

Consideraciones al recolectar y transportar fósiles de plantas

Considerations when collecting and transporting plant fossils

Castañeda-Posadas, Carlos^{1,*}; Velasco de León, María Patricia²;
Lozano-Carmona, Diego Enrique^{2,3}

¹Laboratorio de Paleobiología, Ecocampus-Valsequillo, Herbario y Jardín Botánico, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio Val 4, Blv. Ecocampus, San Pedro Zacachimalpa, CP. 72960. Puebla, México.

²Colección de Paleontología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Batalla 5 de mayo s/n esq. Fuerte de Loreto, Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa, 09230, Ciudad de México, México.

³Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Nacional Autónoma de México. Av. San Claudio, Ed. BIO 1 CU, Col. Jardines de San Manuel, 72570, Puebla, México.

* carlos.castaneda@correo.buap.mx

Resumen

La recolecta de los fósiles de plantas dependerá mucho del tipo de yacimiento o del tipo de fosilización en el que se preservaron. En México, el registro fósil de plantas tiene como principales tipos de fosilización a la impresión, la permineralización, el encapsulamiento en ámbar y la compresión carbonosa. En este trabajo se resalta la manera “ideal” de la recolecta de material paleobotánico, así como la manera apropiada de transporte para su siguiente proceso curatorial, registro y finalmente, llenado de cédulas de ejemplares y localidades ante el Consejo Nacional de Paleontología, organismo encargado de la protección del registro paleontológico en México. Concluyendo que cualquier trabajo de recolecta paleobotánica siempre debe de contar con un objetivo claro, metodología a emplear y un lugar de resguardo apropiado.

Palabras clave: colecciones paleontológicas, impresiones, fósiles de plantas, permineralizaciones, recolecta paleobotánica.

Abstract

The collection of plant fossils depends greatly on the type of deposit or the kind of fossilization they underwent. In Mexico, the plant fossil record mainly includes types like impressions, permineralization, amber encapsulation, and carbonaceous compression. This work highlights the “ideal” way to collect palaeobotanical material, as well as the appropriate transport method for its subsequent curatorial process, registration and finally, the completion of specimen and locality records for the National Council of Paleontology, the body responsible for the protection of the paleontological record in Mexico. It concludes that any palaeobotanical collection effort should always have a clear objective, a methodology to be used, and an appropriate place for storage.

Keywords: impressions, paleobotanical collection, paleontological collections, permineralizations, plant fossils.

Cómo citar / How to cite: Castañeda-Posadas, C., Velasco de León, M. P. & Lozano-Carmona, D. E. (2024). Consideraciones al recolectar y transportar fósiles de plantas. *Paleontología Mexicana*, 13(2), 93–103.

Manuscrito recibido: Marzo 13, 2024.

Manuscrito corregido: Junio 22, 2024.

Manuscrito aceptado: Junio 22, 2024.



1. Introducción

El obtener información taxonómica, ambiental y evolutiva, sobre las plantas que vivieron en el pasado es tarea de los paleobotánicos. La paleobotánica es un área de la paleontología que estudia múltiples evidencias vegetales de tamaño macroscópico (hojas, tallos, flores, troncos) y microscópico (espora, polen y cutículas) en depósitos de roca de un origen no antrópico en tiempos muy pretéritos. El registro de sus partes puede ser escaso e incompleto, derivado de una conservación diferencial de sus órganos, ciclos de vida y, además, por los factores geológicos que propician su preservación (MacGinitie, 1953; Linder, 2005; Taylor *et al.*, 2009; Cleal y Thomas, 2019a, b). Porqué esta muerte es diferencial, es decir, las plantas por sus ciclos de vida y según el grupo taxonómico al que pertenezcan, pueden morir-se parcialmente y desprender sus órganos (vegetativos o reproductivos) en diferentes fases de su vida, época climática, enfermedad o perturbación ambiental, por citar algunos. Por ejemplo, algunas angiospermas y gimnospermas se desprenden de sus hojas en épocas de otoño e invierno, por cambios fisiológicos y para resistir las variaciones en las condiciones ambientales (Taylor *et al.*, 2009; Cleal y Thomas, 2019a, b). Por factores como los anteriormente mencionados, en la mayoría de los yacimientos paleobotánicos es común encontrar elementos aislados y mayoritariamente un solo tipo de estructura (hoja, madera, frutos, o semillas). También hay que tomar en cuenta que la fosilización es más sesgada en las plantas que en los animales; los restos de las plantas pueden ser reciclados inmediatamente por otros organismos o pueden ser reducidos en forma gradual (descomponerse), además, las hojas, frutos o maderas, pueden transportarse grandes distancias, debido a los procesos dinámicos del medio como el clima, erosión y otros organismos vivos que intervienen en su dispersión, así solo una pequeña fracción de las partes que componen una planta quedan atrapadas en un ambiente de depósito, propicio para la fosilización (MacGinitie, 1953; Linder, 2005; Taylor *et al.*, 2009; Cleal y Thomas, 2019 a, b).

En el registro fósil de plantas en México ocurrieron varios procesos de fosilización que no son exclusivos del tipo de órgano de la planta, pero si hay preferencias de preservación, entre ellos están: 1) La compresión carbonosa, es un proceso que se da en sedimentos muy finos que no dejan escapar a la materia orgánica, sólo a los elementos volátiles, por lo que quedan aún restos del tejido original en una combustión incompleta derivada de la presión, este tipo de fosilización ocurre mayoritariamente en troncos, tallos y hojas, pero también hay flores y semillas (Figura 1a y 1b). 2) La impresión, proceso donde las estructuras quedan atrapadas en sedimentos finos y estos conservan un molde externo, en este tipo de fosilización encontramos principalmente hojas, pero también hay flores, frutos, tallos y semillas (Figura 1c). 3) La permineralización, proceso en el cual

existe una sustitución de la materia orgánica por minerales como el sílice y calcita, principalmente, es común en maderas, semillas y raíces (Figura 1e). 4) El encapsulado, proceso en el cual quedan atrapados los restos de plantas en una resina vegetal y quedan inmersos en ella, el ámbar es la sustancia donde ocurre la fosilización. Se encuentran hojas, flores, semillas y ramas que no se pueden estudiar anatómicamente, pero si morfológicamente (Figura 1f). 5) La momificación, es el proceso donde queda la estructura original de los organismos, solo se deshidratan o se pierden los elementos volátiles, pero el tejido y su estructura es la original (MacGinitie, 1953; Linder, 2005; Taylor *et al.*, 2009; Cleal y Thomas, 2019 a, b). Con la descripción morfológica o anatómica de los ejemplares, se pueden identificar diferentes categorías taxonómicas, realizar listados florísticos, estimar abundancia y riqueza y probablemente reconstruir la planta completa original.

Por último, una gran parte de esta información debe ser conservada en las colecciones científicas, en donde se preserve el material y, además, se considera importante enviar esta información al Consejo de Paleontología del Instituto Nacional de antropología e Historia (CONPAL); con la finalidad de tener la información de las localidades fosilíferas, en general concentradas en el CONPAL, para conocer que taxones se han estudiado, o están en proceso de estudio, su estado o técnicas curatoriales aplicadas, las colecciones que existen en nuestro territorio, la prioridad de proteger alguna localidad, y finalmente poder generar una política entre los paleontólogos de lo que falta por estudiar (CONPAL, 2024).

2. Consideraciones para el transporte y resguardo de los fósiles de plantas a un laboratorio

Cuando se recolectan fósiles se debe de tener un objetivo definido del uso que se le va a dar a ese material, si la localidad seleccionada es nueva o es el seguimiento de estudios previos, en la medida de lo posible la recolecta debe reflejar la composición de las floras originales, por lo que es deseable recolectar numerosos especímenes, bien conservados, que representen las diferentes facies sedimentarias o las de un solo estrato o paleodeme (Anderson y Anderson, 1983). La toma de datos puede ser cualitativa o cuantitativa (p. ej., uso de cuadrantes para muestreo, control estratigráfico, estado de conservación del material, su orientación, número de ejemplares y en caso de conocer los géneros registrarlos o designar morfotipos). Con respecto al estado de conservación, la variación en el contenido orgánico es la influencia principal sobre los métodos de conservación a emplear (Collinson, 1987). En las compresiones, algunos ejemplares presentan problemas de conservación cuando la materia orgánica está poco adherida a la matriz de soporte, pues el secado diferencial de la matriz y el material orgánico provoca la exfoliación del fósil orgánico. Otra situación común

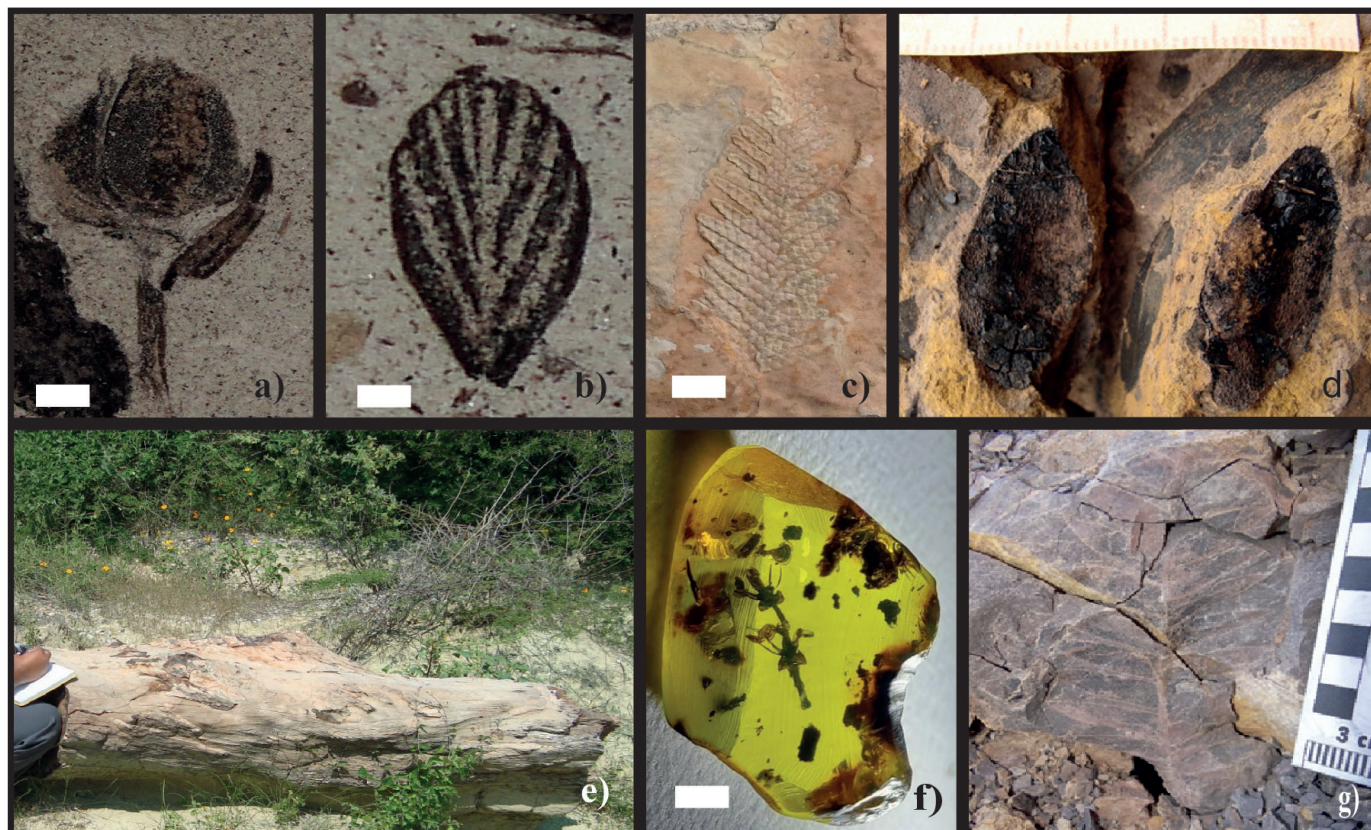


Figura 1. Tipo de fosilización en plantas. a y b) Compresiones carbonosas (flor y hoja respectivamente), localidad de los Ahuehuetes, Puebla. Barra de 2 cm. c) Impresión (fronda), localidad Tlayúa, Puebla; Barra 5 cm. d) Semillas carbonizadas, Localidad Cañada Alejandro, Oaxaca. e) Permineralización (madera), localidad San Mateo Mimiapán, Puebla; f) Inclusión en ámbar, (flor), localidad Simojovel, Chiapas; Barra 3 cm; y g) Compresión carbonosa de Bennettitales, del Grupo Tecocoyunca de Guerrero.

es la poca consolidación de algunos estratos y el riesgo que esto representa al extraer el bloque que contiene los fósiles sin que estos se fracturen. Se recomienda limpiar los bordes del ejemplar (laja o muestra de mano), luego, para evitar su fragmentación, se colocan al menos cuatro capas de vendas de yeso humedecidas en los bordes perimetrales (Figura 2). Para transportarlo, se coloca el bloque sobre una lona de polietileno o se ubica el conjunto dentro de una caja de cartón, se rodea con plástico burbuja para amortiguar y proteger de las vibraciones durante el transporte. El buen registro de los datos en campo de estas colecciones ayudará al paleobotánico a determinar con mayor precisión los rangos de variación morfológica y a lograr identificaciones más fiables. Esto, a su vez, mejora la resolución de los estudios bioestratigráficos y perfecciona los paleoecológicos y paleoambientales (Shute y Cleal, 1986).

2.1. Recolección de compresiones carbonosas

En este apartado se comenta acerca de las técnicas para recolectar y resguardar las compresiones carbonosas. Para ello, es importante considerar el tipo de roca, el tamaño del fósil y el ambiente de depósito. Iniciaremos por una definición breve del carbón, tipos que

existen y la información que podemos obtener para la taxonomía, reconstrucciones paleoambientales, etc. Si bien el período Carbonífero debe su nombre a sus abundantes yacimientos, también podemos encontrar esta roca de origen orgánico en diferentes edades geológicas (Cross y Phillips, 1990). De manera general su formación inicia con los depósitos de turba que se forman solo bajo ciertas condiciones geológicas. En todos los casos la acumulación de materia orgánica debe exceder al decaimiento. Los carbohidratos, lignina, proteínas, grasas, y ceras son atacadas o rotas por el metabolismo bacteriano e inicia la formación de los ácidos húmicos, por lo que el entorno se vuelve más ácido (Scott y Collinson, 1983). La composición del carbón generalmente se debe a diferentes árboles de pantano dominantes u, ocasionalmente, por arbustos o hierbas. También podemos encontrar compresiones carbonizadas, tejidos permineralizados o vitrinizados, y microfósiles (cutículas, esporas, polen, resinas), que contribuyen a la identificación de las plantas que formaron el carbón.

2.1.1 ¿Qué información deseo conservar al realizar una recolección?

Se sabe que, en las plantas vivas, los tejidos esclerificados, como el xilema y la hipodermis, debido a su



Figura 2. Extracción de material paleobotánico con la técnica de vendas de yeso. a) Ejemplar fósil a proteger, b) Envoltura del bloque de roca que contiene el fósil de planta con vendas de yeso. c) Resultado de la envoltura del fósil para su protección y posible traslado.

composición altamente aromática tienen un potencial de conservación alto como fósiles (de Leeuw y Largeau, 1993; Van Bergen *et al.*, 1995; Boyce *et al.*, 2003). En la mayoría de los casos, el registro fósil vegetal es, por tanto, el resultado de la conservación selectiva de órganos y tejidos que contienen biomacromoléculas alifáticas resistentes a la descomposición (Nip *et al.*, 1986). Entre ellas se encuentran algas, cutículas foliares, polen y esporas, envolturas de semillas, frutos, la madera y las resinas (Van Bergen *et al.*, 1995). Las biomacromoléculas más abundantes en las plantas vasculares existentes son las ligninas que contribuyen a la formación del lignito, carbones cafés y carbón. De esta manera se puede conservar la morfología en las impresiones y su composición química en las compresiones.

En el caso de las impresiones deben de protegerse cuando se han obtenido por lajamiento y de ser posible conservar la parte negativa (-) y positiva (+) del ejemplar (el registro del ejemplar consiste en un solo número con la indicación de ambas partes +/-). Para estudios anatómicos si se sospecha que se conservó materia orgánica se puede intentar extraer material empleando la técnica de cutículas dispersas con diferentes ácidos (Figura 3), o con la técnica de Peel con acetatos adhesivos (Figura 4) (Kerp, 1990; Kouwenberg *et al.*, 2007; Ángeles-Favila *et al.*, 2008; Ángeles-Favila, 2009; Velasco-de León *et al.*, 2023). Para esta última técnica se coloca encima de la compresión carbonosa una porción de acetato de celulosa en hoja y se realiza una presión leve con ayuda de la goma de un lápiz. Posteriormente se desprende el acetato y se monta en un portaobjetos. Con la parte que contiene el material fósil hacia arriba, se le ponen un par de gotas de agua y se coloca un cubreobjetos para revisar al microscopio óptico (Figura 3d). En el caso de que se observen tejidos, se describe su morfología, se realizan mediciones de las células epidérmicas, tricomas,

papilas y estomas, y se procede a fotografiar para su posterior comparación con material ya identificado.

2.2. Recolección de compresiones

La fosilización segrega los tejidos resistentes (que pueden ser difíciles o imposibles de separar en el material moderno), haciéndolos así fácilmente accesibles para su estudio. Los fósiles, por ejemplo, se separan fácilmente del resto de la cubierta de la semilla y las hojas pueden consistir sólo en una envoltura cuticular. Por este motivo, los estudios de los fósiles están a la vanguardia de los trabajos sobre biomacromoléculas resistentes en las plantas. Aun así, la investigación de la composición química del material vegetal antiguo se encuentra aún en una fase relativamente preliminar. Los organismos contienen una serie de biopolímeros que pueden conservarse en el registro sedimentario: ácidos nucleicos (ADN, ARN), proteínas, polisacáridos y lípidos, así como las biomacromoléculas que forman parte de los tejidos estructurales de las plantas, por ejemplo, algaeano, lignina y esporopolenina (Briggs y Eglinton, 1994). El ADN es muy susceptible a la hidrólisis y a la oxidación (Lindahl, 1993) y esto se ve reflejado en la inexistencia de fósiles con más de 100,000 años de antigüedad que conserven ADN. Los polisacáridos, como la celulosa y la quitina, se biodegradan fácilmente cuando forman tejidos estructurales, sin embargo, a través de enlaces cruzados con otras moléculas, los restos reconocibles pueden durar millones de años.

Estos restos orgánicos pueden ser estudiados mediante técnicas analíticas de las biomacromoléculas resistentes, pueden aplicarse (i) análisis elemental (relación carbono/hidrógeno/nitrógeno), (ii) pirólisis (descomposición de la biomacrolécula por medio de calor en una atmósfera inerte, (iii) espectroscopia de

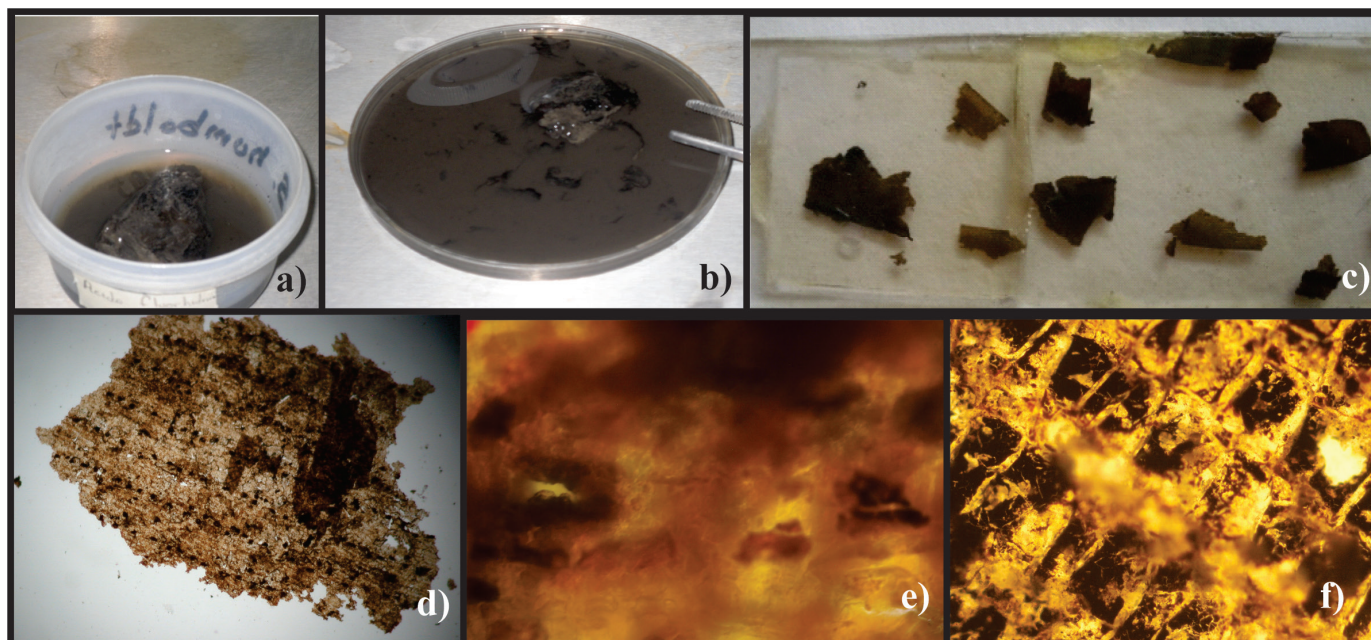


Figura 3. Se muestran los pasos generales de la técnica de cutícula dispersa que se emplea en el laboratorio para extraer cutículas; el material empleado corresponde a lutita del Jurásico, donde se identificaron especímenes de Bennettitales del Grupo Tecocoyunca de Guerrero. a) disolución de roca en ácido fluorhídrico, b) cutículas flotando después de un día, c) cutículas extraídas con pincel sobre un portaobjetos, las más oscuras aún con carbón d) cutícula extendida y seca donde se aprecia el arreglo de estomas en hilera, e) estomas abiertos microscopio óptico a 40X. f) arreglo de células epidérmicas de forma ligeramente rectangular microscopio óptico 40X. El material está depositado en la colección de cutículas de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

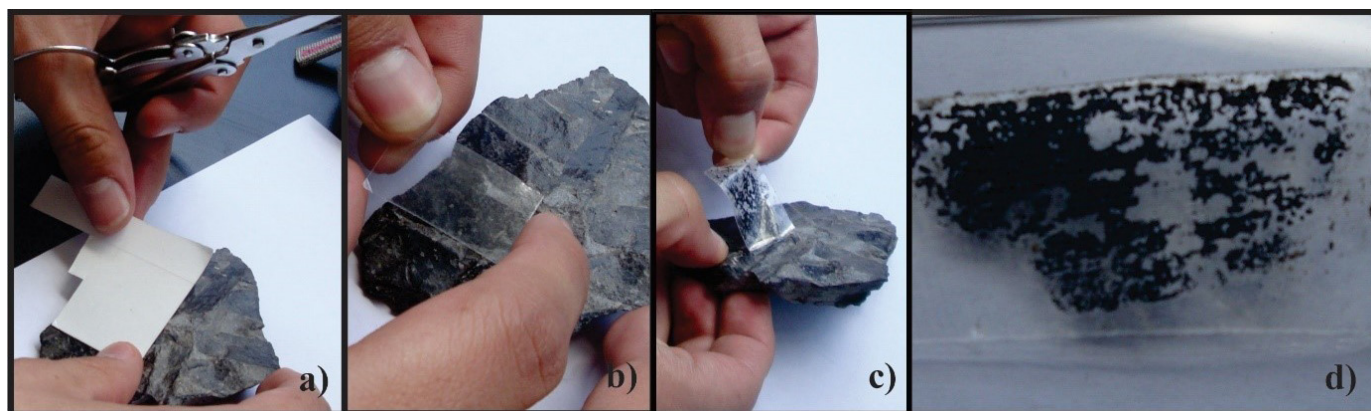


Figura 4. Se muestran los pasos generales de técnica de peel para extracción de cutícula a) Midiendo acetato de celulosa para cortar, b) aplicación del acetato de celulosa sobre el ejemplar fósil, c) obtención del peel (despellejamiento), nótese el color negro sobre el acetato, d) a este peel debe de agregarse solución Schultz para oxidar el carbón y poder observar al microscopio óptico.

infrarrojos por Transformada de Fourier para obtener datos químicos relativos, semicuantitativos que nos permitan obtener modelos quimiométricos 3D para estudios de fitotaxonomía, reconstrucciones por ejemplo en las frondas, etc. (D'Angelo y Zodrow, 2015, 2016).

2.3. Recolecta de permineralizaciones.

Después de que una planta o sus partes son depositadas en un cuerpo de agua, éste puede ser infiltrado por una solución mineralizada que eventualmente precipita y endurece dentro de las cavidades celulares y

espacios intercelulares. En el material bien permineralizado, las paredes celulares están sólo ligeramente alteradas y como resultado la estructura interna de las plantas es realmente visible. Cuando la preservación es excepcionalmente buena es posible deshacer la matriz y embeber el tejido de la planta en algún plástico. Con cortadoras ordinarias, se puede preparar secciones de los tejidos (Mustoe, 2018, 2023).

Existen varios tipos de matrices en los especímenes permineralizados. El carbonato de calcio, el carbonato de magnesio o una combinación de los dos es una variedad de esas matrices. Los fósiles que comúnmente

los tienen, son las llamadas bolas de carbón (*coal balls*) que son aproximadamente “masas lenticulares” estos materiales se encuentran en vetas de carbón en Estados Unidos, Inglaterra y Europa continental. Por otro lado, el sílice es también una matriz bastante común, los órganos vegetales silicificados preservados, de manera por demás sorprendente, conservan detalles de su anatomía y morfología (Mustoe, 2018, 2023); por ejemplo, muchas de las maderas fósiles de México se encuentran bien preservadas con sílice.

La recolecta y traslado de este tipo de material es muy simple, ya que al encontrar las rocas y órganos silicificados, solo se deben depositar en una bolsa de papel estraza o plástico para marcar en ella los datos básicos de la recolecta. Ya en el laboratorio existen varias formas de tratar fósiles permineralizados para su estudio. Una forma es la realización de superficies pulidas y su observación en el microscopio con luz reflejada. Otra manera es realizar láminas delgadas del espécimen que puede ser entonces estudiado con microscopía de luz transmitida. Una manera de hacer estas secciones es cortando y puliendo un pedazo de espécimen, la superficie pulida se pega a un portaobjetos, la muestra se vuelve a cortar lo más delgado posible y la parte restante adherida al portaobjetos es desbastada hasta que la luz atraviesa sin dificultad al espécimen. Esta técnica requiere de mucho tiempo, sin embargo, en ocasiones es la única forma de conseguir resultados satisfactorios. Si se cuenta con pocos recursos económicos y material fósil disponible, una manera de estudiarlos es haciendo “*Peels*”, técnica en la cual se corta el material permineralizado, se pule, se disuelve con un ácido (dependiendo de la composición mineral que lo envuelve) para exponer las paredes celulares y con ayuda de una hoja de acetato se pueden desprender tejidos celulares. Estas preparaciones pueden ser aclaradas y montadas en portaobjetos para su observación con microscopía de luz transmitida. Si se cuenta con una muy buena conservación de los tejidos vegetales, estos pueden ser preparados y observados bajo un microscopio electrónico de barrido y/o transmisión (Darrah, 1936; Taylor et al., 2011; Mustoe, 2018, 2023).

3. Conservación y preservación para su estudio

La conservación y preservación de los fósiles de plantas involucra una serie de actividades que van desde la adecuada técnica de recolecta (abordado en los apartados anteriores para cada tipo de fosilización), la toma de datos básicos en campo hasta la preparación y catalogación de los ejemplares, así como, tener un adecuado uso del material. Por lo tanto, el objetivo de esta sección es mostrar un panorama general sobre las actividades de conservación y preservación desde el campo hasta su estudio con base en experiencias y recomendaciones de la recolecta hasta el establecimiento de colecciones paleontológicas (Perrilliat et al., 1986; Montero y Dieguez,

1991, 2001; Allmon, 2005; Cristin y Perrilliat, 2011; Popa, 2011; Tomelleri et al., 2022, entre otros).

Una vez que se han definido los objetivos de la recolecta de material fósil, así como la adecuada planificación de las actividades de campo se procede a realizarla. Sin embargo, en ocasiones se tendrán hallazgos fortuitos o asociados no específicos, de los cuales también se deberá evaluar la posibilidad de realizar o no una recolecta. Cabe recordar que cada fósil es un archivo de la vida del pasado en la Tierra, que este es una evidencia única e irremplazable y nos permite conocer y comprender el registro sedimentario y es evidencia de los diferentes escenarios presentes a través de las eras geológicas (Cristin y Perrilliat, 2011; Popa, 2011). También es importante considerar que la recolecta de material será solo si este tendrá un espacio y condiciones adecuadas para su resguardo en una colección (Montero y Dieguez, 1991, 2001). Por lo tanto, la recolecta de material, en ocasiones, no es imprescindible, se sugiere un amplio registro fotográfico y tener un adecuado y completo registro de la documentación básica o los datos de campo.

Si la recolecta de material fósil se lleva a cabo será obligación registrar toda la documentación básica (Tabla 1). Esta se puede resumir en siete puntos generales con adecuaciones o especificaciones con base en las condiciones al momento de la recolecta. Los siguientes siete puntos conforman dicha documentación básica en una recolecta de material fósil: (1) Datos sobre el recolector(es), las fechas y horas dedicadas al trabajo, para tener control sobre la constancia en la recolección, así como estimar el esfuerzo de muestreo y graficar la acumulación de taxones por fecha de recolecta. (2) Número de ejemplar o lote de ejemplares. (3) Control geográfico con coordenadas que sean reconocibles en un mapa o carta Geológico-Minera (para México del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, siglas INEGI) con una escala 1:50,000. (4) Control estratigráfico y tiempo geológico, esto se refiere a identificar la unidad litoestratigráfica o formación geológica, si es que se ha definido. Una vez identificados dichos datos, ubicar en la columna estratigráfica la posición de los estratos o sitios fosilíferos. Si no se tiene una columna estratigráfica se tendrá que elaborar una. (5) Tener cuidado en la conservación de los caracteres que permitan la identificación taxonómica. Es decir, es indispensable conocer o tener referencia de los caracteres taxonómicos de los taxones para que durante la recolecta estos no se pierdan o destruyan. (6) Un registro fotográfico del material, en este caso será necesario el uso de una escala milimétrica en cada fotografía y la correlación entre el número de fotografía (metadato) con la localidad fosilífera, con los datos taxonómicos y estratigráficos. Por último, (7) fósiles y/o icnofósiles asociados. Esta documentación básica permitirá que cada ejemplar pueda ser estudiado bajo un enfoque adecuado, cualquiera que sea la investigación. A su vez podrá ser preparado, organizado y catalogado en la colección de su destino.

Tabla 1. Hoja de datos básicos para la recolecta de material paleontológico.

RECOLECTOR DE DATOS (nombre o nombres de los integrantes del equipo)		
HORA DE INICIO Y FIN DE LA ACTIVIDAD	FECHA (dd/mm/aa)	NÚMERO DE PARTICIPANTES
NÚMERO DE EJEMPLARES (total de ejemplares del mismo sitio de recolección)		
CONTROL GEOGRÁFICO Coordenadas geográficas (o UTM): Poblado(s) más próximo(s): Municipio y Estado: Nombre de la localidad y definir siglas de reconocimiento: Nombre y/o número de sitio fosilífero y sus siglas:		
CONTROL ESTRATIGRÁFICO Y TIEMPO GEOLÓGICO Formación geológica: Edad: Periodo y época: Era: Ubicación métrica en la columna estratigráfica:	DATOS TAXONÓMICOS (si es posible determinar un taxon <i>in situ</i>) Orden: Familia: Género: Especie:	
REGISTRO FOTOGRÁFICO (usar escala milimétrica, correlación entre número de foto(s) con número de ejemplar, localidad (siglas), sitio fosilífero).		
FÓSILES ASOCIADOS (si se reconocieron fósil/fósiles de manera imprevista o de grupos diferentes a los esperados)		
OBSERVACIONES		

La preparación para el resguardo del material será en el orden consecutivo de los ejemplares, es decir siguiendo la numeración en las hojas de datos de campo. El material será desembalado de cualquiera que haya sido su material de protección desde el campo hasta el laboratorio. Una vez realizado esto, se evaluará la pertinencia de realizar una limpieza o retiro de matriz. Se podrá utilizar medios mecánicos o químicos (descritos en las secciones anteriores). Para ello hay que considerar la consolidación de la matriz y su composición mineralógica. Por un lado, si se emplean métodos mecánicos evitar la fragmentación o pérdida de partes del fósil, y si se emplean químicos hay que considerar usarlos diluidos. En general se emplean ácidos como el clorhídrico (HCl), el acético (CH₃COOH) y el fluorhídrico (HF) (Montero y Diéguez, 2001). Una vez limpio y listo el ejemplar se procede a etiquetarlo con código y número. Para ello se pueden emplear diversos medios, desde marcar con una navaja la matriz del ejemplar, o utilizar marcador indeleble, o aplicar una peca de 1 cm² aproximadamente, puede ser pintura a base de agua (p. ej., corrector líquido de textos), sobre la cual se escribirán los datos de código y número de catálogo. El código será definido con base en la institución que alberga la colección y la formación y/o localidad de recolecta. Dicho código y número deberán ser congruentes con la documentación básica. Es recomendable

incluir a los ejemplares en cajas individuales o bolsas plásticas cerradas para protección y evitar la pérdida de datos que sean adjuntados (Montero y Diéguez, 2001).

La conservación y mantenimiento de los ejemplares a largo plazo puede ser un reto y dependerá de varios factores. Estos factores pueden ser físicos, químicos, biológicos y ambientales. La conservación de los fósiles que puede depender de los factores físicos tiene que ver con el almacenaje, los tipos y el material de los contenedores o cajas. En este sentido lo recomendable es el uso de contenedores o cajas de plástico (polietileno o poliestireno rígido), ya que se podrá evitar la interacción con la humedad medioambiental. Considerando el tamaño de los ejemplares el equipo de almacenamiento podrá ser desde armarios metálicos tipo compacto hasta anaqueles metálicos. Esto dependerá de las disposiciones de espacio y presupuesto. El almacenaje de los materiales paleobotánicos deberá estar bajo una revisión periódica para poder identificar si se presentan daños por agentes biológicos, químicos o ambientales. Generalmente estos pueden estar asociados entre sí. Con una humedad y temperatura elevada puede condicionar a la proliferación de hongos, que son los más comunes. Pero también puede propiciar el desarrollo de reacciones químicas y principalmente la degradación de sulfuros. Esto puede causar fisuras

y hasta fragmentación de los ejemplares. Por último, la hidratación y desecación de los ejemplares puede propiciar la fragmentación por efecto de la contracción-expansión. En este caso solo si los materiales de la matriz rocosa son capaces de absorber la humedad medioambiental (Montero y Dieguez, 2001; Cristin y Perrilliat, 2011; Popa, 2011).

4. Principales instituciones donde se realiza el estudio de material paleobotánico

En México son pocas las instituciones en donde se practica e investiga la paleobotánica (incluyendo estudios palinológicos). La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) alberga a varios sitios de investigación, los cuales se desglosan a continuación: el Departamento de Paleontología, el Departamento de Dinámica Superficial y la Estación Regional Noroeste, todos ellos del Instituto de Geología. En el Departamento de Botánica, Herbario Nacional de México del Instituto de Biología y en la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Otras instituciones son el Laboratorio de Paleobiología y la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). En el Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y en el Museo del Desierto de Coahuila (MUDEI). En la Tabla 2 se sintetizan los datos de los investigadores y docentes que realizan investigación y docencia en paleobotánica de México, así como las líneas de investigación y los lugares de trabajo (adscripciones oficiales) de cada uno de ellos (IG, 2024a, b; FESZ, 2024; FCB, 2024a, b; IPN, 2024). Actualmente el estudio de material paleobotánico en México abarca prácticamente todos los periodos geológicos en donde se han registrado fósiles de plantas. Por mencionar algunos, pero con especial atención a las aportaciones más recientes, tenemos estudios en el Carbonífero-Pérmico (Velasco-de León *et al.*, 2020; Villanueva-Amadoz *et al.*, 2020; Flores-Barragan *et al.*, 2021, 2023), en el Jurásico (Velasco-de León *et al.*, 2019; Lozano-Carmona *et al.*, 2021, 2024; Ortega-Chávez *et al.*, 2021; Morales-Toledo y Cevallos-Ferriz, 2023), en el Cretácico (Breña-Ochoa y Cevallos-Ferriz, 2022; Centeno-González *et al.*, 2021, 2023; Cevallos-Ferriz *et al.*, 2021), en el Paleógeno (Hernández-Sandoval *et al.*, 2023; Pérez-Lara *et al.*, 2021), en el Neógeno (Hernández-Hernández *et al.*, 2020; Castañeda-Posadas, 2023; Estrada-Ruiz, 2023; Hernández-Damián *et al.*, 2023; Castañeda-Posadas y Tomas-Mosso, 2024) y en el Cuaternario (Cevallos-Ferriz *et al.*, 2019; Castañeda-Posadas *et al.*, 2022; Lozano-García *et al.*, 2022; Tomas-Mosso *et al.*, 2024).

5. Recomendaciones

Los autores consideramos que la colaboración académica y la participación de diferentes investigadores o instituciones en los proyectos de investigación en desarrollo, son prácticas comunes en la comunidad científica. Sin embargo, es crucial abordar los aspectos éticos asociados para garantizar la integridad y el respeto en el ámbito académico.

Para esto proponemos que las colaboraciones deben ser transparentes acerca de sus contribuciones y roles en el proyecto. La integridad académica implica reconocer adecuadamente el trabajo de todos los participantes y evitar cualquier forma de plagio o apropiación indebida de ideas. Antes de iniciar cualquier trabajo colaborativo, es esencial obtener el consentimiento de todas las partes involucradas y establecer acuerdos claros que definan los objetivos, responsabilidades y derechos de cada participante. Estos acuerdos deben ser documentados y revisados regularmente. Antes de iniciar un nuevo proyecto o unirse a uno existente, se debe realizar una revisión exhaustiva de la literatura para identificar trabajos previos y evitar la duplicación innecesaria. Esto incluye revisar tesis de licenciatura y posgrado, artículos, y proyectos en curso en la misma institución y en otras. Establecer una comunicación efectiva con otros investigadores y grupos de trabajo puede prevenir esfuerzos duplicados. La coordinación entre diferentes equipos de investigación fomenta la sinergia y el aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles. Y por último mantener un registro actualizado de los proyectos en curso dentro de la institución y hacerlos accesibles para los miembros de la comunidad académica puede facilitar la identificación de oportunidades de colaboración, por eso consideramos importante el papel del CONPAL y que todos tratemos de nutrir su base de datos al registrar los proyectos paleobotánicos.

6. Conclusiones

El trabajo con los fósiles de plantas en México es aún incompleto y por lo tanto es importante conocer las instituciones donde se realizan investigaciones en esta área de la paleontología. Es indispensable revisar trabajos previos realizados en la región donde se va a recolectar, tener un objetivo bien definido, plan de trabajo y conocer técnicas de extracción, transporte, curatoriales y contar con un sitio de resguardo antes de realizar una recolecta en campo. Se recomienda a los académicos que inician alguna actividad paleontológica conocer y seguir los lineamientos para la investigación de vestigios o restos fósiles de interés paleontológico en México, establecidos por el Consejo Nacional de

Tabla 2. Síntesis de los investigadores y docentes que realizan estudios sobre el registro fósil de plantas en México.

Investigador y/o docente	Institución (es) de adscripción	Líneas de Investigaciones
Dr. Sergio Rafael Silvestre Cevallos Ferriz	Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.	Sistemática y Evolución de plantas cretácicas y cenozoicas de México y sus nexos con América del Centro y del Sur, así como con el Caribe.
Dra. Ana Lilia Hernández Damián		Origen de la flora Neotropical a través del estudio de las angiospermas fósiles de México.
Dra. Elia Ramírez Arriaga		Palinoestratigrafía, palinoflora y palinotaxonomía de paleocuecas cenozoicas (Paleógeno y Neógeno) de México.
Dra. Socorro Lozano García	Departamento de Dinámica Superficial, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.	Cambio climático global con énfasis en variaciones en la vegetación del Cuaternario. Paleoecología y Palinología del Neógeno de México.
Dra. Uxue Villanueva Amadoz	Estación Regional del Noroeste (ERNO), Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.	Palinoestratigrafía y reconstrucciones paleoambientales del Paleozoico superior y Mesozoico de México.
Dra. Laura Calvillo Canadell	Departamento de Botánica, Herbario Nacional de México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.	Taxonomía, sistemática filogenética y arquitectura foliar.
Dra. María Patricia Velasco de León	Colección de Paleontología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.	Taxonomía, distribución, paleoclima y paleoambientes con base en plantas del Paleozoico superior, Mesozoico y Cenozoico de México
Dra. Erika L. Ortiz Martínez		Paleoclima y taxonomía de plantas del Mesozoico y Cenozoico de México
M. en C. Pedro C. Martínez		Palinología del Jurásico del sur de México
Biól. Elizabeth Ortega Chávez		Paleoxilología del Mesozoico del sur México
Biól. Diana S. Guzmán Madrid		Estudios cuticulares de plantas mesozoicas de México
Dr. Diego E. Lozano Carmona	Colección de Paleontología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Sistemática, fitogeografía y evolución de gimnospermas mesozoicas de México
Dr. Carlos Castañeda Posadas	Laboratorio de Paleobiología, Ecocampus-Valsequillo, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Cambios en la paleodiversidad de México como consecuencia de la actividad tectónica del centro-sur del país.
Dr. Emilio Estrada Ruiz	Departamento de Zoología, Laboratorio de Ecología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional	Sistemática y distribución de plantas cretácicas y cenozoicas de México.
Dra. Martha Carolina Aguillón	Museo del Desierto de Coahuila (MUDEI)	Paleobotánica del Mesozoico de Coahuila, México.

Paleontología, órgano actualmente concentra la información nacional.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado VIEP-BUAP, por el apoyo para el desarrollo de sus investigaciones de CCP. También se agradece la Dirección General de Asuntos del Personal Académico por el apoyo al proyecto PAPIIT IN100721, desarrollado por MPVL. Por último, a la Facultad de Ciencias Biológicas FCB-BUAP por el apoyo a DELC en el desarrollo del proyecto P-001-2024.

Referencias

- Allmon, W. D. (2005). The importance of museum collections in paleobiology. *Paleobiology*, 31(1), 1–5. <https://www.jstor.org/stable/4096980>
- Anderson, J. M., & Anderson, H. M. (1983). *Palaeoflora of southern Africa. Molteno Formation (Triassic). Volume 1. Part. Introduction. Part 2. Dicroidium*. A. A. Balkema.
- Ángeles-Favila, R., Velasco de León P., Silva-Pineda, A., & Lozano-García, M. S. (2008). Análisis cuticular en fósiles mediante Microscopía Electrónica de Barrido. *Noveno Congreso Nacional de Microscopía*. Guanajuato, México.
- Ángeles-Favila, R. (2009). El género *Brachyphyllum* en el Mesozoico de México [Tesis de licenciatura no publicada]. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Boyce, C. K., Cody, G. D., Fogel, M. L., Hazen, R. M., Alexander, C. M. O. D., & Knoll, A. H. (2003). Chemical evidence for cell wall lignification and the evolution of tracheids in early Devonian

- plants. *International Journal Plant Science*, 164, 691–702. <http://dx.doi.org/10.1086/377113>
- Breña-Ochoa, A., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2022). Late Cretaceous Palm Leaves and an Inflorescence (Arecaceae or Palmae) from Olmos Formation, Northern Mexico. *International Journal of Plant Sciences*, 183(4). <https://doi.org/10.1086/718831>
- Briggs, D. E. G., & Eglinton, G. (1994). Chemical traces of ancient life. *Chemistry in Britain*, 31, 907–912.
- Castañeda-Posadas, C. (2023). *Podocarpus* (Podocarpaceae) Wood from Miocene rocks in Panotla, Tlaxcala, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 121(2023), 104118.
- Castañeda-Posadas, C., Correa-Metrio, A., Escobar, J., Moreno, J. E., Curtis, J. H., Blaauw, M., & Jaramillo, C. (2022). Mid to late Holocene sea-level rise and precipitation variability recorded in the fringe mangroves of the Caribbean coast of Panama. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 592, 110918.
- Castañeda-Posadas, C., & Tomas-Mosso, A. (2024). Estudio palinológico de una sección portadora de ámbar de Totolapa, en Chiapas, México. *Paleontología Mexicana*, 13(1), 1–16.
- Centeno-González, N. K., Martínez-Cabrera, H. I., Porrás-Muzquiz, H., & Estrada-Ruiz, E. (2021). Late Campanian fossil of a legume fruit supports Mexico as a center of Fabaceae radiation. *Communications Biology*, 4, 41. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01533-9>
- Centeno-González, N. K., Porrás-Muzquiz, H., & Estrada-Ruiz, E. (2023). Nuevo género de hojas ovadas de Rhamnaceae de la Formación Olmos (Cretácico Superior) de Coahuila, México. *Paleontología Mexicana*, 12(1), 33–41.
- Cevallos-Ferriz, S. R. S., Ríos Santos, C., & Lozano-García, S. (2019). *Abies cuitlahuacii* sp. nov., a mummified late Quaternary fossil wood from Chalco, Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 71(1), 193–206.
- Cevallos-Ferriz, S. R. S., Santa-Catharina, A., & Kneller, B. (2021). Cretaceous Lauraceae Wood from El Rosario, Baja California, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 292, 104478. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2021.104478>
- Cleal, C., & Thomas, B. (2019a). Angiosperms (pp. 188–212). *Introduction to Plant Fossils*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108650021.010>
- Cleal, C., & Thomas, B. (2019b). Highlights of Palaeobotanical Study (pp. 14–37). *Introduction to Plant Fossils*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108650021.002>
- Collinson, C. J. (1987). Special problems in the conservation of palaeobotanical material. In P. R. Crowther and C. J. Collins (eds.), *The conservation of geological material* (vol 4/7, 439–445). The geological curator.
- Consejo de Paleontología (CONPAL). (2024). Instituto Nacional de Antropología e Historia. <https://www.consejopaleontologia.inah.gob.mx/> Consultado en Junio 2024.
- Cristin, A., & Perrilliat, M. C. (2011). Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 421–427.
- Cross, A. T., & Phillips, T. L. (1990). Coal-forming plants through time in North America. In P. C. Lyons, T. G. Callcott and B. Alpern (Eds.), *Peat and Coal: Origin, Facies, and Coalification* (Volume 16, pp. 1–46). International Journal Coal Geology.
- D'Angelo, J. A., & Zodrow, E. L. (2015). Chemometric study of structural groups in medullosa lean foliage (Carboniferous, fossil Lagerstätte, Canada): Chemotaxonomic implications. *International Journal Coal Geology*, 138, 42–54.
- D'Angelo, J. A., & Zodrow, E. L., (2016). 3D chemical map and a theoretical life model for *Neuropteris ovata* var. *simonii* (index fossil, Asturian, Late Pennsylvanian, Canada). *International Journal Coal Geology*, 153, 12–27.
- Darrah, W. C. (1936). The peel method in paleobotany. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, 4(5), 69–83. <http://www.jstor.org/stable/41762635>
- de Leeuw, J. W., & Largeau, C. (1993). A Review of Macromolecular Organic Compounds That Comprise Living Organisms and Their Role in Kerogen, Coal, and Petroleum Formation. In Engel, M.H., Macko, S.A. (eds), *Organic Geochemistry. Topics in Geobiology* (Volume 11, pp. 23–68). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2890-6>
- Estrada-Ruiz, E. (2023). A new species of Winged fruits of *Podopterus* (Caryophyllales, Polygonaceae) from the Miocene amber, Chiapas, Mexico. *Paleoworld*, 32(1), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2022.06.005>
- Facultad de Ciencias Biológicas (FCB). (2024a). Académicos. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://csbiologicas.buap.mx/content/acad%C3%A9micos>, Consultado en Enero 2024.
- Facultad de Ciencias Biológicas (FCB). (2024b). Laboratorio de Paleobiología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://paleontologiapuebla.weebly.com/>, Consultado en Enero 2024.
- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FESZ). (2024). Línea de investigación en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.zaragoza.unam.mx/investigacion/lineas-investigacion/li-ciencias-tierra/>, Consultado en Enero 2024.
- Flores-Barragan, M. A., Velasco-de León, M. P., & Ortega-Chávez, E. (2021). New genus for megaphyllous leaves from the Upper Paleozoic of Mexico *Velasco pueblensis* gen. nov. *Journal of South American Earth Sciences*, 110, 103408. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103408>
- Flores-Barragan, M. A., Velasco-de León, M. P., & Moreno-Bedmar, J. A. (2023). Avances en el conocimiento de la macroflora de la Formación Tuzanco, Hidalgo, México, Pérmico Inferior. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 40(1), 1–15. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2023.1.1694>
- Hernández-Damián, A. L., Rubalcava-Knoth, M. A., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2023). Aphananthe Planch. (Cannabaceae) flower preserved in the Mexican amber. *Acta Palaeobotanica*, 63(1), 54–64. <https://doi.org/10.35535/acpa-2023-0004>
- Hernández-Hernández, M. J., Cruz, J. A., & Castañeda-Posadas, C. (2020). Paleoclimatic and vegetation reconstruction of the Miocene southern Mexico using fossil flowers. *Journal of South American Earth Sciences*, 104, 102827.
- Hernández-Sandoval, L., Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Hernández-Damián, A. L. (2023). *Nichima* gen. nov. (Alismataceae) based on reproductive structures from the Oligocene–Miocene of Mexico. *American Journal of Botany*, 110(10). <https://doi.org/10.1002/ajb2.16231>
- Instituto de Geología (IG). (2024a). Departamento de Paleontología. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.geologia.unam.mx/departamentos/departamento-paleontologia/comunidad-igl>, Consultado en Enero 2024.
- Instituto de Geología (IG). (2024b). Estacional Regional del Noroeste. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://erno.geologia.unam.mx/>, Consultado en Enero 2024.
- Instituto Politécnico Nacional (IPN). (2024). El portal de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional. Elsevier B. V. <https://ipn.elsevierpure.com/es/persons/emilio-estrada-ruiz>, Consultado en Enero 2024.
- Kerp, H. (1990). The study of fossil gymnosperms by means of cuticular analysis. *Palaios*, 5(6), 548–569. <https://doi.org/10.2307/3514861>
- Kouwenberg, L. L. R., Hines, R. R., & McElwain, J. C. (2007). A new transfer technique to extract and process thin and fragmented fossil cuticle using polyester overlays. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 145, 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.11.002>
- Lindahl, T. (1993). Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature*, 362, 709–715.
- Lindner, T. (2005). Leaf Assemblages, Taphonomy, Paleoclimatology and Paleogeography. In Koutsoukos E. (ed.), *Applied Stratigraphy* (pp. 179–202). Springer.
- Lozano-Carmona, D. E., & Velasco-de León, M. P. (2021). Bennettitales from the Middle Jurassic of northwestern Oaxaca, Mexico: Diversity, sedimentary environments, and phytogeography. *Journal of South American Earth Sciences*, 110, 103404. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103404>

- Lozano-Carmona, D. E., Velasco-de León, M. P., & Jiménez-Rentería, J. (2024). Órganos reproductivos de Bennettitales del Jurásico Temprano de la colección del Museo Geológico Comunitario de Rosario Nuevo "Ing. Jorge Jiménez Rentería", Oaxaca, México. *Paleontología Mexicana*, 13(1), 17–33.
- Lozano-García, S., Torres-Rodríguez, E., Figueroa-Rangel, B., Caballero, M., Sosa-Najera, S., Ortega-Guerrero, B., & Acosta-Noriega, C. (2022). Vegetation history of a Mexican Neotropical basin from the late MIS 6 to early MIS 3: The pollen record of Lake Chalco. *Quaternary Science Reviews*, 297, 15.
- Macginitie, H. D. (1953). Fossil plants of the Florissant beds, Colorado. *Quarterly Review of Biology*, 30, 389 p.
- Montero, Á., & Diéguez, C. (1991). Tipología, problemática y usos de la documentación asociada a las colecciones paleontológicas. *Boletín de la ANABAD*, 41(2), 153–163.
- Montero, Á., & Diéguez, C. (2001). Colecta y Conservación de Fósiles. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(2), 121–126.
- Morales-Toledo, J., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2023). Is biodiversity promoted in rift-associated basins? Evidence from Middle Jurassic conifers from the Otlaltepec Formation in Puebla, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 318, 104952. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.104952>
- Mustoe, G. E. (2018). Mineralogy of Non-Silicified Fossil Wood. *Geosciences*, 8(3), 85p. <https://doi.org/10.3390/geosciences8030085>
- Mustoe G. E. (2023). Silicification of Wood: An Overview. *Minerals*, 13(2), 206p. <https://doi.org/10.3390/min13020206>
- Nip, M., Tegelaar, E. W., Brinkhuis, H., De Leeuw, J. W., Schenk, P. A., & Holloway, P. (1986). Analysis of modern and fossil plant cuticles by Curie point Py-GC and Curie point Py-GC-MS: recognition of a new, highly aliphatic and resistant biopolymer. In Leythausen, D., & Rullkotter, J. (eds), *Advances in organic geochemistry* (Volume 10, 769–778). Organic Geochemistry.
- Ortega-Chávez, E., Velasco-de León, M. P., & Estrada-Ruiz, E. (2021). Nuevo registro xilológico de los géneros fósiles *Agatoxylon* sp. y *Proophyllocladoxylon* sp. del Jurásico Medio de Oaxaca, México. *Paleontología Mexicana*, 10(1), 71–82.
- Pérez-Lara, D. K., Estrada Ruiz, E., & Castañeda-Posadas, C. (2021). *Kingiodendron* and *Enterobium* Eocene Woods from the EL Bosque Formation, Chiapas, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103477. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103477>
- Perrilliat, M. C., Applegate, S. P., & Espinosa-Arrubarrena, L. (1986). Organización y funcionamiento de las colecciones paleontológicas del Museo de Geología del Instituto de Geología de la UNAM. *Revista del Instituto de Geología*, 6(2), 272–274.
- Popa, M. E. (2011). Field and Laboratory techniques in plant compressions; an integrates approach. *Acta Palaentologica Romaniae*, 7, 279–283.
- Scott, A., & Collinson, M. (1983). Investigating fossil plants beds. The origin of fossil plants and their sediments. *Journal of the Association of Teachers of Geology*, 7, 114–122.
- Shute C. H., & Cleal, J. (1986). Cleal Palaeobotany in museums. The geological curator, 4(9), 548–569. <https://doi.org/10.2307/3514861>
- Taylor, T. N., Taylor, E. L., & Krings, M. (2009). *Paleobotany. The biology and evolution of fossil plants*. Elsevier.
- Taylor, T., Krings, M., Dotzler, N., & Galtier, J. (2011). The advantage of thin section preparations over acetate peels in the study of late Paleozoic fungi and other microorganisms. *Palaios*, 26, 239–244. <https://doi.org/10.2110/palo.2010.p10-131r>
- Tomas-Mosso, A., Castañeda-Posadas, C., Cruz, J. A., & Alarcón-Durán, I. (2024). Pleistocene record of mammals and pollen from Mexico (Las Tazas, Valsequillo, Puebla) and their paleoenvironmental interpretation. *Paleontología Electrónica*, 27(1), a15. <https://doi.org/10.26879/1285>
- Tomelleri, I., Butzmann, R., Cleal, C., Forre, G., & Kustatscher, E. (2022). The plant fossils in the paleontological collection of Georg Grasser (1857–1931). *Géologie Alpine*, 19, 71–87.
- Van Bergen, P. F., Collinson, M. E., Scott, A. C., & De Leeuw, J. W. (1995). *Unusual resin chemistry from the Upper Carboniferous pteridosperm resinrodlets*. In ACS Symposium Series based on Amber, resinite and fossil resin, Washington, D.C., American Chemical Society, Anderson, K.B., & Crelling, J.C. (eds.), 149–169.
- Velasco-de León, M. P., Ortiz-Martínez, E. L., Lozano-Carmona, D. E., & Flores-Barragán, M. A. (2019). Paleofloristic Comparison of the Ayuquila and Otlaltepec basins, Middle Jurassic, Oaxaca, México. *Journal of South American Earth Sciences*, 93, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.04.008>
- Velasco-de León, M. P., Ortiz-Martínez, E. L., Lozano-Carmona, D. E., Flores-Barragan, M. A., Arellano-Gil, J., & Santillán-Piña, N. (2020). Paleofloristic diversity and paleoenvironmental interpretation of new Cisuralian localities in the south-central sector of the Anticlinorium of Huayacocotla, Hidalgo, Mexico. *Geobios*, 63, 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2020.07.004>
- Velasco-de León, M. P., Guzmán-Madrid, D. S., Albarrán-Almaraz, E. E., & Montijo-González, A. (2023). *La colección de cutículas fósiles de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México*. En Convención Geológica Nacional, Ciudad de México, Sociedad Geológica Mexicana.
- Villanueva-Amadoz, U., Gerwet-Navarro, M., Juncal, M. A., & Diez, J. B. (2020). Paleobotanical and Palynological evidence for the age of the Matzitzi Formation, Mexico. *Comptes Rendus Géoscience – Sciences de la Planète*, 352(6-7), 515–538. <https://doi.org/10.5802/crgeos.33>