



Artículo original / Original article

## Madera fosilizada en la Amazonía de Madre de Dios - Perú, su anatomía y su edad a través de C14

### Fossilized Wood in the Amazon of Madre de Dios - Peru, its anatomy and its age through C14

Leif Armando Portal-Cahuana <sup>1\*</sup>; Percy Amilcazar Zevallos-Pollito <sup>2</sup>; Erick Alberto Grandez-Piña <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo - Brasil

<sup>2</sup> Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado - Perú

Recibido: 05/04/2022

Aceptado: 25/06/2022

Publicado: 25/07/2022

\*Autor de correspondencia: leifportal@usp.br

**Resumen:** Los fósiles de madera son un recurso importante para conocer información del pasado, sin embargo, se conoce muy poco de la madera fosilizada en la Amazonía peruana, que especies existieron y de qué época son. Aquí describimos anatómicamente y por primera vez un fragmento de madera y determinamos su antigüedad mediante C14. La muestra encontrada proviene de la zona minera de San Bernardo en la región de Madre de Dios en Perú. Los resultados muestran que el fragmento de madera fosilizada pertenece a una especie latifoliada principalmente por la presencia de vasos, con presencia de porosidad difusa, textura media y parénquima aliforme. Sobre la determinación de la antigüedad del fragmento, lamentablemente los análisis mostraron que el carbono del fragmento ha sido completamente reemplazado, razón por la cual no se pudo determinar su antigüedad mediante C14. Estos resultados resaltan la importancia de realizar esta clase de estudios en la Amazonía peruana.

**Palabras clave:** fósil; latifoliada; paleoxilología; radiocarbono

**Abstract:** Wood fossils are an important resource for knowing information about the past, however, very little is known about fossilized wood in the Peruvian Amazon, what species existed and what time they are from. Here we anatomically describe a wood fragment for the first time and determine its age using C14. The sample found comes from the San Bernardo mining area in the Madre de Dios region of Peru. The results show that the fossilized wood fragment belongs to a broadleaf species mainly due to the presence of vessels, with the presence of diffuse porosity, medium texture and aliform parenchyma. Regarding the determination of the age of the fragment, unfortunately, the analysis showed that the carbon of the fragment has been completely replaced, which is why its age could not be determined by means of C14. These results highlight the importance of carrying out this kind of study in the Peruvian Amazon.

**Keywords:** fossil; paleoxylogy; broadleaved; radiocarbon

## 1. Introducción

La paleoixilología, es el estudio de la anatomía de las maderas fósiles con el uso del microscopio, se remonta a Whitman quien en 1831 utilizó por primera vez las técnicas de cortes delgados (Herbst et al., 2007). De este punto para adelante se empiezan a estudiar en el mundo las maderas fosilizadas a nivel anatómico.

Estudios de paleoixilología en América del Sur se han reportado, como por ejemplo en el registro de maderas fósiles de Leguminosae en todo el continente (Pujana et al., 2011), en Argentina (Herbst et al., 2007; Ramos et al., 2014; Pujana et al., 2014; Franco, 2014; Ramos et al., 2017), en Brasil (Capretz & Rohn, 2013; Kurzawe et al., 2013; Benicio et al., 2016; Benício et al., 2016; Kloster et al., 2017), en Chile (Pujana et al., 2022) y en Perú (DeVries et al., 2017; Woodcock et al., 2017; Martínez et al., 2020).

Sobre la madera fosilizada o petrificada en el Perú se conocen dos lugares, el bosque petrificado Piedra Chamana ubicado en los Andes del Norte del Perú cerca del Pueblo de Sexi en la región de Cajamarca (Woodcock et al., 2017) y el bosque petrificado de Negritos, que está ubicado a 1 kilómetro al norte de Negritos en dirección a la provincia de Talara en la región de Piura (DeVries et al., 2017). Estos lugares con cantidades considerables de madera fosilizada aún no han sido estudiados a profundidad lo que actualmente causa su abandono y destrucción por parte de las poblaciones aledañas. Además, es necesario ampliar las investigaciones en otras partes del Perú para conocer cómo estaban conformados los bosques del pasado.

En la región de Madre de Dios fueron encontrados tres fragmentos de tallo fósil, recogidos en la orilla del río Madre de Dios, describiéndolo e identificándose como *Guadua* sp. Siendo el primer macrofósil evidenciado en la Amazonia de la presencia de bambú espinoso del pleistoceno tardío (Olivier et al., 2009) sin embargo aún no se ha reportado madera fosilizada en la región de Madre de Dios.

Aquí presentamos una evaluación de la madera fosilizada en la Amazonía de Madre de Dios - Perú, su anatomía y su edad a través de C14. Para ello realizamos la caracterización de la muestra fosilizada, describimos la anatomía macroscópica y determinamos la edad de la muestra a través del carbono 14. Específicamente abordamos las siguientes preguntas: (a) ¿Cuáles son las características de la muestra de madera fosilizada? (b) Cuáles son las características macroscópicas de la madera fosilizada? (c) ¿Cuál es la edad estimada a través del método de carbono 14? Abordamos estas preguntas utilizando una muestra de madera fosilizada.

## 2. Materiales y métodos

**Área de Estudio.** Se colectó la muestra de madera fosilizada en el bosque tropical de la región de Madre de Dios, en el sur oriente del Perú. Específicamente en la zona minera de la Comunidad San Bernardo, ubicado en la provincia y distrito de Tambopata a 29 Km de la carretera Interoceánica Sur dirección Puerto Maldonado - Cusco margen derecho a 12.57°S y 69.27°W. El tipo de bosque del área de estudio es Bosque húmedo - Subtropical (Bh-S) (IIAP, 2001). Dicha muestra fue recolectada en noviembre del 2018.

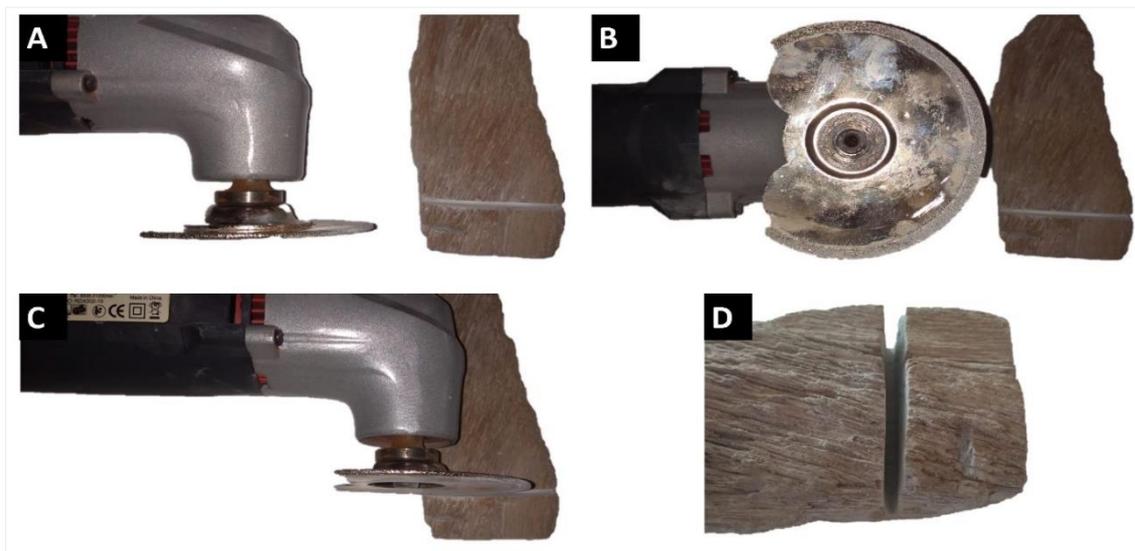
**Recolección de la muestra.** Se buscaron muestras fosilizadas en las áreas dejadas por la extracción de oro, en los huecos y depósitos de piedras generados al final del proceso de extracción del mineral. Para dicho propósito utilizamos una lupa de 10x, un martillo y un saco de polietileno. Se procedió con observar las muestras tratando de identificar alguna característica leñosa que se pudo reconocer para después en gabinete analizarlo y confirmar o descartar si era una muestra fosilizada.

**Caracterización de la muestra.** Se realizó una caracterización de la muestra estudiada del fragmento encontrado en la zona minera de la Comunidad San Bernardo, donde se tomaron las

dimensiones, se registraron fotos de los diferentes ángulos de la muestra fosilizada, además de realizar el pesado de la muestra. Caracterizando los aspectos más resaltantes.

**Estudio Anatómico.** Del ejemplar del fragmento de fósil, se seleccionó y orientó una submuestra donde se pueda observar los cortes: Transversal, tangencial y radial. Un bloque de muestra de aproximadamente 2 cm x 2 cm x 2 cm.

La segmentación y corte de la muestra se realizó mediante una herramienta de vibración “The Renovator”, que cuenta con una oscilación de 8500 a 21000 veces por minuto suficiente para cortar el fósil dicha herramienta fue acoplada a una hoja semicircular diamantada (BDL, 2012) (Figura 1).

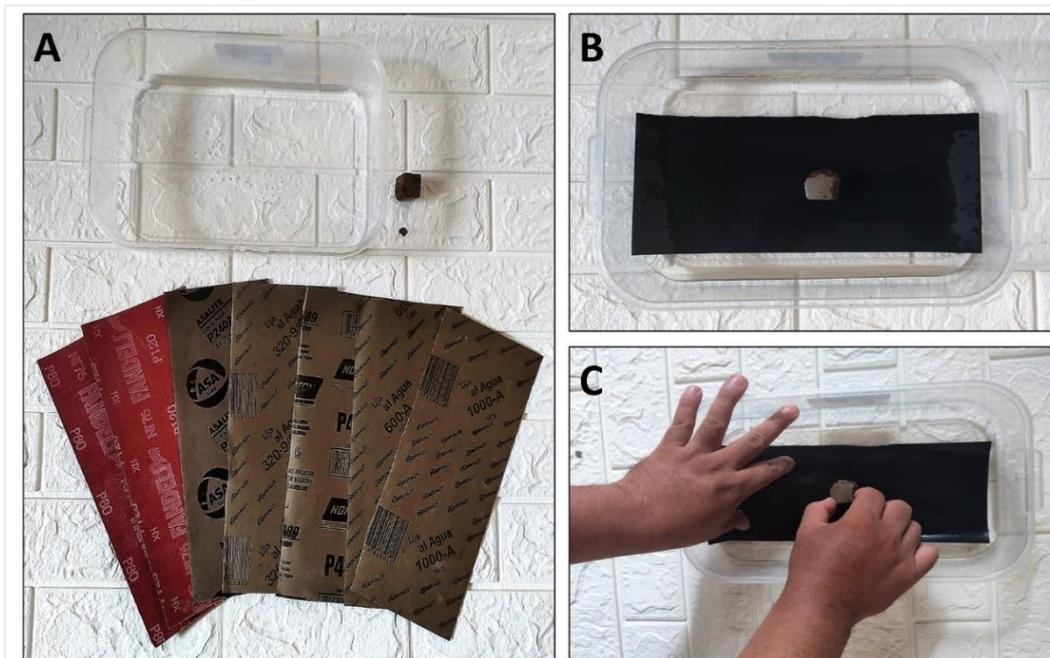


**Figura 1.** Proceso del corte

- A) Herramienta de corte y sub muestra del fósil.
- B) Mostrando la hoja semicircular diamantada.
- C) Cortando la sub muestra.
- D) Sub muestra cortada.

El bloque obtenido con la Renovator fue lijado y pulido con lijas de agua de diferente granulometría (80, 120, 240, 320, 400, 600 y 1000 gr/mm<sup>2</sup>) este proceso se realizó debajo del agua utilizando un recipiente donde contenía el agua dimensionando el tamaño de la lija y colocando la muestra en la superficie que se lijó moviendo la muestra de arriba para abajo (Figura 2), en una fuerza constante de manera manual, realizando 60 movimientos por número de lija, esta metodología se adaptó de una propuesta para el pulido de raíces y tallos para análisis macroscópico (Barbosa et al., 2021).

Para la descripción, obtención de macrofotografías en los diferentes tipos de corte, se utilizó un microscopio portátil provisto con cámara incorporada. Las descripciones y terminologías que se emplearon siguieron las recomendaciones de IAWA para la identificación de madera dura (Angyalossy Alfonso et al., 1989). Dicho proceso se realizó en el Laboratorio de Anatomía, Identificación y Densitometría de rayos X en Madera de la Universidad de Sao Paulo, en la Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.



**Figura 2.** Proceso de lijado y pulido de la submuestra de fósil

- A) Materiales utilizados para el proceso de lijado y pulido.
- B) Recipiente con la lija y la submuestra de fósil.
- C) Lijado de la submuestra.

**Datación C14.** La datación C14 de la muestra fósil, se realizó por el Laboratorio Beta Analytic Inc., ubicado en Miami, Florida, Estados Unidos. Donde se envió una pieza de 50 gramos del material para ser analizados, dicha muestra fue enviada mediante la empresa Express Worldwide WPX DHAL desde la ciudad de Puerto Maldonado en Perú hasta Miami Florida en Estados Unidos.

Dicha muestra fue pretratada para eliminar todo el potencial contaminante. El pretratamiento previo que se aplicó a las muestras es importante porque esta puede afectar directamente al resultado final (BETA, 2022b).

Para enviar el material al laboratorio Beta en los Estados Unidos, se utilizó una bolsa con cierre zip, la etiqueta de identificación de la muestra se imprimió y se adhirió al exterior de la bolsa.

La técnica que se aplicó en el laboratorio fue la datación radiométrica (C14) que es una técnica empleada en la estimación de la edad absoluta (numérica) de materiales geológicos tales como minerales o materia orgánica, que se logra a partir de isótopos radiactivos; los cuales se fundamentan en las series de desintegración de isótopos con tasas constantes de decaimiento radioactivo (BETA, 2022a).

**Procesamiento de datos y Análisis estadístico.** Las características de la madera fosilizada se describieron de manera general, las características macroscópicas se describieron a detalle complementado con imágenes, todos estos aspectos fueron sistematizados. Al ser un estudio básico de carácter cualitativo no se utilizó ningún software estadístico.

### 3. Resultados y discusión

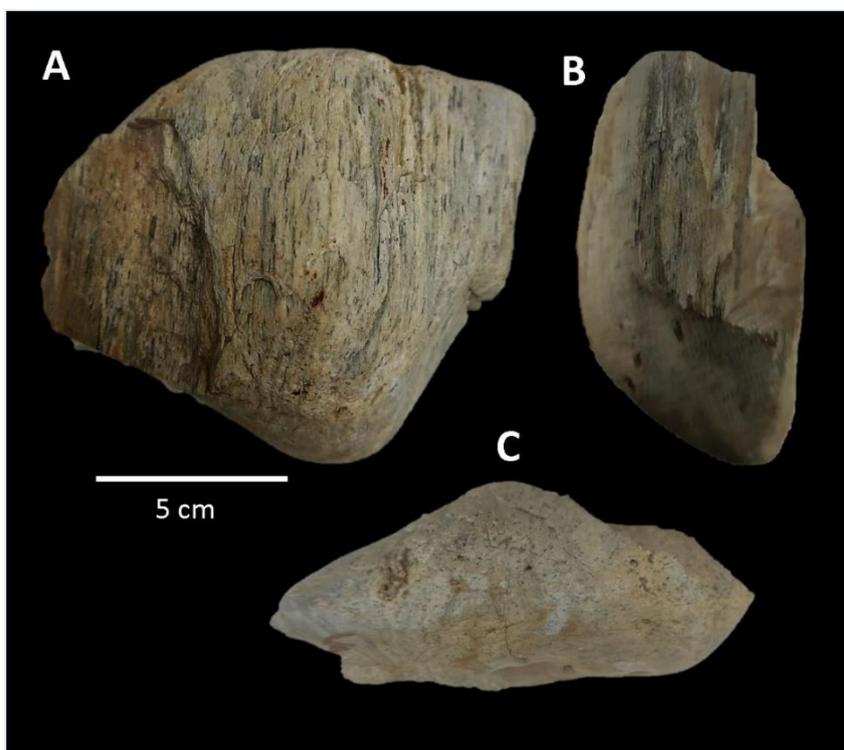
#### 3.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

Seguidamente, se presentan los resultados del estudio de la madera fósil, mostrándose en función a los objetivos planteados. Es necesario resaltar que es el primer fósil reportado y descrito en la región de Madre de Dios sobre una especie dicotiledónea; esto abre la puerta a más estudios y reportes al respecto de la paleoecología.

### 3.2. Caracterización de la muestra de madera fosilizada

La muestra de madera fosilizada encontrada en la zona minera de San Bernardo en la región de Madre de Dios es un fragmento de fósil de madera que perteneció a una planta latifoliada (hoja ancha) por la presencia de vasos en el corte transversal de la muestra. Estos vasos son estructuras que ocurren en las latifoliadas (angiospermas) siendo el principal elemento de diferenciación entre las coníferas (gimnospermas) (Nisgosky, 2016; Díaz et al., 2019).

Presenta una dimensión de 9,3 x 11,2 cm, con un peso de 438 g. Se puede visualizar los diferentes tipos de cortes, donde en la parte superior se distingue el corte transversal, en la parte frontal el corte tangencial y por último en la parte lateral el corte radial (Figura 3).



**Figura 3.** Diferentes vistas del fragmento de madera fosilizada en la zona minera de la Comunidad San Bernardo, Madre de Dios - Perú

- A) Vista frontal.
- B) Vista lateral.
- C) Vista superior.

### 3.3. Caracterización de la anatomía de la madera

El fragmento de madera fosilizada presenta a nivel macroscópico se puede distinguir en el corte transversal: porosidad difusa, donde los vasos son mayormente solitarios y escasamente múltiples radiales de 2, 3 y 4. Los anillos de crecimiento se llegan a distinguir diferenciados por el achatamiento de las fibras y disminución de los vasos. Presenta una textura media, radios

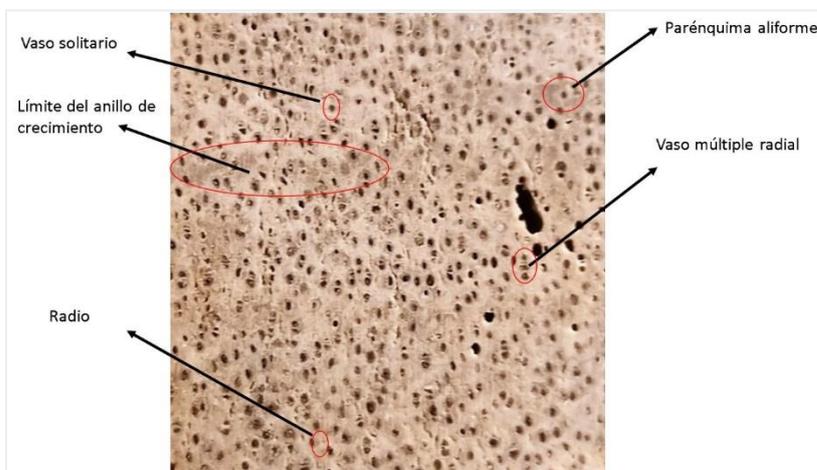
medios. El tejido parenquimático es del tipo paratraqueal aliforme y confluyente romboide (Figura 4).

En el corte tangencial se visualiza las líneas vasculares, no se puede distinguir se presenta o no estratificación en los radios. En el corte radial se puede observar ligeramente el contraste de los radios y también las líneas vasculares. En la Figura 5, se muestran las imágenes macroscópicas de la muestra donde se obtuvieron las diferentes imágenes en los diferentes tipos de cortes.



**Figura 4.** Imágenes macroscópicas

- A) Fragmento de muestra donde se tomaron las macrofotografías.
- B) Corte transversal.
- C) Corte tangencial.
- D) Corte radial. B1, C1.
- D1) Imágenes ampliadas que muestran mayor detalle del fósil.



**Figura 5.** Se detallan algunas características del corte transversal

Como en la mayoría de los fósiles encontrados en América del Sur (Ramos et al., 2014; Pujana et al., 2014; Benicio et al., 2016; Ramos et al., 2017) y fundamentalmente porque el fragmento de madera fosilizada analizada presentan vasos que es la característica evolutiva diferente de las coníferas (Santini et al., 2021), este ejemplar pertenece a una latifoliada sin embargo hay algunos estudios en el continente que repostan algunas coníferas principalmente de la familia botánica Araucariaceae (Kunzmann, 2007; Pujana et al., 2022) y hasta el reporte de una monocotiledónea perteneciente a la familia botánica Poaceae (Olivier et al., 2009).

Estudios de madera fosilizadas en el estado de Acre en el Brasil frontera con el departamento de Madre de Dios en el Perú, encontraron especies fosilizadas en la cuenca del río Acre, pertenecientes a la familia de Calophyllaceae y Combretaceae, mostrando que es posible encontrar fósiles en la Amazonía, describiendo los fragmentos de madera sin determinar su antigüedad (Kloster et al., 2017).

Realizando futuros estudios microscópicos (mediciones microscópicas y registros fotográficos) del fragmento de madera fosilizada se podrá llegar a la familia botánica, y con esta información usar el registro internacional de fósiles de maderas.

### 3.4. Determinación de la edad de la muestra fosilizada

Sobre la determinación de la edad (antigüedad) del fragmento de muestra fosilizada, el Laboratorio BETA, después de realizar el análisis de C14 informó que la muestra se encuentra fosilizada y el carbono en el material ha sido completamente reemplazado, por lo cual la datación de dicho fragmento de la zona de la comunidad de San Bernardo no fue posible. Y al no contar con otras muestras para enviar al laboratorio de radiocarbono en la presente investigación no se pudo determinar la antigüedad con la metodología de C14 (material suplementario).

La madera está compuesta químicamente por los principales elementos existenciales que son Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O) y Nitrógeno (N), teniendo entre 49-50% de Carbono (Klock & Sulato de Andrade, 2013). Una de las suposiciones principales en la datación de radiocarbono es que, al momento de la muerte este caso del árbol es también el cese del intercambio de carbono con la biósfera. Sin embargo, cuando el proceso de fosilización de la madera es muy avanzado o prolongado el material orgánico que contiene la madera puede ser intercambiado en su totalidad por los minerales donde está depositado el material, en ese caso la determinación de la edad por C14 no es posible (Keenan, 2021; Scharlotta & Daniels, 2020)

Además, el hecho de no poder determinar la antigüedad del fragmento de madera fosilizada de la zona minera de la Comunidad San Bernardo mediante C14, no minimiza la presente investigación, sino que es todo lo contrario, impulsa a seguir colectando y reportando más muestras de madera fosilizada y así poder tener más posibilidades para determinar su antigüedad. Este estudio impulsa no solo buscar madera fosilizada sino también otros organismos vivos que pudieron ser fosilizados en la Amazonía de Madre de Dios.

Por otra parte, no todos los estudios con madera fosilizada reportan su antigüedad sino el reporte es lo más importante como observados en diversos estudios (DeVries et al., 2017; García-Hernández et al., 2016; Woodcock et al., 2017). Por ejemplo, en la investigación de Martínez et al. (2020), resaltan la importancia de realizar registros fósiles de las plantas para inferir en el clima del pasado, presente y futuro, estudio realizado en el Altiplano Andino Central del Perú.

## 4. Conclusiones

Conseguimos describir por primera vez un fragmento de madera fósil en la región de Madre de Dios en el Suroriente del Perú, que pertenece a una latifoliada por la presencia de vasos en el corte transversal. Por aspecto propios a la fosilización del fragmento no se pudo determinar la antigüedad mediante C14, sin embargo, es un campo nuevo de investigación en esta región tropical del país. Sugerimos que las investigaciones adicionales se centren en la búsqueda de más

fósiles y poder determinar su antigüedad que nos pueda ayudar a entender como era los bosques en la antigüedad.

## Financiamiento

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, con Resolución N° 160-2019-UNAMAD-VRI.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no incurren en conflicto de intereses.

## Contribución de autores

P-C, L. A. y G-P, E. A.: Conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final).

P-C, L. A., Z-P, P. A. y G-P, E. A.: Metodología, investigación, curación de datos, redacción (revisión y edición).

## Referencias bibliográficas

- Angyalossy Alfonso, V., Baas, P., Carlquist, S., Peres Chimelo, J., Rauber Coradin, V. T., Détienne, P., Gasson, P. E., Grosser, D., Ilic, J., Kuroda, K., Miler, R. B., Ogata, K., Richter, H. G., Welle, B. j. H., & Wheeler, E. (1989). *Iawa list of microscopic features for Hardwood Identification with an Appendix on non-anatomical information*. 10(3), 219–232. <https://www.iawa-website.org/uploads/soft/Abstracts/IAWA list of microscopic features for hardwood identification.pdf>
- Barbosa, A. C. F., Gerolamo, C. S., Lima, A. C., Angyalossy, V., & Pace, M. R. (2021). Polishing entire stems and roots using sandpaper under water: An alternative method for macroscopic analyses. *Applications in Plant Sciences*, 9(5), 11421. <https://doi.org/10.1002/aps3.11421>
- BDL. (2012). *The Renovator Multi-Tool Safety and Operating Manual* (p. 37). Brand Developers Limited. <https://branddevelopers.blob.core.windows.net/media-production/2709/multi-tool-manual.pdf>
- Benicio, J. R. W., Pires, E. F., Da Rosa, Á. A. S., Spiekermann, R., Uhl, D., & Jasper, A. (2016). A new fossil Fabaceae wood from the Pleistocene Touro Passo Formation of Rio Grande do Sul, Brazil. *Fossil Imprint*, 72(3–4), 251–264. <https://doi.org/10.14446/FI.2016.251>
- Benício, J. R. W., Spiekermann, R., Manfroi, J., Uhl, D., Pires, E. F., & Jasper, A. (2016). Palaeoclimatic inferences based on dendrological patterns of permineralized wood from the Permian of the Northern Tocantins Petrified Forest, Parnaíba Basin, Brazil. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 96(2), 255–264. <https://doi.org/10.1007/s12549-015-0218-8>
- BETA. (2022a). *Aproveche la experiencia en datación por radiocarbono de Beta Analytic*. Beta Analytic Testing Laboratory. <https://www.radiocarbon.com/>
- BETA. (2022b). *Que es el carbono 14 y como funciona*. Beta Analytic Testing Laboratory. <https://www.radiocarbon.com/espanol/sobre-carbono-datacion.htm>
- Capretz, R. L., & Rohn, R. (2013). Lower Permian stems as fluvial paleocurrent indicators of the Parnaíba Basin, northern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 69–82.

- <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.12.007>
- DeVries, T. J., Urbina, M., & Jud, N. A. (2017). The Eocene-Oligocene Otuma Depositional Sequence (East Pisco Basin, Peru): Paleogeographic and Paleoceanographic Implications of New Data. *Boletín de La Sociedad Geológica Del Perú*, 112, 14–38.  
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/BSGP-112-14.pdf>
- Díaz, A., Huanay, J., Medina, R., Aylas, A., & Paucar, J. (2019). Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno. *Arnaldoa*, 26(2), 595–606.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2413-32992019000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2413-32992019000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Franco, M. J. (2014). Estípites de Arecaceae en la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Entre Ríos, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 26(1), 14–29.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/18832>
- García-Hernández, I. P., Estrada-Ruiz, E., & Martínez-Cabrera, H. I. (2016). Maderas fósiles de la Formación San Carlos (Cretácico Superior), Chihuahua, México. *Botanical Sciences*, 94(2), 269–280. <https://doi.org/10.17129/botsci.438>
- Herbst, R., Brea, M., Crisafulli, A., Gnaedinger, S., Lutz, A. I., & Martinez, L. C. A. (2007). La Paleoxilología en la Argentina. Historia y desarrollo Rafael. *Asociación Paleontológica Argentina*, 4(1), 57–71.  
[https://www.academia.edu/23694657/La\\_Paleoxilología\\_en\\_la\\_Argentina\\_Historia\\_y\\_desarrollo](https://www.academia.edu/23694657/La_Paleoxilología_en_la_Argentina_Historia_y_desarrollo)
- IIAP. (2001). *Madre de Dios, camino al desarrollo sostenible: Propuesta de zonificación ecológica económica como base para el ordenamiento territorial* (1st ed.). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Keenan, S. W. (2021). Fossilization. In *Encyclopedia of Geology* (pp. 1–11). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12067-6>
- Klock, U., & Sulato de Andrade, A. (2013). *Química da Madeira* [Universidade Federal Do Paraná]. <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica da Madeira 2013.pdf>
- Kloster, A., Gnaedinger, S., & Adami-Rodrigues, K. (2017). Nuevos registros de maderas del Mioceno de la Formación Solimões, Cuenca de Acre, Amazonia, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 20(3), 383–404. <https://doi.org/10.4072/rbp.2017.3.09>
- Kunzmann, L. (2007). Araucariaceae (Pinopsida): Aspects in palaeobiogeography and palaeobiodiversity in the Mesozoic. *Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology*, 246(4), 257–277. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2007.08.001>
- Kurzawe, F., Iannuzzi, R., Merlotti, S., Röbber, R., & Noll, R. (2013). New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part I: Ductoabietoxylon, Scleroabietoxylon and Parnaiboxylon. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 195, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.12.004>
- Martínez, C., Jaramillo, C., Correa-Metrío, A., Crepet, W., Moreno, J. E., Aliaga, A., Moreno, F., Ibañez-Mejía, M., & Bush, M. B. (2020). Neogene precipitation, vegetation, and elevation history of the Central Andean Plateau. *Science Advances*, 6(35).  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz4724>
- Nisgosky, S. (2016). *Anatomia da Madeira* [Universidade Federal do Paraná]. <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/APOSTILA-ANATOMIA-1P-2016.pdf>
- Olivier, J., Otto, T., Roddaz, M., Antoine, P.-O., Londoño, X., & Clark, L. G. (2009). First macrofossil evidence of a pre-Holocene thorny bamboo cf. *Guadua* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae) in south-western Amazonia (Madre de Dios –

- Peru). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 153(1-2), 1-7.  
<https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2008.06.001>
- Pujana, R., Bostelmann, J. E., Ugalde, R. A., Riquelme, M. P., & Torres, T. (2022). Fossil woods from the Pato Raro Heights, Patagonia National Park, Aysén, Chile: A new paleobotanical assemblage at the Oligocene climate transition. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 104814. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2022.104814>
- Pujana, R., Martínez, L., & Brea, M. (2011). El registro de maderas fósiles de Leguminosae de Sudamérica roberto. *Revista Del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 13(2), 183-194. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.13.221>
- Pujana, R., Martínez, L., Massini, J. L. G., Di Iorio, O., & Steinhardt, A. P. (2014). Legume (Mimosoideae) fossil woods from the Late Miocene (Salicas Formation) of northwestern Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 17(3), 317-326. <https://doi.org/10.4072/rbp.2014.3.04>
- Ramos, R. S., Brea, M., & Kröhling, D. (2017). Malvaceous wood from the Late Pleistocene El Palmar Formation of northeastern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 246, 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.07.004>
- Ramos, R. S., Brea, M., & Pardo, R. (2014). A new fossil wood of Peltophoroxyton (Leguminosae: Caesalpinioideae) from the El Palmar Formation (late Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. *IAWA Journal*, 35(2), 199-212. <https://doi.org/10.1163/22941932-00000060>
- Santini, L. J., Monteiro Borges Florsheim, S., & Tommasiello Filho, M. (2021). *Anatomia e Identificação da Madeira de 90 Espécies Tropicais comercializadas em São Paulo*. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.973210801>
- Scharlotta, I., & Daniels, J. T. (2020). Pointing at fossils: pXRF identification of a fossilized shell projectile point. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102184. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102184>
- Woodcock, D. W., Meyer, H. W., & Prado, Y. (2017). The Piedra Chamana fossil woods (Eocene, Peru). *IAWA Journal*, 38(3), 313-365. <https://doi.org/10.1163/22941932-20170175>