

LA DISTRIBUCIÓN DE LAS BENNETTITALES Y SUS ESTRUCTURAS REPRODUCTORAS EN EL TERRENO MIXTECO

María Patricia Velasco de León¹, Erika L. Ortiz-Martínez y Alicia Silva-Pineda²

Resumen

La flora del Jurásico de México ha sido estudiada desde el siglo pasado; existen listados importantes principalmente del Estado de Oaxaca, donde se dan a conocer nuevas especies. En estos trabajos se aborda ligeramente la explicación de su distribución, son básicamente sistemáticos. En contraste, el objetivo de este trabajo es explicar la distribución de las Bennettitales del Terreno Mixteco, utilizando los listados florísticos generados para seis localidades y analizar su similitud mediante un análisis de agrupamiento. Los resultados muestran un contenido florístico diferente con géneros y especies de distribución restringida como *Anomozamites sp.*, *Podozamites sp.*, *Pseudoctenis sp.*, *Williamsonia tlazolteolt Wieland*, *W. oligosperma Delevoryas*, *Weltrichia microdigitat*, *Delevoryas*, *W. diquiyui Person y Delevoryas*; *W. mixtequensis Silva et al.*, y especies generalistas como *Williamsonia netzahualcoyotli Wieland* presente en todas las localidades. Los análisis estratigráficos indican que estas comunidades se desarrollaron en ambientes heterogéneos que van desde el deltaico, hasta paleolagos y pantanos. La topografía propició heterogeneidad de ambientes y junto con la precipitación pudieron haber tenido gran impacto y provocaron la gran diversidad florística que caracterizó al Terreno Mixteco.

Palabras clave: Jurásico, Oaxaca, paleoecología, Williamsonia, Bennettitales.

Abstract

The Jurassic flora in Mexico has been studied since last century. There are important taxonomic lists, mainly on the State of Oaxaca, where new species are introduced. In this paper, their distribution is lightly explained. The main objective of this paper is to explain the distribution of the Bennettitales of the Mixteco area, based in the floristic listings generated for six localities and by making a group analysis in order to find the similarity among the assemblages. The results suggest a different plants for localities content with genera and species of restricted distribution such as *Anomozamites sp.*, *Podozamites sp.*, *Pseudoctenis sp.*, *Williamsonia tlazolteolt Wieland*, *W. oligosperma Delevoryas*, *Weltrichia microdigitata Delevoryas*, *W. diquiyui, Person y Delevoryas* *W. mixtequensis Silva et al.*, and general species like *Williamsonia netzahualcoyotli Wieland* present in all the localities. On the other hand, the stratigraphic analysis suggests that these communities developed on heterogeneous environment that varied from the deltaic to the paleolakes and swamps. Topographical and weather variations could have had a great impact on the flora and produced great diversity that characterizes this Mixteco Terrain.

Key words: Jurassic, Oaxaca, paleoecology, Williamsonia, Bennettitales.

Introducción

Las Bennettitales constituyen un grupo de plantas miembro de las Cicadophytas representadas en el registro fósil principalmente por hojas, tallos y estructuras reproductoras masculinas y femeninas. Las estructuras reproductoras femeninas producen semillas (conos megasporangiados) y las masculinas polen (estructuras microesporangiadas). En la tafoflora mexicana, las Bennettitales constituyen el grupo de plantas más abundante en estratos del Jurásico Inferior y Medio. Los registros más antiguos de estas plantas han sido reportados en la Formación Santa Clara del Triásico Superior (Cárnico-Nórico), en el Estado de Sonora

1. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM
Email: pativel@servidor.unam.mx

(Figura 1), que fueron descritos por Weber (2008) quien menciona la presencia de *Williamsonia newberry Weber*; *W. opilionoides Weber* y conos masculinos del género nuevo *Dictyotrichia con las especies D. John-strongii Weber*, *D. major Weber*, *Haitingeria cf. krasseri Weber* (primer reporte del género en América), y por último describe una estructura masculina como especie *Bennettistemon sonorensis Weber*. Estos géneros son en general escasos durante el Triásico (Crane, 1988) y su registro no llega al Jurásico de México.

Las Bennettitales se han reportado para el Jurásico de México en los estados de Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Veracruz, en diferentes formaciones: Los trabajos de Wieland (1914-1916) mencionan la presencia de nueve especies de conos en Oaxaca; posteriormente Person y Delevoryas (1982) incrementan el listado con la descripción de las especies *Williamsonia oligosperma*

²Instituto de Geología, UNAM.
Email: alisilva@geologia.unam.mx



Figura 1. Distribución de los principales afloramientos del Triásico y Jurásico de Bennettitales en México.

Delevoryas, *Weltrichia ayuquilana* *Delevoryas* y *W. microdigitata* *Delevoryas* que invalidan a la especie *Weltrichia mexicana* *Wieland*, debido a que los ejemplares son irreconocibles (Person y *Delevoryas*, 1982). Dos años después *Silva-Pineda* (1984), en su trabajo sobre la tipificación del material de *Wieland*, menciona la presencia de cuatro especies de *Williamsonia*, *W. cuauhtemoci* *Wieland*, *W. huitzilopochtlii* *Wieland*, *W. nathorsti* *Wieland* y *W. netzahualcoyotlii* *Wieland* y finalmente, en 2011, *Silva-Pineda et al.*, dan a conocer un nuevo registro de cono microsporangiado *Weltrichia mixtequensis*.

A nivel mundial este grupo de plantas ha recibido atención como un probable grupo hermano de las angiospermas (*Rothwell* y *Stockey* 2002; *Friis et al.*, 2007) al ser el grupo dominante de gimnospermas durante el Jurásico, y además ha sido empleado para la determinación de paleoclimas (*Rees et al.*, 1999, *Willis* y *McElwin* 2002) a través de los listados florísticos realizados para las localidades de altas latitudes. La mayoría de los conos, no se han encontrado en conexión orgánica con las frondas, por lo que son considerados como especies en los listados florísticos. Sin embargo, algunos autores como *Sahni* (1932) han realizado reconstrucciones de toda la planta a la que pertenecen los conos de *Williamsonia seawardiana* *Sahni*, con hojas persistentes de tipo, *Ptilophyllum*. *Williamsonia gigas* *Carruthers*, también ha sido reconstruida como una planta erecta sin ramificar, con un tallo cubierto de cicatrices rómbicas y con hojas de tipo Zamites (*Williamson*, 1870). *Harris* en 1969, realizó una propuesta con el material del Jurásico Medio de *Grisethorpe* y otras localidades del Reino Unido, donde agrupa diferentes órganos como una planta completa.

Cabe resaltar que las especies de conos en México sobrepasan la diversidad reportada para otras partes del mundo, incluyendo la localidad de la *Grisethorpe Bed* del Jurásico Medio, que es una de las más ricas de *Yorkshire*,

Reino Unido, donde se menciona un máximo de 16 especies de Bennettitales y ocho de ellas son conos (*Thomas* y *Batten* 2001). Estudios realizados con esporomorfos y megafosiles en *Astartekloft* al este de Groelandia, muestran resultados diferentes al cuantificar la diversidad en el límite Triásico-Jurásico, plantas como Cycadas, Bennettitales y helechos con semillas están ausentes del registro de esporomorfos (*Mander et al.*, 2010). Estos autores proponen que la diversidad de la paleoflora disminuyó en este límite.

Los estudios efectuados en el Terreno Mixteco no se han enfocado a explicar la distribución de sus especies, por lo que el objetivo de este trabajo es realizar una propuesta de distribución de las Bennettitales y sus estructuras reproductoras considerando nuevas localidades y registros, apoyados en un análisis de agrupamiento de los listados y los estudios estratigráficos que expliquen la gran diversidad que tuvo este orden en el Terreno Mixteco.

Zona de estudio

La zona de estudio forma parte del Terreno Mixteco (*Campa*, 1983), que abarca los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla (Figura 2), donde se han colectado y estudiado muestras de rocas y ejemplares bien preservados de plantas fósiles en seis localidades en las Formaciones Conglomerado Cualac, Otlaltepec, Rosario, Tecamazúchil y Zorrillo-Taberna indiferenciada: esta última forma parte del Grupo Tecocoyunca al igual que la localidad de Barranca del Minero.

En el Conglomerado Cualac se han medido 256 m de espesor (*Velasco de León et al.*, 2011) en la localidad de estudio (Tres caminos), ubicada en las coordenadas 17°44'53.4"N y 98°44'36"W, en el Estado de Guerrero. En la base se encuentran conglomerados y posteriormente se alternan capas de areniscas, lutitas y seis delgados horizontes de carbón. Se registra la presencia de canales con estratificación cruzada, estructuras de carga y nódulos de hierro oxidados, estos últimos indican un ambiente subáereo en la zona de sedimentación. Los fósiles se ubican en la parte media de la columna, como compresiones e impresiones en areniscas y lutitas carbonosas, también se han encontrado fósiles en areniscas de grano grueso y conglomerados.

La Formación Otlaltepec es una secuencia clásica informalmente definida por *Ortega-Guerrero* (1989), en la cual midió un espesor de 826 m, dividida en dos miembros, superior e inferior, que afloran en el área de Santa Cruz Nuevo, Puebla y Tlanguistengo, Oaxaca (*Grajeda et al.*, 2011). El miembro superior con mayor cantidad de fósiles se encuentra ubicado al suroeste del Estado de Puebla, en las coordenadas 18°18'1.19"N y 97°46'1.57"W, en las proximidades de Santa Cruz Nuevo, Puebla. El miembro

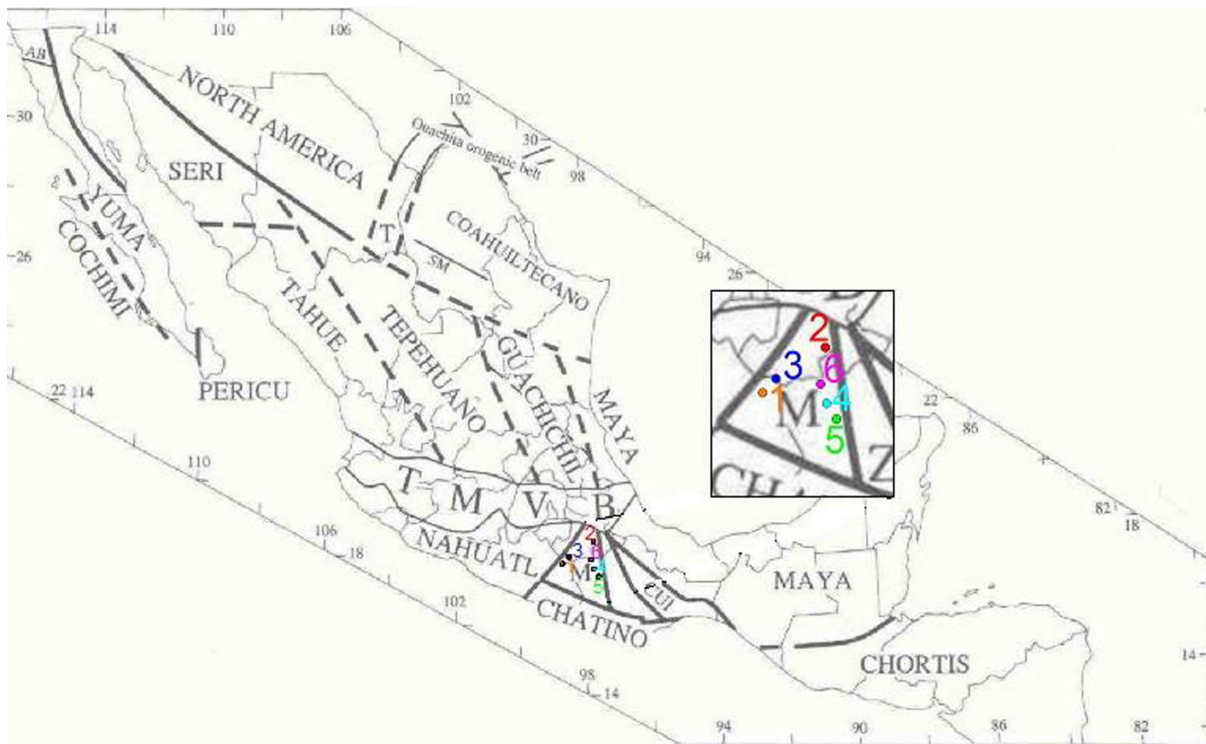


Figura 2. Mapa de ubicación de las formaciones jurásicas del Terreno Mixteco. 1. Formación Conglomerado Cualac, 2. Formación Otlaltepec, 3. Grupo Tecocoyunca, 4. Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada, 5. Formación Rosario y 6. Formación Tecamazúchil.

inferior de la unidad que cubre los primeros 197 m, contiene fósiles en la cima y se caracteriza por presentar una alternancia de areniscas finas y lodolitas principalmente. Se presentan estructuras como rizaduras en la base y parte media, estratificación gradada y cruzada, canales (lentes conglomeráticos) de la parte media a la cima, marcas de carga en la parte basal, laminación cruzada en la parte basal-media y flujos de escombros (avalanchas) en cuyos límites se tienen delgados horizontes de carbón. El miembro superior se caracteriza por una alternancia de capas de areniscas medias-gruesas con capas de limos-arcillas que muestran, estratificación cruzada, paleocanales y estratos tabulares más continuos con laminaciones, que se han interpretado como las acumulaciones en llanuras de inundación (Cruz, 2011).

La localidad Barranca del Minero se encuentra a las afueras del poblado de Mixquiapan, Puebla, en las coordenadas $18^{\circ} 4' 58.84''$ N y $98^{\circ} 16' 25.68''$ W, en donde aflora el Grupo Tecocoyunca: Está compuesta por areniscas conglomeráticas y conglomerado de color beige claro, en capas medianas a gruesas. El conglomerado está compuesto por guijas de cuarzo lechoso. Siguiendo la secuencia estratigráfica hacia arriba, hay horizontes de lutitas grises, algo carbonosas, que a su vez están seguidas por intervalos de arenisca conglomerática beige clara. Las areniscas están cubiertas por lutitas gris oscuras y moradas que están seguidas por más areniscas conglomeráticas (De Cserna, 1969). El material fósil se colectó en la base como impresiones en lutitas carbonosas y a los 90 m en areniscas de grano medio.

La Formación Rosario, en la localidad Rosario Nuevo ($17^{\circ}36'13''$ N, y $97^{\circ}51'28''$ W), se caracteriza por contener arenisca gris, café rojiza y café amarillenta, de grano fino a medio, limolita, lutita y lodolita negra carbonosa con mantos de carbón (Erben, 1956). El espesor de esta formación varía de 100 a 120 m. La litología de la formación indica que se formó en un ambiente de depósito tipo fluvial con llanuras de inundación (Morán-Zenteno, 1987).

En la localidad estudiada de la Formación Tecamazúchil con coordenadas $18^{\circ}59'13.45''$ N $98^{\circ}29'58.75''$ W, aflora la sección completa de esta unidad, la cual mide 705 m y se divide en 23 miembros, los que se diferencian por su litología, estructuras sedimentarias y contenido fosilífero. Las litologías predominantes son conglomerados, conglomerados arenosos, areniscas conglomeráticas, arenisca y lutitas (Grimaldo, 2010; Silva Pineda *et al.*, 2011); en los miembros U5, U9 y U15 se colectaron abundantes plantas fósiles.

En la localidad designada con el nombre de Río Numi que se ubica en las coordenadas $17^{\circ}19'24.16''$ N; $97^{\circ}43'3.21''$ W, muy cerca de la ciudad de Tlaxiaco, Oaxaca, aflora la Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciadas. Esta formación se encuentra constituida principalmente por areniscas intercaladas con lutitas con importantes horizontes de carbón. Las areniscas presentan una variación en el contenido de matriz, y un porcentaje entre líticos y cuarzo muy parecido, por lo que se clasificaron como litarenitas y grauvacas. Las

lutitas se encuentran en estratos delgados que van entre los 10 y 30 cm, contienen capas de carbón de hasta 1.5 m, el cual aumenta hacia la parte superior de la unidad, que es también donde se tiene un incremento del contenido fósil. La unidad tiene un espesor total de 325 m (Corro-Ruiz, 2011).

Método

Se examinaron los ejemplares estudiados por Wieland (1914-1916), depositados en el Museo de Paleontología Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, y algunos especímenes estudiados por Delevoryas (1991), depositados en la Colección Paleobotánica de la Universidad de Texas, donde la revisión fue bibliográfica. También se revisaron los nuevos registros de material colectado durante 2005-2010 para el Grupo Tecocoyunca y las Formaciones Conglomerado Cualac, Otlaltepec, Rosario, Tecamazúchil. (Tabla 1), depositado en la colección de Paleontología de la FES Zaragoza. Los conos se identificaron mediante la medición de 16 caracteres (aunque en algunos casos el estado de conservación no permitió medirlos todos) lo propio se hizo con las frondas asociadas, después se calculó su abundancia y diversidad por localidad, y se obtuvo el porcentaje de conos y frondas de Bennettiales colectados.

Los registros de cada una de las formaciones fueron comparados mediante un análisis estadístico multivariado con el fin de establecer el parecido entre las comunidades vegetales e inferir cuales de ellas podrían haber presentado las mismas condiciones ambientales durante el Jurásico. Para ello, con los datos obtenidos hasta el momento se corrió un análisis de agrupamiento con el programa NTSYS ver. 2.1, donde la matriz básica de datos, de tipo presencia-ausencia; está conformada en las columnas por seis formaciones (Tabla 1) y 40 especies, que incluyeron las especies de hojas y conos de gimnospermas fósiles reportadas para la zona de estudio.

La similitud entre las Otu's se estimó empleando el coeficiente de Jaccard, mientras que el método de agrupamiento utilizado fue el UPGMA. Finalmente, se empleó el índice cofenético de correlación "r" para determinar la robustez del método aplicado y determinar por lo tanto la confiabilidad de los caracteres y estados de carácter empleados.

Resultados y Discusión

Se obtuvo un único fenograma, en el se muestra la separación de las formaciones en dos grupos. El grupo A solo incluye a la Formación Otlaltepec. Los ejemplares más completos y mejor conservados se localizan en su miembro superior, con un total de 11 especies, diez de las cuales son frondas de Bennettiales y dos de éstas corresponden a conos femeninos, *Williamsonia netzahualcoyotli* y

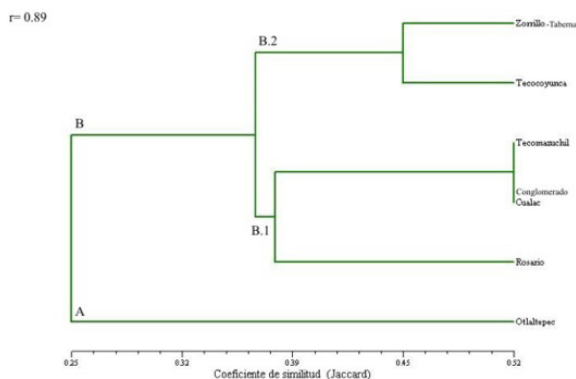


Figura 3. Fenograma que muestra el parecido fenético entre las formaciones del Terreno Mixteco

W. Tlazolteotl (un ejemplar). Otro registro de la última especie es para las Formaciones Zorrillo-Taberna en el área de Tezoatlán con cinco ejemplares.

El grupo B se subdivide en B.1, la Formación Rosario del Jurásico Inferior tiene una diversidad y composición florística diferente a la del resto de las formaciones del grupo. En ella se identificaron trece especies, diez de ellas corresponden a frondas de Bennettiales y de éstas, tres son especies de conos. *Williamsonia netzahualcoyotli* es el cono femenino más abundante con 76 ejemplares. Es importante comentar que es la especie de mayor distribución, pues se presenta en todas las localidades, lo que permite suponer que la planta era generalista, a diferencia de *W. huitzolochtili*, *W. diquiyui* y el género *Perezlaria* ya que sólo se han registrado para esta formación. Morán-Zenteno (1987) propone que durante este tiempo prevaleció un ambiente deltaico.

El agrupamiento (B.2) formado por las Formaciones Conglomerado-Cualac y la Formación Tecamazúchil difieren en el número de especies. En la primera formación se reconocieron 11 especies, de las cuales 10 corresponden a Bennettiales; Tecamazúchil con mayor número de especies 19, y un total de 15 especies de Bennettiales. Probablemente este último número sea el que disminuya la similitud entre las localidades, ya que llama la atención que esta formación posea tres de las cuatro especies de conos masculinos registrados y que junto con la especie *Williamsonia Oligosperma* sólo estén distribuidas en esta región. Arellano *et al.* (2011) han interpretado que a lo largo de la columna estratigráfica hubo una sucesión en el tipo de comunidades ligada con cambios en el ambiente que se presentan a lo largo de esta columna.

El último subgrupo formado por la unidad estratigráfica Zorrillo-Taberna (Z-T) indiferenciada y el Grupo Tecocoyunca presentan una similitud de 0.45. Estas formaciones comparten 35% de las especies registradas, que incluyen tres especies de Otozamites (*O. hespera* Wieland, *O. feneoni* Brongiart y *O. obtusus* (Lindley y Hutton) Brongiart, las especies de *Ptilophyllum*: *P. cutchense*

Tabla 1. Matriz básica de datos de las formaciones jurásicas del Terreno Mixteco. 1= presencia , 0= ausencia

Especies	Zorrillo- Taberna	Tecomazuchil	Conglomerado Cualac	Otlaltepec	Rosario	Grupo Tecocoyunca
<i>Sagenopteris goeppertiana</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Sagenopteris sp</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Anomozamites sp</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Brachyphyllum sp</i>	0	1	1	1	0	1
<i>Ctenis</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Neogeratiopsis hislopi</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Nilsonnia sp</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Mexiglossa varia</i>	1	1	0	0	1	1
<i>Otozamites hespera</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Otozamites feneoni</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Otozamites obtusus</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Otozamites reglei</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Pelourdia</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Perezlaria oaxacensis</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	1	1	1	0	0	1
<i>ptilophyllum spinosum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Pterophyllum sp</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	1	1	1	0	1	1
<i>ptilophyllum pulcherrium</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Pseudoctenis</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Williamsonia huitzilopochtlii</i>	1	0	0	0	1	1
<i>Williamsonia diquiyui</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Williamsonia nathorstii</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Williamsonia nezahualcoyotlii</i>	1	1	1	0	1	1
<i>Williamsonia oligosperma</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Williamsonia tlazolteotl</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Williamsonia sp</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Williamsonia oaxacensis</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Weltrichia ayuquilana</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Weltrichia microdigitata</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Weltrichia mixtequensis</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Yuccites sp</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Zamites diquiyui</i>	1	0	1	1	0	1
<i>Zamites lucerensis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Zamites oaxacensis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Zamites tribulosus</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Zamites truncatus</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Zamites feneoni</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Podozamites</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Gingophytas</i>	1	0	0	0	0	0

Morris, *P. acutifolium* *Morris* y *P. pulcherrium* *Wieland*, así como la especie *Williamsonia nezahualcoyotlii* *Wieland*. En la Formación Z-T se presenta el género *Podozamites* que es raro y sólo se tiene registro de otro ejemplar en el Estado de Veracruz. Es notable la presencia de ginkgoales en estas formaciones y se explica por la cercanía de cuerpos de agua en la zona que posteriormente dieron lugar a pantanos, por lo que la textura de las hojas permite proponer la existencia de una mayor cantidad de humedad en el ambiente a diferencia del Grupo Tecocoyunca, donde el género *Brachyphyllum* está presente, asociado

a areniscas de grano de mediano a grueso, que indican condiciones fluviales de mayor energía. Esta conífera ha sido asociada a climas subtropicales húmedos a tropicales en Europa y Asia (Vakhrameev, 1987), Willis y McElwain (2002), señalan que desde el Jurásico Inferior existió una amplia banda ecuatorial y uno de los elementos presentes fueron las Cheirolepidaceas. Esta zona pertenece al Bioma Tropical Húmedo en verano, otra vez la composición florística y litología señalan que si bien este subgrupo comparte algunas especies, son comunidades que se desarrollaron en diferentes ambientes. Es importante

comentar que el valor del coeficiente cofenético $R=8$ lo que indica que el arreglo no es al azar.

Conclusiones

El análisis de agrupamiento señala que existe un bajo porcentaje de similitud entre las seis localidades, sugiriendo que eran comunidades diferentes. Aunque el análisis es a una escala local, Rees *et al.* (1999) y Willis y McElwin (2002) proponen que a nivel mundial esta zona corresponde con el clima de Bioma con clima homogéneo. La Formación Otlaltepec es la menos diversa, donde cerca del 45.6% de sus especies tienen una distribución restringida a una o dos formaciones, siendo la especie *Williamsonia tlazolteotl Wieland* exclusiva para esta formación.

Las formaciones Conglomerado Cualac, Rosario y Tecamazuchil se agrupan con una similitud baja dentro de un subgrupo ya que comparten las especies *Otozamites hespera Wieland*, *Ptilophyllum acutifolium Morris*, *Williamsonia netzahualcoyotli Wieland*, *Zamites lucerensis* (Wieland) Person y *Delevoryas, Z. oaxacensis* (Wieland) Person y *Delevoryas, Z. tribulosus* (Wieland) Person y *Delevoryas*, se hace patente que Rosario pertenece al Jurásico Inferior ya que en esta localidad exclusivamente se presentan *Sagenopteris sp.* y *Perezlaria oaxacensis* Person y *Delevoryas Williamsonia diquiyui* y *W. Huitzilopochtli* en un ambiente deltaico. En la Formación Tecamazuchil la diversidad es grande con 19 especies, lo que permitió una sucesión en las comunidades con poca diversidad, después un matorral y también se desarrolló un bosque de coníferas

La Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada con relieve más accidentado y cuerpos de agua intermitentes entraron la materia orgánica, formaron pantanos y permitieron una zonación de vegetación riparia, un matorral formado por las Bennettitales y un bosque cuyos componentes principales serían las Ginkgoales.

Los factores de relieve, precipitación y temperatura pudieron haber favorecido un proceso de especiación que explicaría el alto número de especies de conos de Williamsonias, así como de otras Bennettitales para las localidades del Terreno Mixteco durante el Jurásico.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de los proyectos 103773 CONACYT, IN106010. (PAPIIT, DGAPA, UNAM).

Referencias

- Arellano-Gil, J., Ma. P. Velasco-de León, J.R. Grimaldo-Avalos, S. Yussim-Guarneros, Silva Pineda y E.L. Ortiz M., 2011, Características paleoambientales y paleontológicas de la secuencia estratigráfica continental del Jurásico Medio en la región de Ayuquila-Santiago Chilixtlahuaca, Distrito de Huajuapán de León, Oaxaca; XII Congreso Nacional de Paleontología, Puebla de los Angeles, México, (ed. F. Sour Tovar, L. Martín M., V.H. Reynoso R.) p. 34-35
- Campa, M.F. and Coney, P. J. 1983, Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Science*: 26, 1040-1051.
- Carrasco, R.R., 1981, Geología Jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Oaxaca: México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad Ciencias, Tesis de maestría, 105 pp.
- Corro O., M. G., F. J. Ruiz González, 2011, Análisis estratigráfico de las secuencias jurásicas del área de Tlaxiaco, Oaxaca: México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de licenciatura, 126 pp.
- Crane, P. R., 1988, Major clades and relationships in the "higher" gymnosperms. In C.B. Beck (ed.), *Origin and evolution of gymnosperms*: Columbia University Press, New York, New York, USA, p. 218 – 272.
- Cserna, Z., 1969, Notas sobre la Geología del área de Tecamatlán, Estado de Puebla: *Paleontología Mexicana*, 27, parte II, 83-90.
- Delevoryas, T., 1991, Investigation of North American Cycadeoids: *Weltrichia* and *Williamsonia* from the Jurassic of Oaxaca, Mexico: *American Journal of Botany*, 78(2), 177-182.
- Erben, H.K., 1956, El Jurásico Medio y el Caloviano de México: México, Congreso Geológico Internacional, 20 a Ses., 104 pp.
- Friis, E.M., P.R. Crane, K.R. Pedersen, S. Bengtson, P.C.J. Donoghue, G.W. Grimm, and M. Stapanoni, 2007, Phase-contrast X-ray microtomography links Cretaceous seeds with Gnetales and Bennettitales: *Nature* 450, 549 – 551 .
- Grajeda C. L.I. Ma. P. Velasco-de León, Cruz C., M.A. y Arellano-Gil J., 2011, Gimnospermas y ambiente de la Formación Otlaltepec del Jurásico Medio, en los límites de Puebla y Oaxaca; XII Congreso Nacional de Paleontología, Puebla de los Angeles, México, (ed. F. Sour Tovar, L. Martín M., V.H. Reynoso R.) p. 70.
- Grimaldo, A.J.R., 2010, Análisis estratigráfico de las secuencias jurásicas de La región de Ayuquila-Santiago Chilixtlahuaca, Oaxaca: México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de licenciatura, 103p.
- Harris, T.M., 1969, The Yorkshire Jurassic Flora. III Bennettitales, *British Museum (Natural History)*, London, 186 p.
- Mander, L., Kürschner W.M., McElwain, J.C., 2010, An explanation for conflict records of Triassic-Jurassic plant diversity: *Proceedings Natural Academy Science*, 107(35) 153551-153556
- Morán-Zenteno, D.J., 1987, Paleogeografía y paleomagnetismo precenozoicos del Terreno Mixteco: México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis de maestría, 177 p.

- Ortega-Guerrero, B., 1989, Paleomagnetismo y geología de las unidades clásticas mesozoicas del área de Totoltepec-Ixcaquixtla, Estados de Puebla y Oaxaca: México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis de maestría, 177 p.
- Person, CH. P. and Delevoryas, T., 1982, The Middle Jurassic Flora of Oaxaca Mexico: *Palaeontographica Abt. B*, 180 (4-6), 82-119.
- Rees, P.M., Ziegler, A.M., and Valdés, P.J., 1999, Jurassic phytogeography and climates: New data and model comparisons, in Huber, B. T., *et al.*, eds., *Warm climates in Earth history*: Cambridge, Cambridge University Press.
- Rothwell G.W., and R. A. Stockey, 2002, Anatomically preserved Cycadeoidea (Cycadeoidaceae, with a reevaluation of systematic character for the seed cones of Bennettitales: *American Journal of Botany*, 89, 1147-1458.
- Sahni, B., 1932, A petrified Williamsonia (*W. sewardiana*, *sp. n.*) from the Rajmahal Hills, India. *Paleontologica Indica* 20, 1-19.
- 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, 103 p.
- Silva Pineda, A., Velasco de León, P., Arellano Gil, J., Grimaldo Avalos, J. R., 2011, Una Nueva especie de Weltrichia del Jurásico Medio de la Formación Tecmazúchil, Oaxaca, México. *Geobios* 44 p. 519-525.
- Thomas, B. A., and D. J. Batten, 2001, The Jurassic palaeobotany of Yorkshire. in C. J. Cleal, B. A. Thomas, D.J. Batten, and M. E. Collinson (eds.), *Mesozoic and Tertiary Palaeobotany of Great Britain*, 29 – 96. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Vakhrameev, V.A., 1987, Climates and the distribution of some gymnosperms in Asia during the Jurassic and Cretaceous: *Review of Palaeobotany and Palynology*, 51, p. 205-212.
- Velasco-de León Ma. P., a. Domínguez-Flores, H.A. Mercado Millan y J.L. Arcos Hernández, 2011, Paleontología y estratigrafía de dos localidades de la Formación Cualac en Guerrero; XII Congreso Nacional de Paleontología, Puebla de los Angeles, México, (ed. F. Sour Tovar, L. Martín M., V.H. Reynoso R.) p. 140-141.
- Weber, R., 2008, Plantas Triásicas y Jurásicas de México. *Boletín del Instituto de geología México* 115, 117 p.
- Wieland, G.R., 1914-1916, La Flora Liásica de la Mixteca Alta: *Boletín del Instituto Geológico de México*, 31:1-165.
- Williamson, W.C., 1870, Contribution towards the history of *Zamia gigas* Lindl & Hutt: *Transactions of the Linnean Society of London* 26, 663-674.
- Willis, K.J. y J.C. McElwain. 2002, *The evolution of plants*, Ed. Oxford. p. 152-155.
-