obstante, considero necesario un análisis fitogeográfico que incluya los registros de la flora (Ginkgoales, Czekanowskiales y

Caytoniales) de todo el Mesozoico, para interpretar sus patrones de distribución y plantear hipótesis de la evolución y causas de extinción de la mayoría de las familias de esta flora.

Por último, considero que la flora jurásica del sur de México contiene una importante riqueza en linajes y especies, que es comparable y quizás equiparable con varias localidades de Europa o Sudamérica. Además, su ubicación fue privilegiada al haberse ubicado entre Laurasia y Gondwana en la costa paleo-Pacífica occidental durante este tiempo.

VI. REFERENCIAS

- Aguilar A., F.J. 2004. *Plantas jurásicas de la región noroccidental de Oaxaca (Formaciones Rosario y Cualac). Implicaciones paleobiogeográficas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis de Maestría.
- Anderson, J.M., Anderson, H.M., Archangelsky, S., Bamford, M. Chandra, S. Dettman, M. Hill, R. McLoughlin, S. & Rösler, O. 1999. Patterns of Gondwana plant colonization and diversification. *Journal of African Earth Sciences*, 28(1): 145-167.
- Anderson, J.M., Anderson, H.M. & Cleal, C.J. 2007. *Brief history of the gymnosperms: classification, biodiversity, phytogeography and ecology*. Strelitzia 20. South African National Biodiversity Institute, Pretoria, 280 p.
- Archangelsky, S. 1965. Fossil Ginkgoales from the Ticò flora, Santa Cruz Province, Argentina. *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Geol.* 10:121–137.
- Artabe, A.E., Morel, E. & Zamuner, A. 1994. Estudio Paleobotánico y tafonómico de la Formación Paso Flores (Triásico Superior), en Cañadón de Pancho, Provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*, 31(2): 153-160.
- Ash, S. 1994. First occurrence of *Czekanowskia* (Gymnospermae, Czekanowskiales) in the United States. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 81: 129-140.
- Ash S. 2010. Late Triassic Ginkgoaleans of North America. En: *Plants of Mesozoic time: morphological innovations, phylogeny, and ecosystems*. Ed.: Gee, T. C. Indiana University Press, Blomington, Indiana. p. 173–185.
- Barbacka, M., Pálfy, J. & Smith, P.L. 2006. Hettangian (Early Jurassic) plant fossils from Puale Bay (Peninsular terrane, Alaska). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 142:33–46
- Behrensmeyer, A. K., & A. Turner. 2013. Taxonomic occurrences of Ginkgoales, Czekanowskiales and Caytoniales recorded in the Paleobiology Database. *Fossilworks*. <http://fossilworks.org>.
- Burchardt, C. 1927. Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero. *Instituto Geológico Mexicano*, 47(108): 22-34.
- Campos-Madrigal, E., Centeno-García, E., Mendoza-Rosales, C.C., & Silva-Romo, G. 2013. Sedimentología, reconstrucción paleoambiental y significado tectónico de las sucesiones clásticas del Jurásico Medio en el área de Texcalapa, Puebla - Huajuapán de León, Oaxaca: Revisión de las formaciones Ayuquila y Tecomazúchil. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 30(1): 24-50.
- Cantrill, D.J. 2000. A new macroflora from the South Orkney Islands, Antarctica: evidence of an Early to Middle Jurassic age for the Powell Island Conglomerate. *Antarctic Science*, 12(2):185-195.
- Cantú-Chapa, A. 1998. Las Transgresiones jurásicas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1): 25-37
- Carrasco-Ramírez, R.S. 1981. *Geología Jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Oaxaca: México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis de Maestría.
- Cleal, C.J. & Rees, P.M. 2003. The Middle Jurassic flora from Stonesfield, Oxfordshire, UK. *Palaeontology*, 46 (4): 739-801.
- Corona-Esquivel, R. J. J. 1981. Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, Noreste del Estado de Guerrero. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista*, 5(1): 17-24.
- Corro O., M.G. 2015. *Excursión a las localidades de San Miguel Ixcatlán y Cañada Alejandro, Tlaxiaco, Oaxaca*. Instituto de Minería, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca. Informe Inédito. 16 p.
- Corro O., M.G. & Ruiz, G.F.J. 2011. *Análisis estratigráfico de las secuencias jurásicas del área de Tlaxiaco, Oaxaca*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Licenciatura. 126 p.
- Craw, R.C. & Gibbs, G.W. 1984. Croizat's Panbiogeography and Principia Botanica. *Tuatara*, 27 (1).

- Craw, R.C. & Heads, M.J. 1988. Panbiogeography: Method and metaphor in the new biogeography. En: Ho, M.W. & Fox, S. (Ed.), *Evolutionary process and metaphors*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester. P 163-189.
- Craw, R.C., Grehan, J.R. & Heads, M.J. 1999. *Panbiogeography: Tracking the history of life*. New York y Oxford, Oxford Biogeography series 11
- Cúneo, R. 1987. Sobre la presencia de probables Ginkgoales en el Pérmico Inferior de Chubut, Argentina. *Actas VII Simposio Argentino Paleobotánico y Palinológico*. (Buenos Aires) 13-15 abril, 1987. 47-49.
- De Anda García, M.A. 2008. *Estudio petrológico del Grupo Consuelo (sensu Jiménez Rentería, J., 2004) en la localidad de Rosario Nuevo, Municipio de Tezoatlán, Oaxaca*. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. Tesis de Licenciatura. 241 p.
- Del Fueyo, G. M. & Archangelsky, S. 2001. New studies om *Karkenian incurva* Archang. from the Early Cretaceous of Argentina. Evolution of the seed cone in Ginkgoales. *Palaeontographica Abt. B*, 256 (4-6): 111-121.
- Dickinson, W.R. & Lawton, T.F. 2001. Carboniferous to Cretaceous assembly and fragmentation of Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 113(9): 1142-1160.
- Diéguez, C. 2003. Flora y vegetación durante el Jurásico y Cretácico. *Monografía del Jardín Botánico de Córdoba*, 11: 53-62.
- Diéguez, C., Peyrot, D., & Barrón, E. 2010. Floristic and vegetational changes in the Iberian Peninsula during Jurassic and Cretaceous. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162: 325-340.
- Dunbar, C.O., 1961. *Geología Histórica*, 2da edición, Compañía Editorial Continental, S. A., México, 556p.
- Elías-Herrera, M. 2004. *Geología precenozoica de la región de Tejupilco, Estado de México y sus implicaciones tectónicas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Doctorado. 135 pp.
- Erben, H.K. 1956. El Jurásico Medio y el Calloviano de México. XX Congreso Geológico Internacional, México, 139 p.
- Falcon-Lang, H. 2004. A new anatomically preserved Ginkgoalean genus from the Uppre Cretaceous (Cnomanian) of the Czech Republic. *Palaeontology*, 47(2): 349-366.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Bravo-Cuevas, V.M. & Jiménez-Hidalgo, E. 2007. The Xochitlapilco Dinosaurs Ichnofauna, Middle Jurassic of Oaxaca, Southeastern Mexico: Description and Paleontological Significance. *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County*, 515:1-40.
- Flores B., M.A. 2014. *Estudio de la paleoflora de una nueva localidad del Jurásico Medio, "Cañada Alejandro" Formación Zorrillo*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., Tesis de Licenciatura. 67 p.
- Flores D., A. & Mercado M., A.H. 2015. *Análisis estratigráfico de las secuencias jurásicas continentales de la región de Olinalá-Cualac Guerrero*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., Tesis de Licenciatura. 113 p.
- Font-Quer, P. 1963. *Diccionario de Botánica*. 10ma ed. Barcelona: Sociedad Española de Historia Natural. p. 576.
- Frenquelli, J. 1941. *Sagenopteris y Linguifolium* del Lias de Piedra Pintada en el Neuquén (Patagonia). *Notas del Museo de La Plata, Paleontología* 6: 405-437.
- Gnaedinger, S. & Herbst, R. 1999. La flora triásica del Grupo El Tranquilo, provincial de Santa Cruz, Patagonia. Parte VI: Ginkgoales. *Ameghiniana*, 36(3): 281-296.
- Golanka, J., Edrich, M.E., Ford, D.W., Pauken, R.J., Bacharova, N.Y., & Scotese, C.R. 1996. Jurassic paleogeographic maps of the world. *Museum of Northern Arizona Bulletin*, 60:1-5.
- Gómez, B., Martín-Closas, C., Barale, G. & Thévenard, F. 2000. A new species of *Nehvizdya* (Ginkgoales) from the Lower Cretaceous of the Iberian Ranges (Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 111: 49-70.
- Gong, W., Chen, C., Dobeš, C., Fu, C. & Koch, M.A. (2008). Phylogeography of a living fossil: Pleistocene glaciations forced *Ginkgo biloba* L. (Ginkgoaceae) into two refuge areas in China with limited

- subsequent postglacial expansion. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48:1094–1105. doi:10.1016/j.ympev.2008.05.003
- González-Torres, E. A., 1989. *Geología y Paleomagnetismo del área de Tezoatlán, Oaxaca*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Tesis de Licenciatura. 188 p.
- Gornitz, V. 2009. *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer Netherlands, 1st edition, New York. 1049 p.
- Gothan, W. 1932. In *Handwört. Naturwiss.* edn. 2, 7:595.
- Greenwood, D.R. 1991. The taphonomy of plant macrofossils. En: Donovan, S.K. (Ed.), *Fossilization: The Processes of Taphonomy*. Columbia University Press, New York. 141–169.
- Grehan, J.R. 2001. Panbiogeografía y la geografía de la vida. En: Llorente, J. & Morrone, J.J. (Ed.), *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 181-195.
- Grimaldo Á., J.R. 2010. *Análisis Estratigráfico de las secuencias jurásicas de la región de Ayuquila-Santiago Chilixtlahuaca, Oaxaca*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., Tesis de Licenciatura. 103 p.
- Guerrero-Arévalo, I.D. 2014. *Estudio tafonómico de gimnospermas fósiles del Jurásico Medio, en la localidad Barranca de la Mina y Jurásico Inferior en la localidad Peña Colorada*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., Tesis de Licenciatura. 133 p.
- Guzmán, E.J. 1950. Geología del noreste de Guerrero. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 2(2): 95-156.
- Harris, T.M. 1935. The fossil flora of Scoresby Sound, East Greenland 4: Ginkgoales, Coniferales, Lycopodiales and isolated fructification. *Meddeleser om Grønland*. 112 (1): 1-176.
- Harris, T.M. 1937. The fossil flora of Scoresby Sound, East Greenland 5: Stratigraphic relations of the plant beds. *Meddeleser om Grønland*. 112 (2): 1-114.
- Harris, T.M. 1940. On some Jurassic specimens of *Sagenopteris*. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, London (II) 6:249-265.
- Harris, T.M. 1951. The Fructification of *Czekanowskia* and its Allies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 235(628): 483-508.
- Harris, T.M. 1964. *The Yorkshire Jurassic Flora II Caytoniales, Cycadales & Pteridospermas*. Trustees of the British Museum (Natural History). London.
- Hernández V., R.M. & Rodríguez C., M. 2012. *Análisis Estratigráfico de las Secuencias Jurásicas de la Región Tecocoyunca-Tecomatlán en Puebla*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., Tesis de Licenciatura. 154 p.
- Herbst, R. 1964. La flora liásica de la zona del río Atuel, Mendoza, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 19: 108–131.
- Jiménez-Rentería, J., 2004, *Estudio palinoestratigráfico de los grupos Consuelo y Tecocoyunca (Triásico-Jurásico) en la Barranca Rosario Nuevo, región de Tezoatlán, al noroeste del Estado de Oaxaca*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Licenciatura. 376 p.
- Kimura, T. & Tsujii, M. 1984. Early Jurassic plants in Japan. Part 6. *Trans. Proc. Palaeontological Society of Japan, n. s.*, 133: 265-287, pls: 54-56.
- Kiritchkova, A.I. & Nosova, N.V. 2009. The Genus *Pseudotorellia* Florin (Ginkgoales): Taxonomic and Stratigraphic Aspects. *Stratigrafiya Geologicheskaya Korrelyatsiya*, 17(6): 59-76.
- Krassilov, V.A., 1972. Mesozoic Flora from the Bureja River (Ginkgoales and Czekanowskiales). *Nauka, Moscow*. (en ruso).
- Krassilov, V. 1982. Early Cretaceous Flora of Mongolia. *Paleontographica Abt. B*. 181:1-43.
- Kräusel, R. 1926. In A. Engler & K. Prantl (eds), *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, edn 2, 13:98.

- Kvaček, J., Falcon-Lang, H.J. & Dasková, J. 2005. A new Late Cretaceous ginkgoalean reproductive structure *Nehvizdyella* gen. nov., from the Czech Republic and its whole-plant reconstruction. *American Journal of Botany*, 92(12): 1958-1969.
- López-Palomino, I. 2008. Formación Rosario. *Léxico Estratigráfico de México, Servicio Geológico Mexicano*.
- Lozano-Carmona, D.E., Velasco de León, M.P., Ruiz G., F.J., Corro O., M.G. & Silva-Pineda, A. 2011. Actualización paleoflorística-estratigráfica y su relación paleoclimática de la localidad Río Ñumí, del Jurásico Medio de Tlaxiaco, Oaxaca, México. En: XII Congreso Nacional de Paleontología, Edificio Carolino, Benemérita Universidad de Puebla, Puebla. México. Libro de Resúmenes.
- Lozano-Carmona, D.E. 2012. *Paleoclima y Flora Fósil de Río Ñumi, Formación Zorrillo-Taberna indeferenciada, Oaxaca*. Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Licenciatura. 170 p.
- Lozano-Carmona, D.E. 2014. Primer registro de *Czekanowskia* Heer, 1876 (Gymnospermae, Czekanowskiales), del Jurásico de México. En: II Simposio de Paleontología en el Sureste de México, celebrado en el Universidad del Mar campus Puerto Escondido, Oaxaca, México. Libro de Resúmenes.
- Lyndon, S.J., Watson, J. & Harrison N. A. 2003. The Lectotype of *Sphenobaiera ikorfatensis* (Seward) Florin, a ginkgophyte from the Lower Cretaceous of Western Greenland. *Palaeontology*, 46(2) 413-421.
- Martínez M., P.C. 2015. *Inferencias paleoclimáticas con base en micro y microfósiles del Conglomerado Cualac, Jurásico Inferior y Grupo Tecocoyunca, Jurásico Medio, Guerrero*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas.
- Martínez-Paniagua, O.D. 2015. *Estudio Taxonómico y Diversidad de la paleoflora del Jurásico Medio en la región de Olinálá (Grupo Tecocoyunca), Guerrero*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Licenciatura. 142 p.
- Meyen, S.V. 1984. Basic Features of Gymnosperm Systematic and Phylogeny as Evidenced by the Fossil Record. *The Botanical Review*, 50(1): 1-72.
- Meyen, S.V., 1987. *Fundamentals of Palaeobotany*. Chapman and Hill, London.
- Morales-Lara, A. & Silva-Pineda, A. 1996. Flórla de una nueva localidad en la región de San Miguelito, Oaxaca. *Revista de la Sociedad Geológica Mexicana* 52, 3-4:31-41.
- Morán-Zenteno, D.J., Caballero-Miranda, C.I., Silva-Romo, G. Ortega-Guerrero, B. & Gonzáles-Torres, E. 1993. Jurassic-Cretaceous Paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico. *Geofísica Internacional*, 32(3): 453-473.
- Morrone, J. J. 2004. *Homología biogeográfica Las coordenadas espaciales de la vida*. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuadernos del instituto de Biología 37.
- Morrone, J. J. 2015. Track analysis beyond panbiogeography. *Journal of Biogeography*, 42: 413-425.
- Nance, R.D., Miller, B.V., Keppie, J.D., Murphy, J.B., and Dostal, J. 2006. Acatlán Complex, southern Mexico: Record spanning the assembly and breakup of Pangea. *Geology*, 34(10):857-860.
- Naugolnykh, S.V. 2007. Foliar Seed-Bearing Organs of Paleozoic Ginkgophytes and the Early Evolution of the Ginkgoales. *Paleontological Journal*, 41(8): 815-859. DOI: 10.1134/S0031030107080011
- Ortiz-Martínez, E.L. 2014. *Estudio paleoecológico del Jurásico Inferior y Medio de la zona norte de Oaxaca*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Posgrado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Doctorado.
- Ortiz-Martínez, E.L., Velasco de León, M.P., Salgado-Ugarte, I.H. & Silva-Pineda, A. 2013. Clasificación del área foliar de las gimnospermas fósiles de la zona norte de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 30(1): 150-158.
- Ortega C., E. 2013. *Paleoecología de Gimnospermas en el Jurásico Medio, Formación Tecomazúchil, de la localidad de Partideño, Oaxaca*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Tesis de Licenciatura. 51 p.

- Ortega C., E., Velasco de León, M.P., & Jiménez-Rentería, J. 2014. *Paleoflora del Jurásico Inferior de las Formaciones Rosario y Conglomerado Prieto, del poblado Rosario Nuevo, Oaxaca*. En: Memorias del II Simposio de Paleontología en el sureste de México, Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Ortega-González, J.V., & Lambarría-Silva, C. 1991. *Informe geológico del prospecto Hoja Oaxaca, compilación geológica I.G.R.S. 1129*, Coordinación de Exploración, Gerencia de Exploración Región sur, Subgerencia de geología superficial y Geoquímica, Inédito.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1978. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estado de Puebla y Oaxaca. *Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Revista*, 2(2):112-131
- Person, C.P., & Delevoryas, T. 1982. The Middle Jurassic flora of Oaxaca. Mexico. *Palaeontographica*, 180: 82–119.
- Presl, C.B. 1838. In G.K. Stenberg 1820-1938. *Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt*, Vol. 1, parte 7, 8: 81-220. Leipzig y Prague.
- Poole, F.G., Perry Jr., W.J., Madrid, R.J. & Amaya-Martínez, R. 2005. Tectonic synthesis of the Ouachita-Maraton-Sonora orogenic margin of southern Laurentia: Stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate-tectonic model, *En* Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., and Steiner, M.B., eds., *The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives*: Geological Society of America, Special Paper 393, p. 543–596. DOI: [10.1130/2005.2393\(21\)](https://doi.org/10.1130/2005.2393(21))
- Retallack, G.J. 1980. Middle Triassic megafossil plant and trace fossil from Tank Gully, Canterbury, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 10(1): 31-63, DOI: [10.1080/03036758.1980.10426550](https://doi.org/10.1080/03036758.1980.10426550)
- Retallack, G.J. 1981. Middle Triassic megafossil plants from Long Gully, near Otematata, north Otago, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 11(3): 167-200, DOI: [10.1080/03036758.1981.10421836](https://doi.org/10.1080/03036758.1981.10421836)
- Rees, P.M., Ziegler, A.M., & Valdes, P.J. 2000. Jurassic phytogeography and climates: new data and model comparisons. En: Huber, B.T., Macleod, K. g. & Wing, S.L. eds, *Warm climates in earth history*. Cambridge University Press, New York. p. 297-318.
- Rojas C., C. 2010. *Taxonomía de Dicksoniaceae, Gleicheniaceae y Matoniaceae (Filicales) del Jurásico en la región Mixteca, México*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Licenciatura.
- Rojas-Parra, C.A. 2007. Una herramienta automatizada para realizar análisis panbiogeográficos. *Biogeografía*, 1: 31-33.
- Ross, M.I., & Scotese, C.R. 1988. A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Tectonophysics*, 155: 139-168.
- Sánchez-Zavala, J. L., 2005, *Estratigrafía, sedimentología y análisis de procedencia de la Formación Tecomate y su papel en la evolución del Complejo Acatlán, sur de México*. Tesis doctoral, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 226 p.
- Sandoval, J., & Westermann, G.E.G. 1986. The Bajocian (Jurassic) ammonite fauna of Oaxaca, Mexico. *Journal of Paleontology* 60:1220–1271.
- Seward, A.C. 1919. *Fossil Plants: A Text-Book for Students of Botany and Geology*. Cambridge University Press, New York, 521 p.
- Scanu, G.G., Kustatscher, E., & Pittau, P. 2012. The Jurassic plant fossils of the Lovisato Collection: preliminary notes. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 51(2): 71-84.
- Scotese, C.R. 2014. Atlas of Jurassic Paleogeographic Maps, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, volumen 4, The Jurassic and Triassic, Maps 32-42, Molweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, IL.
- Silva-Pineda, A. 1978a. Paleobotánica del Jurásico de México. En: Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México. *Paleontología Mexicana*, 44: 1-16.
- Silva-Pineda, A. 1978b. Plantas del Jurásico Medio del Sur de Puebla y noreste de Oaxaca. En: Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México. *Paleontología Mexicana*, 44: 27-57.

- Silva-Pineda, A. 1984. Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región de El Consuelo, Oaxaca. *Paleontología Mexicana*, 49:1-103.
- Silva-Pineda, A. 1990. Flora Fósil del Jurásico Medio de la Región de Chalcatongo, en el suroeste del estado de Oaxaca. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 2(2):7-15.
- Sour T., F. & Montellano B., M. 2002. Concepto de especie en organismos fósiles y las escuelas de clasificación biológica. En: *Paleobiología Lecturas Seleccionadas*. Compiladores: García, P., Montellano, M., Quiroz, S.A., Sour, F., Ceballos, S. & Chavez, L. 2002, 2da edición. México, D.F. p 203.
- Sun, C., Dilcher, D.L., Wang, H., Sun, G. & Ge, Y. 2007. New epidermal material of the two subgenera of *Czekanowskia* from the Jurassic of Inner Mongolia, China. En: *Symposium for Sino-German cooperation on geology and environmental changes in northern China*. 19-22.
- Sun, G., Lyndon, S.J. & Watson, J. 2003. *Sphenobaiera ikorfatensis* (Seward) Florin from the Lower Cretaceous of Huolinhe, Eastern Inner Mongolia, China. *Palaeontology*, 46(2):423-430.
- Sze, H.C. & Hsü, J. 1954. Index fossils of China plants. *Geological Publishing House*, Beijing, China (in Chino).
- Talavera-Mendoza, O., Ruiz, J., Gehrels, G.E., Meza-Figueroa, D.M., Vega-Granillo, R. Campa-Uranga, M.F. 2005. U–Pb geochronology of the Acatlán Complex and implications for the Paleozoic paleogeography and tectonic evolution of southern Mexico. *Earth and Planetary Science Letters*, 235:682-699.
- Taylor, D.G., Callomon, J.H., Hall, R., Smith, P.L., Tipper, H.W. & Westermann, G.E.G. 1984. *Jurassic ammonite biogeography of western North America: The tectonic implications*. En *Jurassic-Cretaceous Biochronology and Paleogeography of North America*, ed. G.E.G. Westermann, 121–141. Toronto: Geological Association of Canada.
- Taylor, T.N., Taylor, E.D. & Krings, M. 2009. *Paleobotany. The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Academic Press, Elsevier.
- Thomas, H. H. 1913. On some new rare Jurassic plants from Yorkshire: *Eretmophyllum*, a new type of ginkgoalean leaf. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 17: 256–262.
- Vaez-Javadi, F. 2010. Middle Jurassic flora from the Dansirit Formation of the Sheshak Group Alborz, north Iran. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 35(1): 77-102.
- Vakhrameev, V.A. 1987. Climates and the distribution of some Gymnosperms in Asia during the Jurassic and Cretaceous. *Rewiew of Palaeobotany and Palynology*, 51: 205-212.
- Velasco de León, M.P., Ortiz, M.E., Silva-Pineda, A. & Lozano-Carmona D.E. 2013. Distribución y Ambientes de las Gimnospermas fósiles del Terreno Mixteco. *Paleontología Mexicana electrónica*, 2(1): 122-143.
- Velasco de León, M.P., Lozano-Carmona, D.E., Flores, B.M.A., Martínez, P.O.D. & Silva-Pineda, A. 2014. Two new species of Ginkgoales from the Middle Jurassic of México. *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*, DOI: 10.1080/08912963.2013.874423
- Velasco de León, M.P. 2014. Nuevo reporte de *Linguifolium* Arber emend. Retallack, para el Jurásico Medio de México. En: *Memorias el II Simposio de Paleontología en el sureste de México*, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Wachtler, M. 2011. Seed ferns from the Early-Middle Triassic (Anisian) Piz da Peres (Dolomites-Northern Italy), *Dolomythos*, 88-104, Innichen.
- Wang, Y., Guignard, G., Thévenard, F., Dilcher, D., Barale, G., Mosbrugger, V., Yang, X. & Mei, S. 2005. Cuticular anatomy of *Sphenobaiera huangii* (Ginkgoales) from the Lower Jurassic of Hubei, China. *American Journal of Botany*, 92(4): 709-721.
- Ward, L.F. 1905. Status of the Mesozoic floras of the United States. Second Part. *Monographs of the Geological Survey of the United States*, 48:1-616.
- Westermann, G.E.G., Corona, R. & Carrasco, R. 1984. *The Andean Mid-Jurassic Neuquenicerias ammonite assemblage of Cualac, Mexico*. En: *Jurassic–Cretaceous Biochronology and Paleogeography of North America*, ed. G.E.G. Westermann, 203–218. Toronto: Geological Association of Canada.

- Wieland, G.R. 1914. La flora liásica de la Mixteca Alta. *Boletín del Instituto Geológico de México*, 31:1-165.
- Yang, X., Friis, E.M. & Zhou, Z. 2008. Ovule-bearing organs of *Ginkgo ginkgoidea* (Tralau) comb. Nov., and associated leaves from the Middle Jurassic of Scania, South Sweden. *Review of Paleobotany and Palynology*, 149:1-17.
- Zervas, D., Nichols, G.J., Hall, R., Smyth, H.R., Lüthje, C. & Murtagh, F. 2009. SedLog: AShareware program for drawing graphic logs and log data manipulation. *Computers & Geosciences*, 35(10): 2151-2159.
- Zheng, S. & Zhou, Z. 2004. A new Mesozoic *Ginkgo* from western Liaoning, China and its evolutionary significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 131: 91– 103.
- Zhou, Z. 2009. An overview of fossil Ginkgoales. *Paleoworld*, 18: 1-22.
- Zhou, Z., Zhang, B., Yongdong, W. & Guignard, G. 2002. A new *Karkenian* (*Ginkgoales*) from the Jurassic Yima formation, Henan, China and its megaspore membrane ultrastructure. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 120: 91-105.

“GUIADOS POR UN NUEVO PARADIGMA,
LOS CIENTÍFICOS ADOPTAN NUEVOS INSTRUMENTOS Y
BUSCAN EN LUGARES NUEVOS. LO QUE ES TODAVÍA MÁS
IMPORTANTE, DURANTE LAS REVOLUCIONES LOS CIENTÍFICOS
VEN COSAS NUEVAS Y DIFERENTES AL MIRAR CON
INSTRUMENTOS CONOCIDOS Y EN LUGARES EN LOS QUE YA
HABÍAN MIRADO ANTES”

– KUHN, 1971 –

APÉNDICE I

**NUEVAS LOCALIDADES FOSILÍFERAS
DEL SUR DE MÉXICO**

**JURÁSICO MEDIO
TERRENO TECTONOESTRATIGRÁFICO MIXTECO
GRUPO TECOCOYUNCA**

1.- SAN MIGUEL IXCATLÁN, YOSONDUA, OAXACA

2.- CERRO PRIETO, SANTA CRUZ TACAHUA, OAXACA

3.- SAN JUAN MIXTEPEC, TLAXIACO, OAXACA

SAN MIGUEL IXCATLÁN, YOSONDUA, OAXACA

Durante la prospección de áreas circundantes a Chalcatongo y San Miguelito en el Estado de Oaxaca en búsqueda de dos localidades reportadas por Silva-Pineda (1990; 1996) se descubrió un nuevo afloramiento fosilífero. Esta nueva localidad fue denominada San Miguel Ixcatlán. Se ubica a 2.8 km al sureste del poblado San Miguel Ixcatlán sobre la barranca del río Ixcatlán.

Esta localidad fue visitada en dos expediciones y en ambas se registraron principalmente datos estratigráficos y paleontológicos. La localidad se ubica en las coordenadas 16°53' N y 97°30' O a 1105 msnm. En dichas expediciones se caracterizaron dos afloramientos de la barranca. EL primero aflora en posición vertical, y se trata de una



secuencia heterogénea de arenisca, lutita y carbón. La arenisca es de grano medio a fino de color pardo al intemperismo y gris oscuro al fresco. Los estratos de arenisca son irregulares y continuos con espesores de 20 cm hasta 1 m. Hay presencia de estratificación cruzada y pequeños lentes de materia orgánica (fósiles de

plantas). La lutita es de color pardo claro al intemperismo y gris oscuro al fresco. Se encuentra en estratos irregulares y continuos de espesores de 15 cm a 20 cm. La lutita es intercalada por estratos de carbón. El grado de maduración de este carbón es bajo. En este se encuentran algunos fragmentos de fósiles de plantas. El segundo afloramiento sobre la barranca presenta la misma secuencia heterogénea de arenisca, lutita y carbón, y con presencia de fósiles de plantas. Con base en las observaciones estructurales de los afloramientos, se considera que toda la zona está altamente deformada debido a una tectónica transpresiva (Corro, 2015). La composición florística de esta localidad está compuesta principalmente por gimnospermas y pocos elementos de Filicales y Equisetales.

Destacan las Bennettiales con los géneros *Zamites* y *Otozamites*. Hay poca presencia de las Pinales *Pelourdea* y *Brachyphyllum* y hojas de *Czekanowskia* en estado de

fragmentación alto, lo que indica un origen alóctono. *Equisetites* y *Piazopteris* también son poco abundantes.

La base de datos correspondiente a esta localidad se encuentra en el archivo de la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza, UNAM, y en el archivo digital de esta tesis. De acuerdo con la composición litológica y paleontológica, se considera que este afloramiento es del Jurásico Medio, y probablemente corresponda la formación Zorrillo del Grupo Tecocoyunca.

CERRO PRIETO, SANTA CRUZ TACAHUA, OAXACA

Con las visitas a San Miguel Ixcatlán y el contacto con los pobladores se logró ubicar una nueva localidad, denominada Cerro Prieto, por la cercanía a este poblado. Esta localidad solo se visitó una vez, y se ubica en las coordenadas 16°55' N y 97° 27' O. A 500 metros de la ribera del Río Verde, a un costado del camino de terracería que va de Santa Cruz Tacahua a Cerro Prieto a 998 msnm.



En la expedición las principales actividades fueron prospección de la zona en busca de localidades fosilíferas y obtención de datos estratigráficos de dichas zonas. La constitución general de la localidad es de intercalaciones de arenisca fina y lutita, y la pared tiene un espesor de aproximadamente 45 m. Se ubicaron algunos estratos acuñados que indican posibles rellenos de canal. También, se observaron fallas perpendiculares a los estratos con una inclinación entre 45° y 20°. El rumbo de la secuencia es de SW-NE.

La única localidad fosilífera descubierta presenta gimnospermas y los restos reconocibles corresponden a Bennettiales, como hojas del género *Zamites*, *Pterophyllum*, *Otozamites* y estructuras reproductoras femeninas de *Williamsonia*.

SAN JUAN MIXTEPEC, TLAXIACO, OAXACA

Durante la prospección de zonas circundantes al poblado de San Juan Mixtepec, en busca de localidades mencionadas por Wieland (1914) se descubrió un afloramiento fosilífero (Lozano-Carmona et al., 2015). Dicho afloramiento se ubica a 2 km al sureste del poblado de San Juan Mixtepec, al costado norte de la ribera del Río Mixteco. En las coordenadas: 17° 17' N y 97° 48' O, a 1866 msnm.

Esta localidad fue visitada en dos expediciones, y en dichas visitas se registraron datos estratigráficos, sedimentológicos, paleobotánicos y de icnofósiles. La base del afloramiento es de origen sedimentario y mide 223 m de espesor. Es un conglomerado de facies Gm (Gravas Masivas o algo estratificadas). Los estratos son de por lo menos 1.25 m. presentan gradación creciente y a veces compuesta. Se correlaciona al Conglomerado Cualac y está en contacto inferior discordante y erosional con el Complejo Acatlán. Esta sección duplica el espesor reportado por Carrasco-Ramírez (1981) y Corro y Ruiz (2011). En contacto basal concordante la sobreyace una secuencia sedimentaria más fina.

La secuencia fina consta de intercalaciones de arenisca fina a media amarilla-ocre, lutita gris oscura y lentes de carbón. Esta secuencia tiene un espesor parcial de 145 m, y es interpretado como parte de la unidad inferior del Grupo Tecocoyunca (?fm. Zorrillo). En los



primeros 8.5 m se ubica la zona fosilífera. Esta zona presenta estratos ondulados de carbón, lutita y arenisca fina, tool marks, ripples, laminación cruzada, gradación creciente y compuesta. Se caracteriza por una alta abundancia de Bennettiales, principalmente del género *Zamites* que corresponde al 42%.

Destaca la presencia de estructuras reproductoras femeninas de *Williamsonia*, con el 9% estructuras reproductoras masculinas de *Weltrichia* en 5% y estructuras dioicas de *Williamsoniella* con 3%. También se registra el brote corto *Ginkgoitocladus* y lacinias de *Czekanowskia*. Además, se colectaron icnofósiles de Ornithischia. Estos icnofósiles corresponden a Ankilosauridos y una huella muy similar al icnogénero *Stegopodus* del grupo Thyreophora. El material colectado está resguardado en la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza, UNAM.

Estos resultados permiten proponer que el ambiente de la localidad fue de tipo fluvial (llanura de inundación), con una vegetación dominante baja de características xerófitas, y dichas condiciones permitieron el libre tránsito de dinosaurios herbívoros en la llanura. Resaltan la presencia de brotes cortos de Ginkgoales, y la presencia de los tres tipos de estructuras reproductoras de las Bennettitales. Esta asociación demuestra que existía una comunidad vegetal madura y bien establecida en la zona. Además, la presencia de una huella cf. *Stegopodus*, que, al confirmar su determinación, sería el primer registro del grupo Thyreophora, Ornithischia para el Jurásico de México.

– CONCLUSIONES BREVES –

Los registros paleobotánicos e icnológicos de estas nuevas localidades incrementan la paleodiversidad de la región y demuestra que aún hay afloramientos por describir y conocimiento que generar por localidad, para la región y en México. Esta información permite sentar bases para futuros análisis biogeográficos de la biota jurásica de América del norte.

Las zonas de San Miguel Ixcatlán y Cerro Prieto están notablemente deformadas, pero considero que tiene potencial para realizar estudios geológicos, de tipo sedimentario y estratigráfico además de paleontológicos.