

**ESTUDIO DE UN LEÑO FÓSIL DE LA FORMACIÓN SAN ANTONIO Y SU
RELACION CON EL PALEOCLIMA DEL VALLE DEL MAGDALENA MEDIO**

DIEGO ALEJANDRO LONDOÑO LEMOS

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
MANIZALES**

2022

**ESTUDIO DE UN LEÑO FÓSIL DE LA FORMACIÓN SAN ANTONIO Y SU
RELACION CON EL PALEOCLIMA DEL VALLE DEL MAGDALENA MEDIO**

DIEGO ALEJANDRO LONDOÑO LEMOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Geólogo

Director:

MARIO MORENO SÁNCHEZ, PhD.

Geólogo

**UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
MANIZALES**

2022

Nota de trabajo

M - M - S

Mario Moreno Sánchez, PhD.

Director de trabajo de grado

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, especialmente a mis padres Clara Elisa y Jaime y a mi hermana Viviana por siempre estar ahí a mi lado, apoyándome y dándome fuerzas cuando yo más lo necesitaba.

A los profesores Mario, Alexander y Arley por su acompañamiento durante la creación de este trabajo.

A los docentes de la Universidad de Caldas por los conocimientos que me inculcaron durante mi trayecto por la universidad y por el tiempo que invirtieron preparándome para la vida profesional.

A mis compañeros estudiantes por el tiempo que compartí con ellos durante mi formación en la universidad y las memorias que formé a su lado.

RESUMEN

El registro paleobotánico de la Formación San Antonio del Grupo Honda (Mioceno medio) no ha suficientemente estudiado lo que ha dejado vacíos importantes en el conocimiento de los ecosistemas boscosos y el paleoclima que dominaba esta región. La edad de la Formación San Antonio se basó en su correlación con segmentos similares del Grupo Honda con edad aproximada de 11.6 y 13.5 Ma. Para este trabajo se recolectaron dos fragmentos de madera fosilizada en el borde de carretera de la vía Guaduas-Honda, en cercanía del municipio de Honda, Tolima. Posteriormente se realizaron los cortes convencionalmente usados para la identificación de maderas: transversal, longitudinal-radial y longitudinal-tangencial. El espécimen se identificó como *Goupioxylon stützeri*, una planta cuyo pariente más cercano habita zonas de bosque húmedo tropical muy diferente al área donde se recolectó la muestra, una zona de bosque seco tropical. En la descripción macroscópica de estructuras de perforación que podrían ser comparables con la de escarabajos perforadores de madera (“*beetle burrows*” o madrigueras de escarabajos). Durante el Mioceno el planeta experimentó grandes variaciones de temperatura con periodos de alta y baja humedad. El espécimen estudiado proviene de una fase húmeda. El leño fue depositado en un río trezado de fondo de grava somero, aunque no se descartan corrientes de mayor profundidad. Gracias a la identificación de estas maderas podemos confirmar un cambio en el valle del Magdalena medio hacia climas más secos, dando lugar a los bosques secos tropicales que actualmente lo cubren.

Palabras clave: Madera fosilizada, Grupo Honda, Mioceno medio, bosque húmedo tropical, bosque seco tropical.

ABSTRACT

The paleobotanical record of the San Antonio Formation of the Honda Group (middle Miocene) has been little studied, leaving gaps in the knowledge of the forest ecosystems and the climate that prevailed in this region. By using other dated formations of the Honda group, we were able to determine the age of the San Antonio Formation, with an approximate age of 11.6 to 13.5 My. For this paper, we collected two fragments of fossilized wood on the roadside of the Guaduas-Honda highway, near the municipality of Honda, Tolima. Subsequently, we used conventional microscopic cuts to examine the wood: transversal, longitudinal-radial and longitudinal-tangential. Additionally, macroscopic descriptions of perforation structures were made, which we later conclude could be caused by wood-boring beetles (beetle burrows). The specimen was identified as *Goupioxylon stützeri*, a plant whose closest relative inhabits tropical humid forest biomes very different from where the sample was collected, a tropical dry forest biome. In the Miocene, the planet experienced large temperature variations that generated periods of high and low humidity; the studied specimen comes from one of these humid periods and was deposited in a braided river with shallow gravel beds, although currents of greater depth are not ruled out. Thanks to the identification of these woods, we can confirm a change in the middle Magdalena valley towards drier climates, giving rise to the tropical dry forests that currently cover it.

Key Words: fossilized wood, Honda Group, middle Miocene, tropical humid forest, tropical dry forests.

TABLA DE CONTENIDO

1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>OBJETIVOS</u>	2
2.1 <u>Objetivo general</u>	2
2.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
3. <u>LOCALIZACIÓN</u>	3
4. <u>MARCO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO</u>	4
5. <u>MARCO TEÓRICO</u>	6
5.1 <u>FOSILIZACIÓN</u>	6
5.2 <u>ICNOFÓSIL</u>	7
5.3 <u>ANATOMÍA DE MADERAS</u>	8
6. <u>METODOLOGÍA</u>	13
6.1 <u>Trabajo de campo</u>	13
6.1.1 <u>Recolección del material</u>	13
6.1.2 <u>Visitas a zona de extracción</u>	13
6.2 <u>Trabajo de laboratorio</u>	13
6.2.1 <u>Preparación y estudio del material</u>	13
6.2.2 <u>Análisis de datos obtenidos</u>	14
6.2.3 <u>Elaboración del informe</u>	14
7. <u>RESULTADOS</u>	15
7.1 <u>ANÁLISIS FACIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO</u>	15
7.2 <u>TAXONOMÍA DEL ESPÉCIMEN</u>	17
7.2.1 <u>Descripción</u>	17
7.2.2 <u>Otras características del espécimen</u>	18

<u>7.3</u>	<u>COMPARATIVA CON ESPECIE MODERA</u>	22
<u>8.</u>	<u>DISCUSIÓN</u>	24
<u>9.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	26
<u>10.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	27
<u>10.1</u>	<u>Bibliografía</u>	27
<u>10.2</u>	<u>Páginas Web</u>	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Detalle geográfico de la zona de estudio. Se muestra la zona de estudio en el departamento de Tolima, municipio de Honda. El punto rojo muestra la zona de colecta.	3
Figura 2 El material estudiado en este trabajo es un caso típico de silicificación, Escalas graficas de 5 cm.	7
Figura 3 Tipos de cortes convencionales de la madera.	9
Figura 4 Sistema de orientación de las células.	10
Figura 5 Orientación de las diferentes micro-estructuras de una planta vascular, en azul los cortes convencionales de la madera. Tomado de Camefort (1977).	11
Figura 6 Análisis facial de la zona de estudio. SI (arenitas con estratificación inclinada de ángulo bajo), Sh (arenitas con estratificación paralela), St (arenitas con estratificación inclinada en artesa), Gt (conglomerados con estratificación inclinada en artesa); GB (barras de gravas), DA (macroforma de acreción corriente-abajo). Datos estructurales del sector N8°W/26°NE	16
Figura 7 <i>Goupioxylon stützeri</i> . parénquima radial en corte longitudinal-tangencial en el espécimen UCAL-2795. A mala preservación y B buena preservación. Escalas graficas de 50µm.	17
Figura 8 <i>Goupioxylon stützeri</i> . A , corte longitudinal-tangencial, vaso (1), células de parénquima radial (2), fibras (3); B , corte longitudinal-radial; C , corte transversal. Escala gráfica de 200µm.	19
Figura 9 Muestra UCAL-2795. A , parénquimas radiales en corte longitudinal-tangencial, células procumbentes (1), células verticales (2); B , células verticales en corte longitudinal-radial; C , células procumbentes en corte longitudinal-radial; D , vaso en corte longitudinal-radial, placa perforada escaleriforme (flecha blanca); E , una placa perforada en corte longitudinal-tangencial; F , corte transversal, vaso (1), parénquimas axiales (2), fibras (3), parénquima radial o radio (4); G , fibras en corte longitudinal-radial (flecha); H y I , vasos en corte longitudinal radial con rastros de placas perforadas, burbujas producto de tilosis (flechas blancas). Escala gráfica: D de 500µm; A y H de 200µm; G y I de 100µm; B, C, E y F de 50µm.	20
Figura 10 Muestra UCAL-2794. A , Potencial muestra de corteza preservada; B , C y D perforaciones en la madera posibles “beetle burrows”; E , contra molde de una estructura de perforación. Escala gráfica A, B y D de 3cm; C y E de 5cm.	21
Figura 11 Mapa de Colombia con la distribución de <i>Goupia glabra</i> , en el punto rojo está el área de recolección del fósil. Tomado de Royal Botanic Garden Kew, Plants of the world online.	22
Figura 12 <i>Goupia glabra</i> . A , corte longitudinal-tangencial; B , corte longitudinal-radial; C , corte transversal. Escala grafica de 100µm. Tomado y modificado de tropicaltimber.info	24

1. INTRODUCCIÓN

El registro paleobotánico de Colombia, especialmente en la región del Grupo Honda, es escaso hasta el punto de solo tener registrada una única especie en la Formación San Antonio, por Schönfeld (1947). Esta planta cuenta con pocas publicaciones a la fecha, ninguna de ellas en español, siendo la más detallada Mirioni (1965), quien registro la especie en el departamento de Bolívar.

Es pues necesario un estudio más detallado de la paleoflora en la región del valle del Magdalena medio, especialmente en las cercanías de la localidad de Honda, donde se encontró el espécimen a examinar. El estudio de la paleoflora, es una herramienta útil para determinar el clima que dominaba las áreas en donde las plantas proliferaron, dándonos un mejor entendimiento del ecosistema y los diferentes nichos ecológicos que existieron en la región.

En este trabajo se presenta un estudio anatómico de un leño fósil proveniente de las arenitas de la Formación San Antonio del Grupo Honda y se compara con equivalentes modernos con el fin de establecer el clima que predominaba en la región durante el tiempo en que el espécimen lo habitó y los posibles cambios que han ocurrido a la fecha.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Describir e identificar los restos de madera fosilizada recolectados en la Formación San Antonio, en las cercanías del municipio de Honda, Tolima y comparar entre los hábitats de la especie fósil y modernas, para determinar los cambios en el ecosistema del valle del Magdalena medio.

2.2 Objetivos específicos

- Describir la Formación San Antonio del Grupo Honda, para añadir contexto geológico y paleontológico
- Analizar de las facies sedimentarias asociadas al leño fósil
- Realizar secciones delgadas-pulidas de los cortes transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial de la madera
- Describir características macroscópicas del fósil y su implicación ambiental
- Encontrar parentescos entre la anatomía del fósil y especies modernas
- Comparar los ambientes en los que se encuentran las especies modernas con los datos que se tienen sobre el paleoambiente de la formación

3. LOCALIZACIÓN

El valle del Magdalena medio es el área topográficamente más baja situada entre las cordilleras Central y Oriental de Colombia por la cual fluye el río Magdalena en los departamentos de Tolima, Caldas, Cundinamarca, Antioquia, Bolívar, Boyacá, Santander y Magdalena. Se considera que el límite sur del Magdalena medio es el alto de Guataquí-Piedras (cinturón plegado de Girardot). Su límite norte corresponde a la falla Espíritu Santo.

El área de trabajo se encuentra a 4.5 km del municipio de Honda, Tolima. Pasando el límite Cundinamarca-Tolima, al borde de la vía Guaduas-Honda ($5^{\circ}11'27.87''$ N, $-74^{\circ}42'27.81''$ W). El fósil se encuentra a 4 m de altura incrustado en una pared de sedimentos arenosos de unos 15 m de altura (Figura 1).

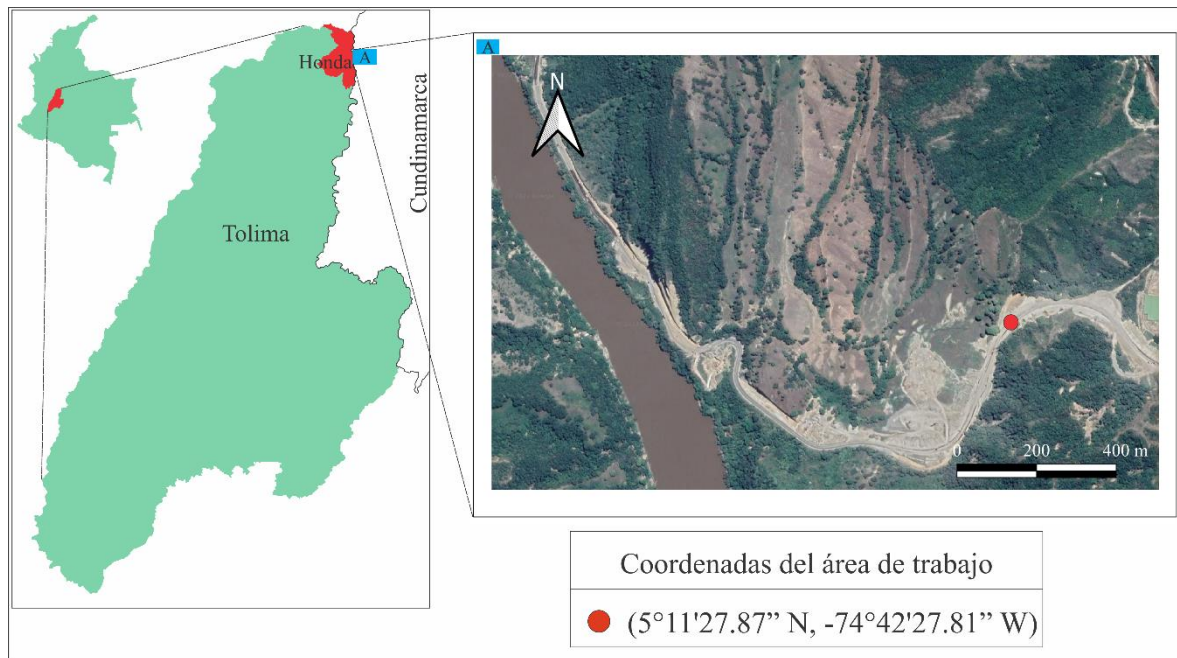


Figura 1 Detalle geográfico de la zona de estudio. Se muestra la zona de estudio en el departamento de Tolima, municipio de Honda. El punto rojo muestra la zona de colecta.

4. MARCO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO

El espécimen fósil fue recolectado al borde de la carretera Guaduas-Honda (5°11'27.87" N, -74°42'27.81" W). Según Barrero y Vesga (1976), las sedimentitas aflorantes en este sector pertenecen al Grupo Honda definido por De Porta (1965, 1966) y a la sección tipo de la Formación San Antonio, sección intermedia de este grupo. La Formación San Antonio fue separada en tres miembros: Flor Colorada, los Cocos y la Ceibita.

De acuerdo con De Porta (1966) la Formación San Antonio limita en la base con la Formación Cambrás, pero en la sección de la carretera de Honda la base se encuentra cortada por la falla Honda. Hacia el techo limita con la Formación los Limones. La Formación San Antonio está compuesta por una secuencia de gravas polimícticas, arenas arcosas y lutitas rojas y grises. La composición de las gravas es de cantos de cuarzo, rocas sedimentarias, metamórficas, ígneas y volcánicas, dacitas y andesitas, estas últimas son una característica litológica distintiva de la formación según De Porta (1965); además de que su volumen aumenta de la base al techo de la formación, apareciendo por primera vez en el límite con la Formación Cambrás y desapareciendo en el límite con la Formación los Limones. Adicionalmente, a lo largo de la Formación San Antonio, De Porta (1966) nota que las capas de arenas exhiben la presencia de concreciones arenosas de composición arcósica y con cemento calcáreo.

Los miembros que De Porta (1965) definió de base a techo son:

- El Miembro Flor Colorada, con espesor de 342 m, se compone de niveles de gravas y gravas arenosas con bancos de arenas y lutitas. Las lutitas se hacen cada vez más prominentes a partir de los primeros 90 m y le dan al miembro un aspecto característico de graderías
- El Miembro los Cocos con espesor de 271 m está constituido de grandes bancos masivos de gravas con escasas intercalaciones de lutitas, que dan al miembro un carácter masivo
- El Miembro la Ceibita con espesor de 437 m. En la base se observan estructura de una sedimentación de carácter torrencial con estratificación cruzada y en “bolsadas”. Y en la parte superior se encuentran bancos de gravas, y gravas arenosas con bancos de arenas, también algunos bancos de lutitas amarillentas. Este miembro se caracteriza por un aumento

de cantos de dacita y andesita llegando a los máximos de la formación con un 34% respecto a otros tipos de cantos

En el Grupo Honda en la región estudiada, De Porta (1966) refiere que son muy escasos los fósiles, los pocos datos provienen de restos paleobotánicos de la especie *Goupioxylon stützeri* Schönfeld (1947), y hallados en la localidad de Méndes y en la Quebrada Guacamaya junto al río Magdalena.

Si bien el área de estudio no ha sido formalmente datada, el Grupo Honda, especialmente en el área de La Venta fue datado por Hayashida (1986) con análisis paleomagnéticos y por Takemura y Danhara (1986) a través de huellas de fisión en dos horizontes del Grupo Honda, ambos trabajos resultaron en una edad del Mioceno. Flynn et al. (1997) aportaron datos magnetoestratigráficos y dataciones Ar/Ar que revelan edades del Mioceno medio entre 11.6 y 13.5 Ma.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 FOSILIZACIÓN

La fosilización es el proceso por el cual los restos o huellas de un organismo vivo son preservados en rocas sedimentarias. En maderas, esta preservación se puede dar de diferentes formas, sea como moldes (internos o externos), carbonización (en ambientes anóxicos) o remplazamiento del tejido original por sílice, carbonatos, sulfuros, yeso, y óxidos de hierro. La silicificación conduce a un tipo de fosilización en donde algunos componentes originales de un organismo son remplazados por sustancias minerales más resistentes (sílica). Fernández-López (1999).

La silicificación es el proceso de permineralización por el cual aguas cargadas con sílica (SiO_2), se introducen en los poros de los tejidos de un organismo, al evaporarse estas aguas cristaliza la sílice y forman una impresión detallada del tejido original, Fernández-López (1999). La silicificación es considerada por Ballhaus et al. (2012) como la principal forma de preservación de maderas fósiles o xilópalos (Figura 2). Es gracias a estos xilópalos de donde extraemos la mayor parte de nuestro conocimiento sobre la evolución de las plantas vasculares en la tierra, y su estudio ha llevado a un mejor entendimiento de cómo y dónde se forman este tipo de fósiles.

De acuerdo con datos de estudios experimentales, llevados a cabo por Ballhaus et al. (2012), la silicificación se produce en substratos con elevados niveles de sílica, tales como sedimentos cargados con ceniza volcánica, soluciones hidrotermales ricas en sílice provenientes de aguas termales o sedimentos inmaduros con mucho feldespato detrítico. Se sugiere que la ventana de tiempo en el que este proceso ocurre puede ser de tan solo unos miles de años, lo que implica una rápida generación del fósil, desde el momento en que el organismo es enterrado hasta cuando comienza a depositar la sílice en el interior de las células.

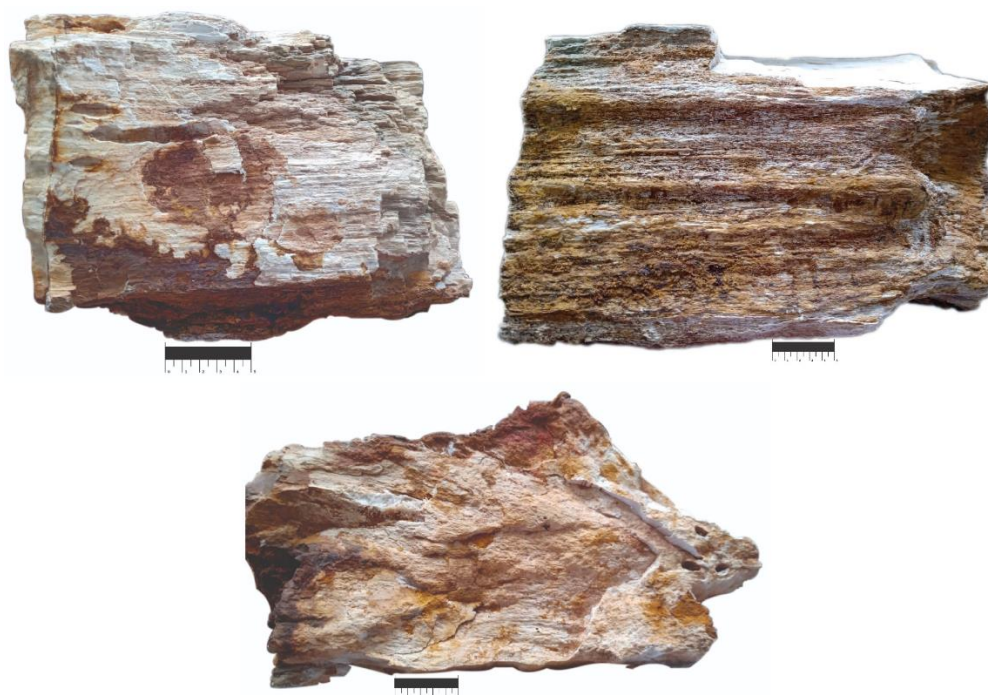


Figura 2 El material estudiado en este trabajo es un caso típico de silicificación, Escalas graficas de 5 cm.

De Porta (1965) reporta que la formación San Antonio del grupo Honda (área de donde se extrajo el espécimen) se compone de arenas arcósicas con un aporte volcánico de cantos de dacita y andesita. Estos depósitos, aparecen en la base de la formación, aumentan en proporción hacia el techo donde finalmente desaparecen en el límite con la Formación los Limones. Estas características litológicas presentes en los estratos donde fue hallado el fósil indican la fuente de la sílica que permeo el fósil que se tratara en este trabajo.

5.2 ICNOFÓSIL

Los icnofósiles, fósil traza o pistas fósiles, son los rastros de actividad animal fosilizada creadas cuando un organismo interactúa con su medio ya sea para desplazarse, alimentarse o resguardarse. Estos se clasifican como un parataxón, ya que posee características propias e identificables entre

distintas estructuras; sin embargo, es muy difícil poder relacionar un icnofósil con un organismo específico, Perea (2018).

Las características de los icnofósiles a tener en cuenta al momento de identificarlos son:

- Un mismo organismo puede producir múltiples icnofósiles distintos
- Un mismo tipo de icnofósil puede ser producido por varias especies que comparten comportamientos similares
- Varios organismos pueden producir un único icnofósil más complejo.
- La forma de un icnofósil puede variar dependiendo del sustrato donde se encuentre

Scott (1992) señala cómo la evolución de los artrópodos, concretamente los insectos y las plantas angiospermas están relacionadas. Las interacciones entre estos artrópodos y las plantas en el registro fósil pueden ser utilizadas para determinar el comportamiento de los organismos que las crearon, a través de las marcas en las hojas, perforaciones en troncos raíces y semillas.

5.3 ANATOMÍA DE MADERAS

Este trabajo requirió el análisis de una muestra de madera fosilizada para su posterior identificación e interpretación paleoambiental. Para su mejor comprensión se necesitó manejar las nociones básicas pertinentes a la anatomía de plantas vasculares. Este inciso se diseñó para explicar los conceptos relacionados con la anatomía de maderas de manera que los lectores puedan comprender mejor el lenguaje utilizado al momento de referirse al espécimen estudiado (Camefort, 1977).

Las características anatómicas de la madera se observan en los tres cortes que se realizan, uno en el plano transversal y dos en el plano longitudinal (Figura 3). En cada uno de estos cortes se observan, en el microscopio, las diferentes vistas de la anatomía de la madera y esta información se utilizarán para la identificación de las distintas familias.

Cortes longitudinales

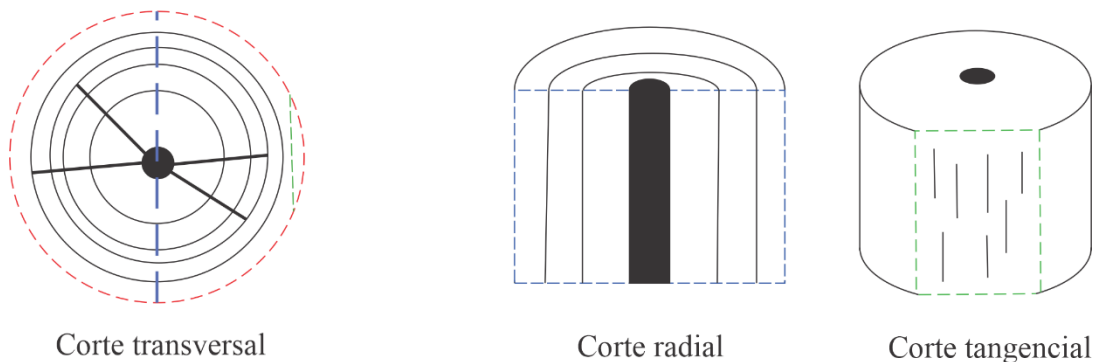


Figura 3 Tipos de cortes convencionales de la madera.

El cambium vascular de los árboles es una capa de células en constante división que se encuentra entre el xilema y el floema. El floema se origina de las células del cambium orientadas hacia el exterior de tallo y el xilema proviene de células situadas hacia el interior. El xilema de las plantas es lo que se denomina comúnmente como madera. Las maderas se dividen en dos grandes grupos: “maderas blandas” y “maderas duras”. Las “maderas blandas” (*softwood*) se refieren a las maderas de las gimnospermas las cuales poseen células denominadas traqueidas que transportan los nutrientes y proveen soporte estructural a la planta. Las “maderas duras” (*hardwood*) corresponden a las maderas de las angiospermas con células independientes especializadas en transporte de nutrientes (vasos) y soporte estructural (fibras). Algunas “maderas duras” tienen las tres clases de células: traqueidas, fibras y vasos. El espécimen fósil que concierne a este trabajo fue identificado como perteneciente al grupo de las “maderas duras” (hardwoods)(Mauseth,1998).

Las células del xilema de las plantas vasculares se posicionan siguiendo dos sistemas de orientación distintos: el sistema axial que se encuentra paralelo a eje del órgano (tallo, rama o raíz) donde se encuentra el xilema y el sistema radial que es perpendicular al eje del órgano (Camefort, 1977) (Figura 4, Figura 5).

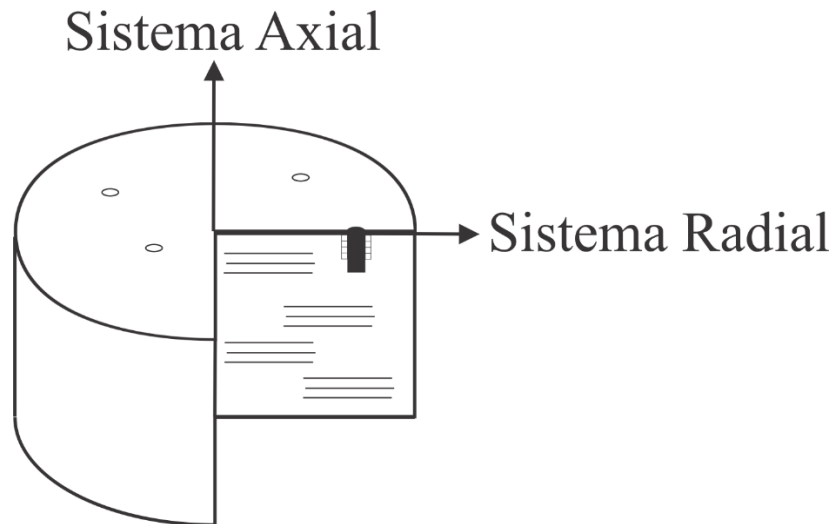


Figura 4 Sistema de orientación de las células.

Los siguientes términos se describen según las definiciones de Beentje (2010) y Mauseth (1998):

Los vasos: son elementos celulares alargados con paredes lignificadas que conducen agua (y minerales disueltos) en el xilema. Los vasos son uno de los elementos característicos de las “maderas duras” (hardwoods). Los vasos en el xilema se encuentran alineadas según el sistema axial y son células especializadas encargadas de transportar agua y otros elementos desde la raíz hasta los órganos fotosintéticos. Se conectan lateralmente con otras células del xilema mediante puntuaciones que se encuentran en la pared celular, dos elementos del vaso se conectan mediante una estructura denominada placa perforada (perforation plate) con una o más aperturas denominadas perforaciones. Estas aperturas pueden ser simples, reticulados, foraminado o escaleriformes.

Las fibras: son células largas y delgadas que proveen soporte estructural al árbol, por lo general con paredes celulares gruesas.

Los parénquimas son tejidos esponjosos de la planta donde se guarda almidón (energía y agua) estos se dividen en:

- **Parénquimas axiales** se encuentran en el sistema axial pueden estar en contacto con un vaso (paratraqueales) o puede no estarlo (apotraqueales). Cuando la planta requiere los

nutrientes guardados en el almidón estos pasan a través de las puntuaciones en las paredes celulares hasta el vaso más cercano.

- **Los radios medulares o parénquimas radiales** se ubican en el sistema radial de la planta y pueden ser del tipo homocelular (compuestos de una clase de células) o heterocelular (compuestos de dos clases de células). Las células que componen un radio heterocelular son células verticales y células procumbentes. Si la planta lo requiere, el almidón que se guarda en estas células pasa a los parénquimas axiales y de ahí a los vasos. Los radios también se clasifican según el número de células de ancho en corte longitudinal-tangencial, que pueden ir desde uniseriados, biseriados hasta multicelarios.

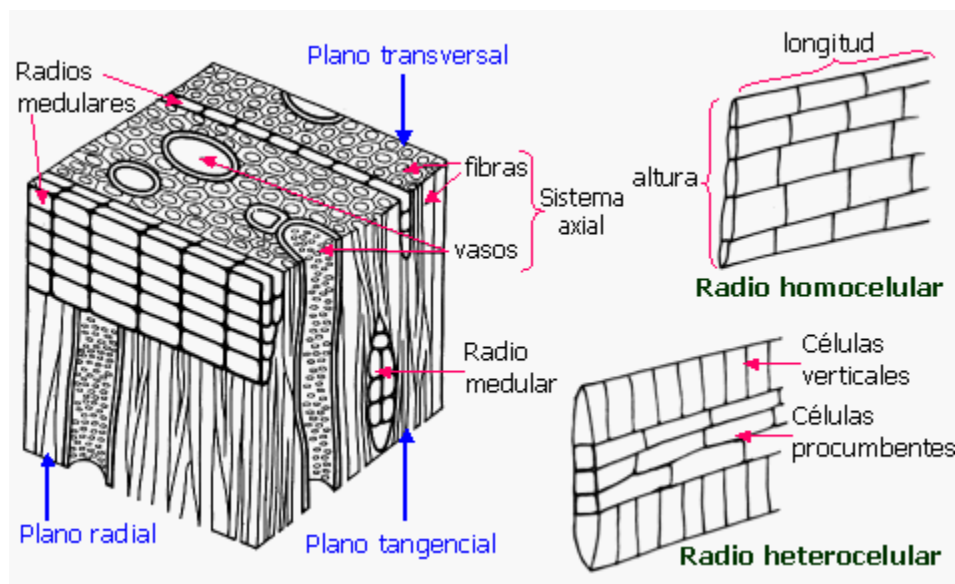


Figura 5 Orientación de las diferentes micro-estructuras de una planta vascular, en azul los cortes convencionales de la madera. Tomado de Camefort (1977).

Duramen (*heartwood*) y albura (*sapwood*)

En un tronco se pueden diferenciar dos tipos de madera; una más oscura, seca, compacta y aromática denominada duramen (*heartwood*) que se encuentra desde el centro hacia afuera del árbol, la otra es la albura (*sapwood*) que es una madera más húmeda, de tonalidad clara y porosa que se encuentra rodeando la primera. Esta diferencia se debe a que los vasos del duramen (*heartwood*) perdieron la capacidad de transportar fluidos, debido a que fueron dañados por la edad, factores climáticos, enfermedades o insectos perforadores de madera, como respuesta a estos daños

y para evitar infecciones las plantas cuentan con un mecanismo para bloquear los vasos dañados. Este mecanismo es llamado tilosis y consiste en que los parénquimas que rodean al vaso, al descomponerse liberan sustancias aromáticas que impiden la propagación de infecciones por la madera y bloquean el paso de fluidos por el vaso (Mauseth, 1998).

Otras características

Los anillos de crecimiento son patrones concéntricos en el xilema que reflejan ratas de crecimiento periódico relacionados a la disponibilidad de agua en el suelo. Se observan en la sección transversal y algunas veces a simple vista, reflejan a menudo periodos anuales de crecimiento de un árbol. En climas fuertemente contrastados en estos anillos se pueden distinguir dos áreas, madera temprana o de primavera (*earlywood*) con mayor cantidad de elementos porosos (vasos o traqueidas) para transportar nutrientes a todo el árbol y madera tardía o madera de verano (*latewood*) con menos elementos porosos y mayor cantidad de fibras proveen más soporte estructural (De Mauseth, 1998).

6. METODOLOGÍA

6.1 Trabajo de campo

6.1.1 Recolección del material

El material de trabajo fue recolectado durante la salida de campo de la materia Paleontología I del año 2018, al borde de la carretera Guaduas-Honda ($5^{\circ}11'27.87''$ N, $-74^{\circ}42'27.81''$ W) en el límite del departamento de Cundinamarca con Tolima en rocas pertenecientes a la Formación San Antonio del Grupo Honda. La muestra fue colectada de la pared de roca con el uso de martillo geológico, se extrajeron dos fragmentos del fósil que posteriormente fueron transportados a el laboratorio de paleontología de La Universidad de Caldas, donde las dos muestras fueron nombradas UCAL-2794 y UCAL-2795.

6.1.2 Visitas a zona de extracción

Consistió en dos visitas al lugar de extracción del fósil con la finalidad de crear una columna estratigráfica del área que rodeaba el espécimen para el posterior análisis facial y se tomaron datos estructurales del afloramiento con brújula geológica.

6.2 Trabajo de laboratorio

6.2.1 Preparación y estudio del material

La madera se encuentra permineralizada con sílice y se realizaron secciones delgadas-pulidas de los tres cortes convencionales de las maderas (Transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial) con una sierra de borde adiamantado para cortar rocas en el laboratorio de petrología de la Universidad de Caldas. Los cortes se

realizaron sobre la muestra UCAL-2795, el fragmento más pequeño, mientras que el análisis de características macroscópicas se realizó en la muestra UCAL-2794.

El material fue estudiado en un microscopio polarizante trinocular OMAX 600X y un microscopio CARL ZEISS modelo Primotech, y las fotografías fueron tomadas con una cámara digital Hayear HD con adaptador de montura tipo C para microscopio (lente de reducción 0,5X de 23.2mm) y una cámara Hayear 3320 con software de adquisición de imagen. Las imágenes macroscópicas fueron tomadas con una cámara de 13 MP y las imágenes fueron editadas con el programa CorelDRAW 2019.

6.2.2 Análisis de datos obtenidos

La terminología utilizada para la identificación de la madera fue tomada del IAWA Committee (1989), para identificar al espécimen se utilizaron las descripciones de Mirioni (1965) y la base de datos de InsideWood (2004).

6.2.3 Elaboración del informe

Este informe se elaboró mediante una recopilación bibliográfica de estudios previos realizados en el área del Grupo Honda, lo que aportó contexto geológico y paleontológico al estudio del espécimen. Debido a que existen varios términos los cuales es necesario entender para identificar fósil, se realizó una revisión bibliográfica y se generó una sección especial utilizando las definiciones de Beentje (2010), Mauseth (1998) y con una imagen de Camefort (1972) obtenida a través de la página (<http://www.biologia.edu.ar>).

7. RESULTADOS

7.1 ANÁLISIS FACIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La sección geológica del sector donde se extrajo el material estudiado (Figura 6) fue estudiada e interpretada para deducir el ambiente sedimentario. La sección abarca cuatro metros del afloramiento donde se distinguen tres facies de arena y una de gravas (Figura 6). De acuerdo con Miall (2006) estas facies presentan similitudes con los elementos arquitectónicos GB (Barras de gravas) y DA (Macroforma de acreción corriente-abajo) también en la columna se reconocen CH (canales). Con estos elementos se dedujo el ambiente más probable en el que el fósil fue depositado. De acuerdo a los datos obtenidos el fósil (tronco) se asentó en una barra de gravas someras de un río trenzado (Shallow gravel-bed braided). Sin embargo, en esta formación no se descarta la posibilidad de un ambiente de río trenzado de fondo de grava profundo (Deep gravel-bed braided) ya que el elemento DA es común en esta clase de ríos. La falta de esta facies fina en el segmento estudiado descarta este tipo de fondo durante la actividad fluvial que produjo las facies estudiadas. Esto último puede deberse a que el análisis facial realizado es de una escala pequeña comparado con la formación.

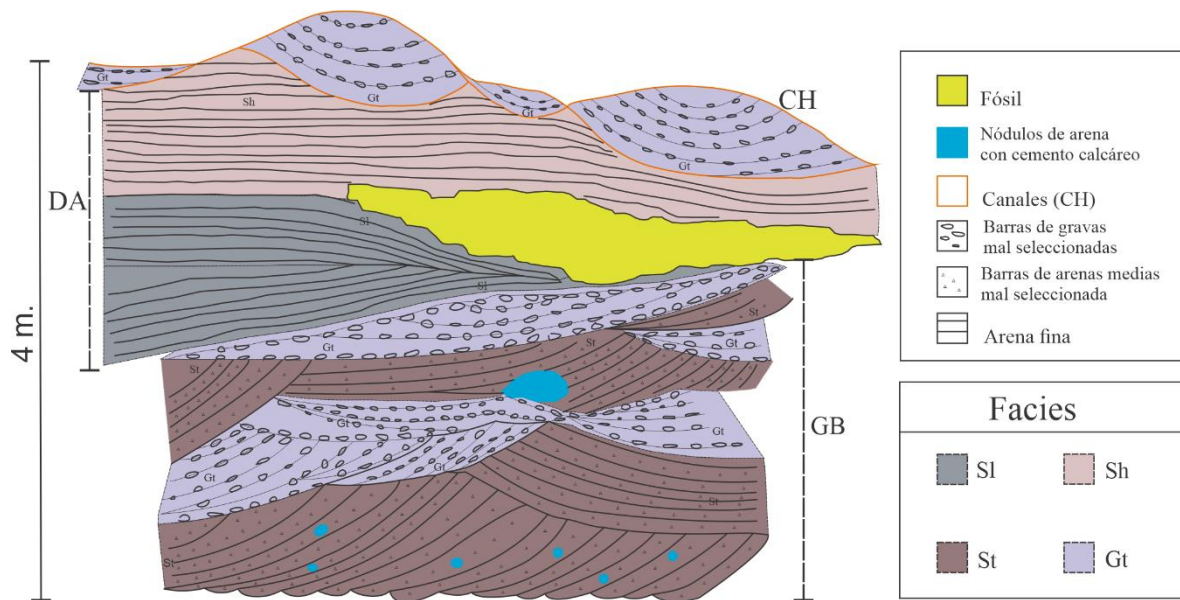


Figura 6 Análisis facial de la zona de estudio. **SI** (arenitas con estratificación inclinada de ángulo bajo), **Sh** (arenitas con estratificación paralela), **St** (arenitas con estratificación inclinada en artesa), **Gt** (conglomerados con estratificación inclinada en artesa); **GB** (barras de gravas), **DA** (macroforma de acreción corriente-abajo). Datos estructurales del sector **N8°W/26°NE**.

7.2 TAXONOMÍA DEL ESPÉCIMEN.

Orden MALPIGHIALES Jessiew ex. Berchtod & Von Presl 1820

Familia GOUPIACEAE Miers 1862

Género *Goupioxylon* Schönfeld 1947

Especie *Goupioxylon stützeri* Schönfeld 1947

7.2.1 Descripción

Los especímenes referidos (UCAL-2794 y UCAL-2795) en este trabajo no se encontraron en el mejor estado de conservación debido a que estuvieron expuesto a la intemperie por un largo periodo de tiempo. Como resultado de esto, algunas de las micro-estructuras de la madera no se preservaron homogéneamente en todos los cortes (Figura 7).

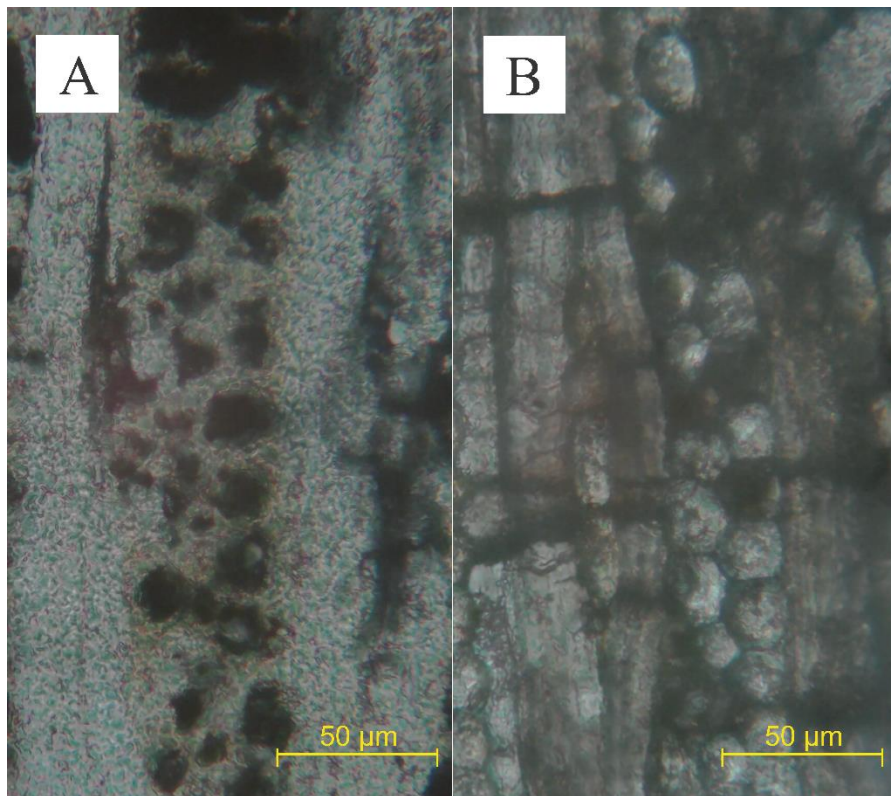


Figura 7 *Goupioxylon stützeri*. parénquima radial en corte longitudinal-tangencial en el espécimen UCAL-2795. A mala preservación y B buena preservación. Escalas graficas de 50 μ m.

En el corte transversal, con anillos de crecimiento indistintos o difusos, no se diferencian anillos de crecimiento. La porosidad es difusa con vasos solitarios (90% o más) de sección redondeada a ovalada, con paredes de $6\mu\text{m}$ en promedio de espesor. La densidad de vasos por mm^2 es en promedio de 7; parénquimas axiales puede ser apotraqueal o paratraqueal (apotraqueal difuso). Paratraqueales escasas (no rodean completamente el vaso); fibras poliédricas (pentagonales, hexagonales) a redondeadas, se encuentran de una a seis filas de fibras entre dos radios, con paredes de entre $2 - 7\mu\text{m}$ y puntuaciones circulares de más o menos $4\mu\text{m}$ (muy escasas debido a la mala conservación de estas en los cortes radial y tangencial); los radios se observan lineales a sinuosos (Figura 8C, Figura 9).

En el corte longitudinal-radial, los vasos tienen un diámetro radial promedio de $259\mu\text{m}$, presentan tilosis con relleno de partículas marrones, se observan placas perforadas escaleriformes con entre 6 a 10 tabiques lineales u oblicuos con un espacio promedio de $27\mu\text{m}$ entre tabiques; los radios son heterocelulares (con células procumbentes y verticales) (Figura 8B, Figura 9).

En el corte tangencial, diámetro tangencial promedio de los vasos es $161\mu\text{m}$ y con longitudes entre los $600 - 1200\mu\text{m}$ cada segmento; los radios tienen una altura promedio de $702\mu\text{m}$ con máximos de $1500\mu\text{m}$, son multiseriados con hasta tres series de células procumbentes y máximo dos de células verticales (normalmente una sola serie de células verticales es vista) (Figura 8A, Figura 9). El espécimen reconocido reúne las características descritas por Mirioni (1965) para la especie *Goupioxylon stüzeri*.

7.2.2 Otras características del espécimen

Si bien el espécimen muestra fuertes signos de meteorización, aún se reconocen algunas estructuras en vista macroscópica que podrían dar lugar a diferentes tipos de investigaciones sobre la ecología del fósil.

Sobre el espécimen UCAL-2794 se reconoce un área anómala (de $13\text{cm} \times 3.5\text{cm}$) que por su estructura y posición con respecto al xilema podría ser un rastro de corteza preservada, sin embargo, no se han realizados los análisis pertinentes.

Adicionalmente, en el espécimen se observan perforaciones en de entre 1mm hasta 1cm de diámetro con características tubulares que recorren el xilema a través de su eje más largo, se sospecha que estas cavidades son icnofósiles dejados atrás por organismos perforadores de madera (artrópodos). Según Scott (1992) estas trazas pueden ayudar a interpretar el comportamiento de los grupos de artrópodos que las causaron (alimentación, refugio, reproducción), así como las condiciones en las que fueron causadas (la planta estaba viva o muerta). Las estructuras presentes en el espécimen se asemejan a “beetle burrows” de acuerdo a Scott (1992), creadas por escarabajos perforadores de madera; para confirmar estas hipótesis se deberá hacer un estudio más exhaustivo de las cavidades, a través de cortes en busca de coprolitos (frass) y otras evidencias de organismos vivos (Figura 10).

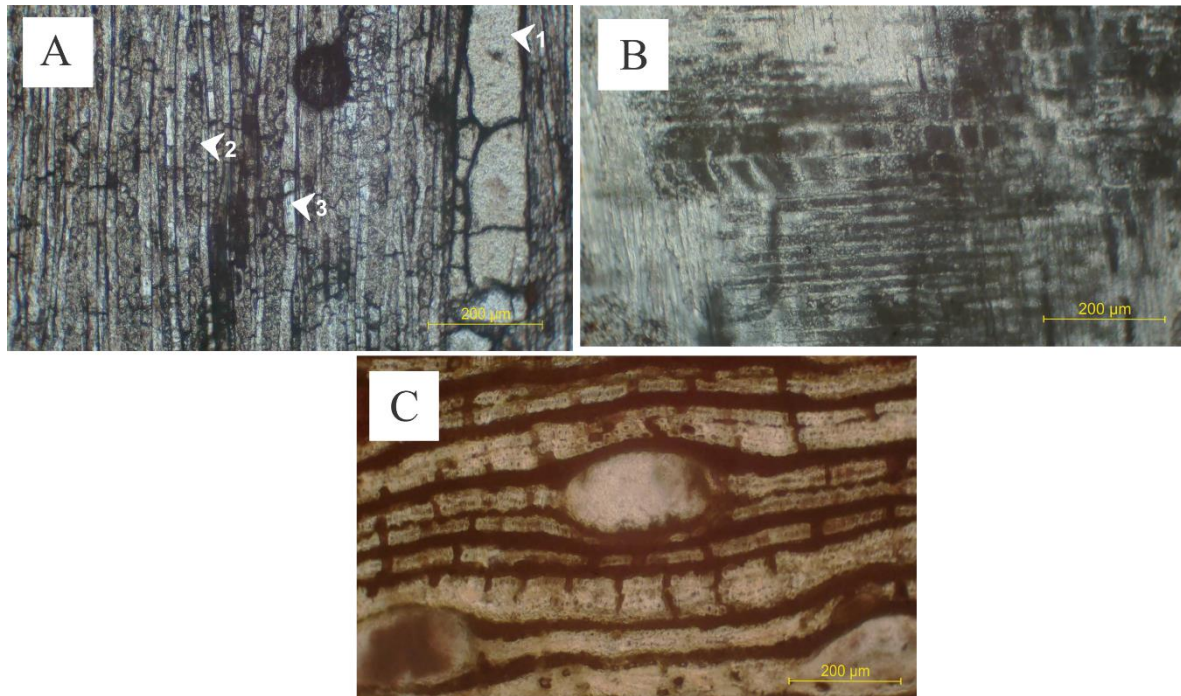


Figura 8 *Goupioxylon stützeri*. **A**, corte longitudinal-tangencial, vaso (1), células de parénquima radial (2), fibras (3); **B**, corte longitudinal-radial; **C**, corte transversal. Escala gráfica de 200µm.

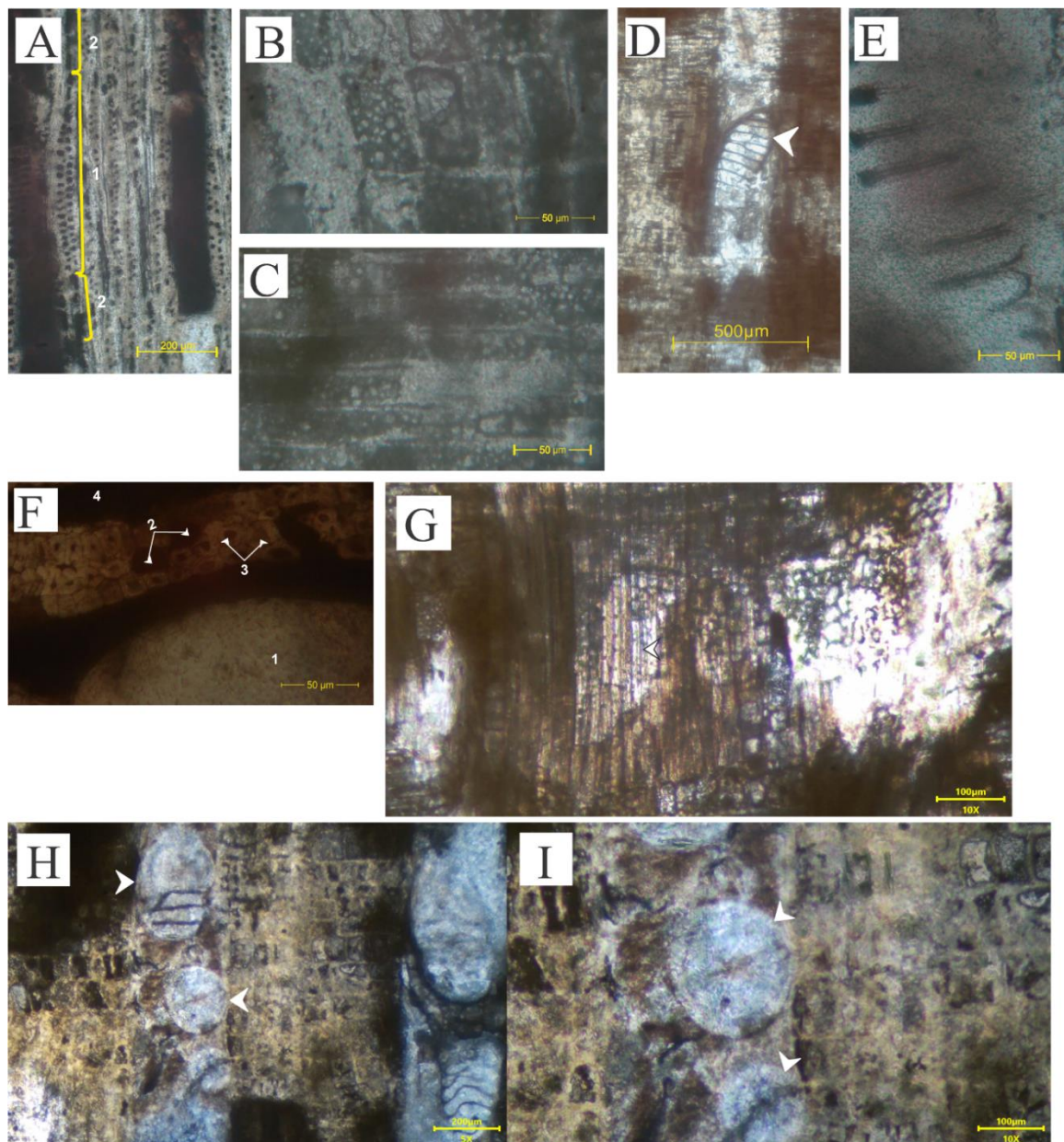


Figura 9 Muestra UCAL-2795. **A**, parénquimas radiales en corte longitudinal-tangencial, células procumbentes (1), células verticales (2); **B**, células verticales en corte longitudinal-radial; **C**, células procumbentes en corte longitudinal-radial; **D**, vaso en corte longitudinal-radial, placa perforada escaleriforme (flecha blanca); **E**, una placa perforada en corte longitudinal-tangencial; **F**, corte transversal, vaso (1), parénquimas axiales (2), fibras (3), parénquima radial o radio (4); **G**, fibras en corte longitudinal-radial (flecha); **H** y **I**, vasos en corte longitudinal radial con rastros de placas perforadas, burbujas producto de tilosis (flechas blancas). Escala gráfica: D de 500 μ m; A y H de 200 μ m; G y I de 100 μ m; B, C, E y F de 50 μ m.

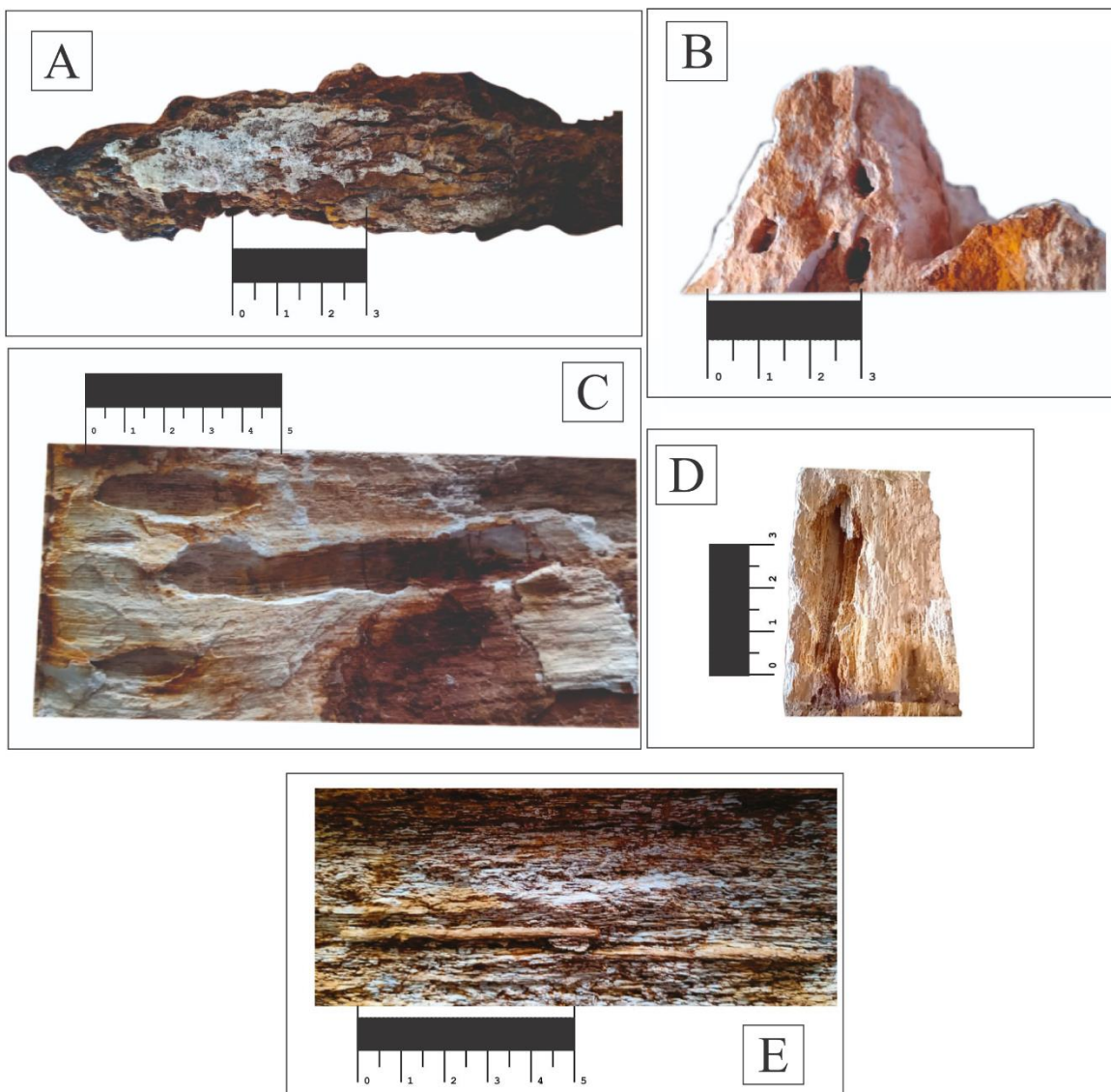


Figura 10 Muestra UCAL-2794. **A**, Potencial muestra de corteza preservada; **B**, **C** y **D** perforaciones en la madera posibles “beetle burrows”; **E**, contra molde de una estructura de perforación. Escala gráfica A, B y D de 3cm; C y E de 5cm.

7.3 COMPARATIVA CON LA ESPECIE MODERNA

La especie moderna más afín al espécimen estudiado es *Goupia glabra* Aubl. (1775) llamada Saino, Sapino o Chaquiro en Colombia, que se encuentra principalmente en los bosques húmedos tropicales de Suramérica (Figura 11).

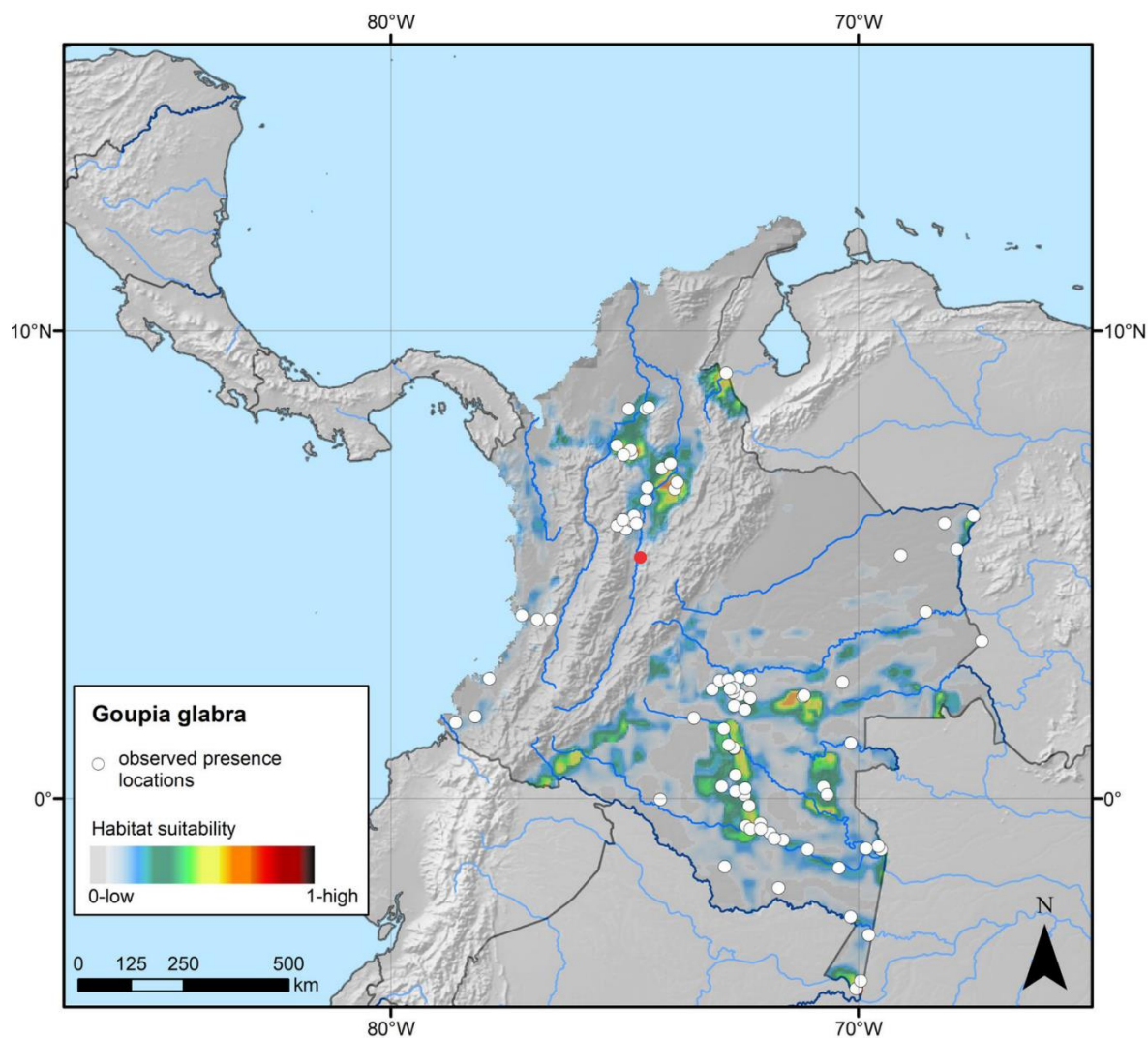


Figura 11 Mapa de Colombia con la distribución de *Goupia glabra*, en el punto rojo está el área de recolección del fósil. Tomado de Royal Botanic Gardens Kew, Plants of the world online.

Según Richter & Dallwitz (2000) la estructura del leño se describe:

Con madera de porosidad difusa, vasos exclusivamente solitarios (en contacto extremadamente raros). dos clases distintas de diámetro de vasos ausente. Diámetro tangencial de vasos: 160 - 190 μ m. De 5-10 vasos por mm². Elementos vasculares de 700-1200 μ m de largo. Placas perforadas escaleriforme con 5-10 tabiques. Puntuaciones intervasculares de 3-5 μ m de diámetro. Fibras de paredes medianas, puntuaciones de las fibras comunes en las paredes radiales y tangenciales, aureoladas (Figura 12).

Parénquimas axiales pueden ser apotraqueal o paratraqueal. Apotraqueal difuso, o difuso en agregados. Paratraqueal escaso. Parénquima axial en serie, con series de 4-8 células.

Presenta 8 a 12 radios por milímetro, multiseriados de 2 a 4 células, heterocelulares (con células procumbentes y verticales) ocasionalmente la parte multiseriada de un radio tendrá el mismo ancho que la parte uniseriada, con altura de 500 a 1000 μ m.

Ocasionalmente con sustancias minerales en las células de los radios y en los parénquimas axiales.

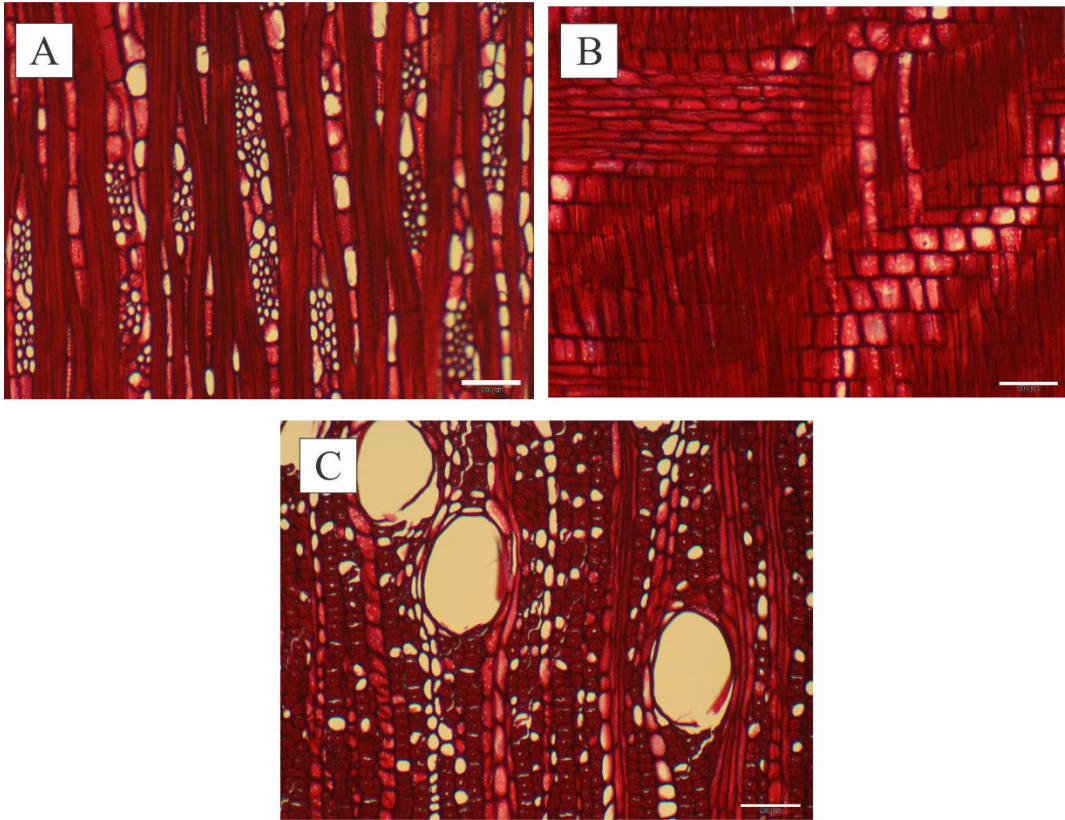


Figura 12 *Goupia glabra*. **A**, corte longitudinal-tangencial; **B**, corte longitudinal-radial; **C**, corte transversal. Escala grafica de 100 μ m. Tomado y modificado de tropicaltimber.info

8. DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos al analizar el fósil y comparándolos con los análisis de Mirioni (1965) y las observaciones de De Porta (1966) se concluye que el espécimen encontrado en la formación San Antonio del grupo Honda es un individuo de la especie *Goupioxylon stützeri*. La planta corresponde a un árbol perteneciente a la familia Goupiaceae y cuyo pariente más cercano es *Goupia glabra*, con quien comparte muchas similitudes morfológicas a nivel microscópico. De la misma forma podríamos comparar las características macroscópicas de la especie moderna y hacernos una idea de cuál sería el hábitat, apariencia y nicho ecológico que ocuparía la especie fósil. *Goupia glabra* según la base de datos de *tropicaltimber.info* y Chudnoff (1980) es un árbol semi-caducifolio que, si bien tiene características de selectiva xerofita, se encuentra principalmente en bosques húmedos tropicales (selva húmeda amazónica). Con una altura promedio de entre 10-35m y un diámetro promedio de 50-80cm, con hojas simples y que ocupa preferencialmente claros en bosques primarios de tierra firme que ofrecen alta luminosidad y temperaturas. Al madurar ocupa el dosel superior de los bosques.

Los datos de paleosuelos del mioceno en la Tatacoa, tomados por Flórez et al. (2013) sugieren un clima contrastado a seco, con periodos de alta humedad y fuertes sequías. Retallack y kyrbi (2007) atribuyen esta fuerte variabilidad de climas a un cambio climático global ocurrido durante el Mioceno medio, que trajo climas más secos. Actualmente el clima del extremo sur del Valle del Magdalena Medio, especialmente el área donde se extrajo la muestra, se caracteriza por ser de bosque seco tropical, los cuales de acuerdo con Pizano y García (2014) tienen una pluviosidad variable entre 1200 y 1700 mm anuales, mientras que los bosques húmedos donde actualmente se encuentra la *Goupia glabra* tienen un nivel promedio anual de lluvias de entre 4000 a 5000 mm de acuerdo con Arango et al. (2000), ocasionalmente superando este último. Este fuerte contraste entre el clima durante el Mioceno y la actualidad puede ser una de las razones por las que *Goupioxylon stützeri* haya desaparecido del área de estudio.

Datos paleontológicos y geológicos adicionales indican las posibles causas de esta variabilidad climática. Lundberg et al. (1998) proponen que múltiples taxones de peces fueron aislados en poblaciones independientes al levantarse las cordilleras, lo que generó una diversificación faunística a ambos lados de estas. El levantamiento de la Cordillera Oriental al este de la Cordillera Central creó el valle del Magdalena. De esta manera es posible asumir que el levantamiento de la Cordillera Oriental, el cual inicio en el Eoceno tardío – Oligoceno temprano de acuerdo con Caballero et al. (2010) pero cuya fase de levantamiento principal ocurrió después del Mioceno medio según estudios por Cooper et al. (1995), pudo separar dos poblaciones de flora, dando como resultado la desaparición del bosque húmedo que fue remplazado por bosque seco en la región del Valle Superior y Medio del río Magdalena. Por otra parte, las poblaciones de flora de zonas más húmedas perduraron en áreas donde la pluviosidad se mantuvo más alta. También cabe destacar que relictos de bosque húmedo tropical aún permanecen en el valle del Magdalena medio sin embargo su extensión se ha reducido desde los tiempos de *Goupioxylon stützeri*.

9. CONCLUSIONES

El espécimen recolectado en el área del Grupo Honda en la Formación San Antonio se identificó como un ejemplar de *Goupioxylon stützeri* Schönfeld del Mioceno medio, del cual podemos inferir su hábitat y nicho paleoecológico gracias a su pariente moderno cercano *Goupia glabra*.

Con los datos obtenidos durante este trabajo, se obtuvo un mejor entendimiento de cómo eran las condiciones ambientales del área donde se recolectó el espécimen. El paleoambiente se caracterizó por ser una zona de bosque húmedo tropical, durante uno de los periodos de alta humedad, en época de fluctuaciones climáticas contrastadas como lo fue el Mioceno. Gracias a este estudio podemos evidenciar un cambio en el clima, de bosque húmedos tropicales a bosques secos tropicales, en la región del Valle del Magdalena Medio.

También se puede concluir que el ambiente sedimentario en el que se depositó el fósil, eran ríos trezados dominados por gravas, aunque aún quedan dudas si se trataba de uno de baja o alta profundidad.

Aún queda por discernir si el espécimen presenta rastros de corteza preservada o la naturaleza de las perforaciones encontradas a lo largo del fósil, aunque su estructura es similar a madrigueras de escarabajos (*beetle burrows*) animales que suelen anidar en maderas muertas. estas dudas requieren un estudio independiente más detallado de dichas áreas.

10. REFERENCIAS

10.1 Bibliografía

- Ballhaus, Chris & Gee, Carole & Bockrath, Conny & Greef, Karin & Mansfeldt, Tim & Rhede, Dieter., (2012). The silicification of trees in volcanic ash - An experimental study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 84. 62–74. DOI: 10.1016/j.gca.2012.01.018.
- Barrero, D., Vesga, C., (1976). Geología de la Plancha 207 Honda, Escala 1: 100.000. Ingeominas, Bogotá.
- Beentje, H. J., (2010). The Kew plant glossary: an illustrated dictionary of plant terms. Royal Botanic Gardens, Kew. 160 p. Con ilustraciones de Williamson, J.
- Caballero, V., Parra, M., & Mora Bohorquez, A. R. (2010) Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia Durante el Eoceno Tardío – Oligoceno Temprano: Proveniencia Sedimentaria en el Sinclinal de Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, 32(1), pp. 45-77
- Camefort, H., (1977). Morphologie des Végétaux Vasculaires: cytologie, anatomie, adaptations 2da ed. Doin Paris, Éditeurs.
- Chudnoff, M., (1980). Tropical Timbers of the World. (U.S.) Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Cooper, M. A., Addison, F. T., Álvarez, R., Coral, M., Graham, R. H., Hayward, S. H., Martínez, J., Naar, J., Peñas, R., Pulham, A. J., & Taborda, A. (1995) Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v. 79, no. 10, pp. 1421-1443
- De Porta, J., (1965). La estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el Extremo S del valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, (19), 5–50. Recuperado a partir de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/5794>.
- De Porta, J., (1966). Geología del extremo S del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí (Colombia). *Boletín de Geología*, (22-23), 5–341. Recuperado a partir de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/6552>.

- Fernández-López, S.R. (1999). Tafonomía y fosilización. En: Tratado de Paleontología, tomo I (Ed. B. Meléndez, 1998). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 51-107, 438-441
- Flórez M., María T., Parra S., Luis N., Jaramillo J., Daniel F., & Jaramillo M., José M., (2013). Paleosuelos del Mioceno en el desierto de la Tatacoa. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(143), 229-244. Retrieved April 28, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082013000200006&lng=en&tlng=es.
- Flynn, J.J., Guerrero, J., Swisher, C.C., (1997). Geochronology of the Honda Group, En: Kay, R.H., Cifelli, R.L., Flynn, J.J. (Eds.), *Vertebrate paleontology in the Neotropics. The Miocene fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 44-59.
- Guerrero, J., (1997). Stratigraphy, sedimentary environments, and the Miocene uplift of the Colombian Andes, En: Kay, R.F., Madden, R.H., Cofelli, R.L., Flynn, J.J. (Eds.), *Vertebrate paleontology in the Neotropics: The Miocene fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 15-43.
- Hayashida, A., (1986). Paleomagnetic study of the Miocene continental deposits in La Venta Badlands, Colombia. *Overseas Research, Reports of New World Monkeys*. Kyoto University, Kyoto, pp. 77-83.
- IAWA Committee, (1989). IAWA list of microscopic feature for hardwood identification. *International Association of Wood Anatomists, Bulletin 10*, pp. 219–332.
- Lundberg, J. G., Marshall, L. G., Guerrero, J., Horton, B., Malabarba, M. C. S. L., & Wesselingh, F., (1998). The stage for Neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers. *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*, 27, 13-48.
- Mauseth, J. D., (1998). *Botany: an introduction to plant biology*. Jones & Bartlett Learning, LLC,
- Miall, A. D. (2006) *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology* 4th Corrected Printing. Springer
- Mirioni, H., (1965). Etude anatomique de quelques bois tertiaires de Colombie. *Boletín de Geología UIS* 20, 27-59.

- Perea, D. (Ed.). (2018). Fundamentos de paleontología. Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República.
- Pizano, C. y García, H., (Eds.). (2014). El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C
- Retallack, Gregory & Kirby, Michael., (2007). Middle Miocene global change and paleogeography of Panama. *Palaios*. 22. DOI: 10.2110/palo.2006.p06-130r.
- Schönfeld, G., (1947). Hölzer aus den Tertiär von Kolumbien. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 474, 1-53.
- Scott, A. (1992). Trace fossils of plant-arthropod interactions. In: Maples, W. (Ed.), *Trace Fossils. Short courses in Paleontology*, 5. Paleontological Society, Tulsa, Oklahoma. pp.197-223
- Takemura, K., Danhara, T., (1986). Fission-Track dating of the upper part of Miocene Honda Group in La Venta Badlands, Colombia. *Overseas Research, Reports of New World Monkeys*. Kyoto University, Kyoto, pp. 31-38

10.2 Páginas Web

- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D & Ruiz, J. F. (2000.) Climatología trimestral de Colombia. IDEAM. Disponible en:
[http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatolog%C3%ADa+Trimestral+para+Colombia+\(Ruiz,+Guzman,+Arango+y+Dorado\).pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9](http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatolog%C3%ADa+Trimestral+para+Colombia+(Ruiz,+Guzman,+Arango+y+Dorado).pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9)
- InsideWood, (2004) Publicado en internet. <http://www.insidewood.lib.ncsu.edu/search> (consultada en febrero de 2022).
- International Tropical Timber Organization, *Goupia glabra*. © ITTO 2015
<http://www.tropicaltimber.info/es/specie/cupiuba-goupia-glabra>
- Morfología de Plantas Vasculares. Tema 18: Estructuras secundarias del tallo
<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/index18.htm> (se obtuvo a través de la página <http://datospdf.com> subido por: Araceli Chávez. June 20, 2017.)

- Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. (2000) onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 9th April 2019. delta-intkey.com'
- Royal Botanic Garden Kew, Plants of the world online. © Copyright 2017 International Plant Names Index and World Checklist of Selected Plant Families.
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>. En
<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:161264-1>