

# **Reconstrucción paleoambiental en el Sitio Arqueológico Finca 6, delta del Diquís para el periodo Chiriquí (800-1550 d.C)**

**Tesis académica para optar por el grado de Licenciatura en Geología**

**Estudiante:**

**Thais Ramírez Argueta.**

**Directora:**

**Guaria Cárdenes Sandí, Dra.**

**Codirectores:**

**Francisco Corrales Ulloa, Dr. & Valentin Chesnel Zehr, Dr**

**Agosto, 2022**

**Universidad de Costa Rica**  
**Facultad de Ciencias**  
**Escuela Centroamericana de Geología**

**Reconstrucción paleoambiental en el Sitio Arqueológico Finca 6, delta del Diquís para  
el periodo Chiriquí (800-1550 d.C)**

**Tesis académica para optar por el grado de Licenciatura en Geología**

**Estudiante:**

**Thais Ramírez Argueta.**

**Directora:**

**Guaria Cárdenes Sandí, Dra.**

**Codirectores:**

**Francisco Corrales Ulloa, Dr. & Valentin Chesnel Zehr, Dr.**

**Agosto, 2022**

## Resumen

El sitio arqueológico Finca 6, es uno de los varios sitios que se encuentran en el delta del Diquís en sureste de Costa Rica. Este sitio es uno de los cuatro que forman la serie de “Asentamientos Cacicales Precolombinos con esferas de Piedra del Diquís” que se declaró como patrimonio mundial por la UNESCO en 2014. El delta es un lugar de gran valor arqueológico, con la presencia de numerosos asentamientos humanos antiguos, especialmente durante el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.) y forma parte de la subregión arqueológica Diquís. En esta investigación se utilizaron 2 tipos de paleoindicadores, partículas de carbón y polen de maíz (*Zea mays*), con el objetivo de realizar una reconstrucción paleoambiental dentro de las zonas con potencial habitacional de Finca 6. En el procesamiento de las muestras en el laboratorio, se atacan los sedimentos con distintos reactivos químicos, para obtener los paleoindicadores según sea el caso. En este estudio se describen las variaciones estratigráficas de dos núcleos de sedimentos utilizados (núcleos 18y 24) que se ubican cercanos a punto 5 del sitio. Se definió una capa guía con glauconita presente en ambos núcleos, que permite realizar correlaciones dentro del sitio, mediante criterios lito estratigráficos. Las partículas de carbón se encuentran continuamente a lo largo de toda la secuencia estratigráfica y se identificaron al menos cinco tipos de partículas de carbón, en ambos núcleos, de las cuales cuatro son de origen orgánico y uno inorgánico. El polen de maíz, se detectó únicamente en la parte inferior de la secuencia registrada en el núcleo 24. La evidencia paleobotánica apunta al uso de cultivos tipo milpa debido a la presencia de polen de maíz y la constante presencia de partículas de carbón, esto implica a su vez una posible actividad antrópica, e incluso una incipiente ocupación humana desde mucho antes del periodo Chiriquí como está documentado en Finca 6 previamente, con base en evidencias arqueológicas. Sin embargo, sería importante constatar los datos paleoecológicos aquí encontrados con evidencia arqueológica para afirmar esta ocupación previa.

Palabras claves: Paleoambiente, partículas de carbón, polen de maíz (*Zea mays*), Sitio Arqueológico Finca 6, ocupación humana.

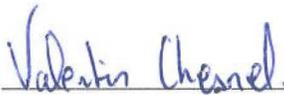
Tribunal examinador



Dra. Guaria Cárdenes Sandí.  
Directora de tesis



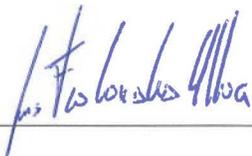
M.Sc. María López Rojas.  
Miembro del tribunal



Dr. Valentin Chesnel Zehr.  
Lector



Dra. Viviana Gamboa Sojo.  
Presidenta del tribunal



Dr. Francisco Corrales Ulloa.  
Lector



Thais Ramírez Argueta.  
Postulante

*A mis padres, Dinorah y José Abel.*

## Agradecimientos

Agradezco, a mi mentora y amiga Guaria Cárdenes, por haber confiado en mis capacidades para llevar a cabo esta investigación. Ser la directora de este trabajo e incluirme como parte de su proyecto de investigación. Por sus consejos, motivación y sugerencias constantes en este proceso.

A Valentin Chesnel y Francisco Corrales, por su disposición a ser parte de mi comité asesor y sugerencias para que este trabajo se desarrollará adecuadamente.

A María Sandoval, quién se tomó el tiempo de ayudarme realizando tomas de fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), para las muestras. Aparte de su apoyo emocional constante.

A mi amiga y compañera en este proceso, Daniela Moreira, por ayudarme en las etapas de procesamiento y descripción de muestras. Además de todo el apoyo anímico.

A mis amigos Valery Portuguez y Jairo García por sus sugerencias siempre oportunas y su apoyo.

A mis compañeros y compañeras de la Escuela Centroamericana de Geología, quienes siempre tuvieron frases motivantes en todo momento.

A mis padres, Por siempre motivarme e impulsarme a cumplir mis metas.

A Daniel Cambroner, por su apoyo incondicional y confianza para continuar este proceso.

Al Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, por su apoyo financiero, mediante su programa de becas.

Al Museo Nacional de Costa Rica (MNCR), por la facilitación de los núcleos de sedimento para realizar esta investigación.

Al personal del taller de soldadura de la Universidad de Costa Rica, por la apertura de los núcleos de sedimento, utilizados en este trabajo.

Al Centro de Investigaciones en Estructuras Microscópicas (CIEMIC), por el préstamo del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

A la Escuela Centroamericana de Geología, por el préstamo del equipo necesario en sus distintos laboratorios.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron presentes durante esta etapa de mi vida profesional.

## **Tabla de contenido**

1. Introducción .....	1
1.1 Ubicación geográfica .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos .....	4
□ Objetivo general .....	4
□ Objetivos específicos .....	4
1.4 Marco Teórico .....	5
1.5 Metodología .....	14
1.5.1 Perforación, extracción y selección de núcleos de sedimento.....	14
1.5.2 Vistas a sitios arqueológicos: .....	15
1.5.3 Muestreo y levantamiento sedimentológico de los núcleos: .....	16
1.5.4 Procesamiento de muestras.....	18
1.5.5 Análisis y correlación de datos:.....	21
2. Resultados .....	22
2.1 Petrografía y descripción de facies .....	22
2.2 Descripción y concentración de partículas de carbón .....	26
2.2.1 Tipos de partículas de carbón .....	26
2.2.1 Concentración de partículas de carbón.....	34
2.3 Polen de maíz .....	37
2.3.1 Descripción morfológica y presencia del polen de maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	37
3. Discusión .....	38
3.1 Ambiente sedimentario Terraba-Sierpe .....	38
3.1.1 Correlación estratigráfica .....	41
3.2 Régimen de incendio/fuego en la zona estudiada .....	43
3.3 Presencia de polen de maíz .....	46
3.4 Correlación de datos estratigráficos, arqueológicos y paleoecológicos.....	47
4. Conclusiones .....	51
5. Recomendaciones .....	52
6. Bibliografía .....	53

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> A. Ubicación general del delta del Diquís en el sur de Costa Rica; B. Ubicación de los principales sitios arqueológicos del delta del Diquís; C. Ubicación del sitio arqueológico Finca 6.....	2
<b>Figura 2.</b> Ubicación de los piezómetros perforados y los seleccionados para este estudio y .....	15
<b>Figura 3.</b> Piezómetros y estructuras sitio arqueológico Finca 6. A. Coordenadas piezómetro 18; B. Coordenadas piezómetro 24; C. Esferas reubicadas; D. Esferas alineadas.....	16
<b>Figura 4.</b> Proceso de apertura de núcleos. A. Ajuste del núcleo en barra de metal; B. Corte del núcleo; C. Núcleo abierto con sus dos mitades.....	17
<b>Figura 5.</b> Preparación para la toma de fotografías longitudinales del núcleo 24. A. Desempaque y limpieza de núcleos; B. Empaquetamiento del núcleo.....	17
<b>Figura 6.</b> Muestreo de polen y carbón. A. Muestreo de núcleos; B. Muestras listas para procesar.....	18
<b>Figura 7.</b> Procesado de muestras de carbón. A. Sedimento agua listo para tamizar; B. Muestras con agua listas para centrifugar; C. proceso de centrifugado para decantación... ..	20
<b>Figura 8.</b> Columna estratigráfica del núcleo 18. Se muestran las principales características observadas y las facies determinadas.....	23
<b>Figura 9.</b> Columna estratigráfica núcleo 24 Se muestran las principales características observadas y las facies determinadas.....	24
<b>Figura 10.</b> Partículas de carbón tabular. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido. ....	27
<b>Figura 11.</b> Partículas de carbón no tabular a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido. ....	28
<b>Figura 12.</b> Partículas de carbón no orgánico. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido. ....	30
<b>Figura 13.</b> Partículas de carbón aciculares. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido. ....	31
<b>Figura 14.</b> Partículas de carbón de forma irregular. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido. ....	33
<b>Figura 15.</b> Concentración de las partículas de carbón del núcleo 18. Graficado como profundidad Log (x+1), la línea amarilla indica el promedio de la concentración.....	35
<b>Figura 16.</b> Concentración de las partículas de carbón y detección de polen de maíz del núcleo 24. Graficado como profundidad vs Log (x+1), la línea amarilla indica el promedio de la concentración. ....	36
<b>Figura 17.</b> Granos de polen de maíz (Zea mays) bajo el microscopio biológico. A. Profundidad: 606 cm (muestra: C24D9+5); B. Profundidad: 601cm (muestra: C24D9+10). .....	37
<b>Figura 18.</b> Esquema Morfosedimentario del delta Térraba-Sierpe.....	38

<b>Figura 19.</b> Inundación en el Sitio Arqueológico Finca 6 provocada por el huracán Nate, 2017. A. zona inundada Finca 6; B. grietas de desecación pos tormenta; C. Zona de montículos inundada; D. Zona de montículos inundada (Tomadas por Francisco Corrales). .....	39
<b>Figura 20.</b> Capa de mecates del periodo bananero en el delta del Diquís. ....	41
<b>Figura 21.</b> Correlación litoestratigráfica de los núcleos 18 y 24, Finca 6, utilizando capa guía de sedimento verde azulado con glauconita.....	42
<b>Figura 22.</b> Minerales autigénicos de glauconita bajo luz paralela (izquierda) y luz polarizada (derecha); C24D9+25, capa guía de correlación de los núcleos 18 y 24. ....	43
<b>Figura 23.</b> Tendencia del fuego en los sedimentos de los núcleos 18 y 24. Se puede sugerir como periodo de no ocupación o registro de inundación los sectores ubicados en las profundidades entre 550 cm y 570 cm indicados con X para el núcleo 24. ....	45
<b>Figura 24.</b> Correlación de datos núcleo 24 en el Sitio arqueológico Finca 6. 1. Columna estratigráfica, núcleo 24; 2. Tendencia de partículas de carbón, núcleo 24. 3. Presencia de polen de maíz, núcleo 24; 4. Trinchera 3, punto 5; 5. Piso de ocupación humana, periodo Chiriquí. ....	48

### **Índice de cuadros**

<b>Cuadro 1.</b> Descripción del polen maíz. ....	37
---	----

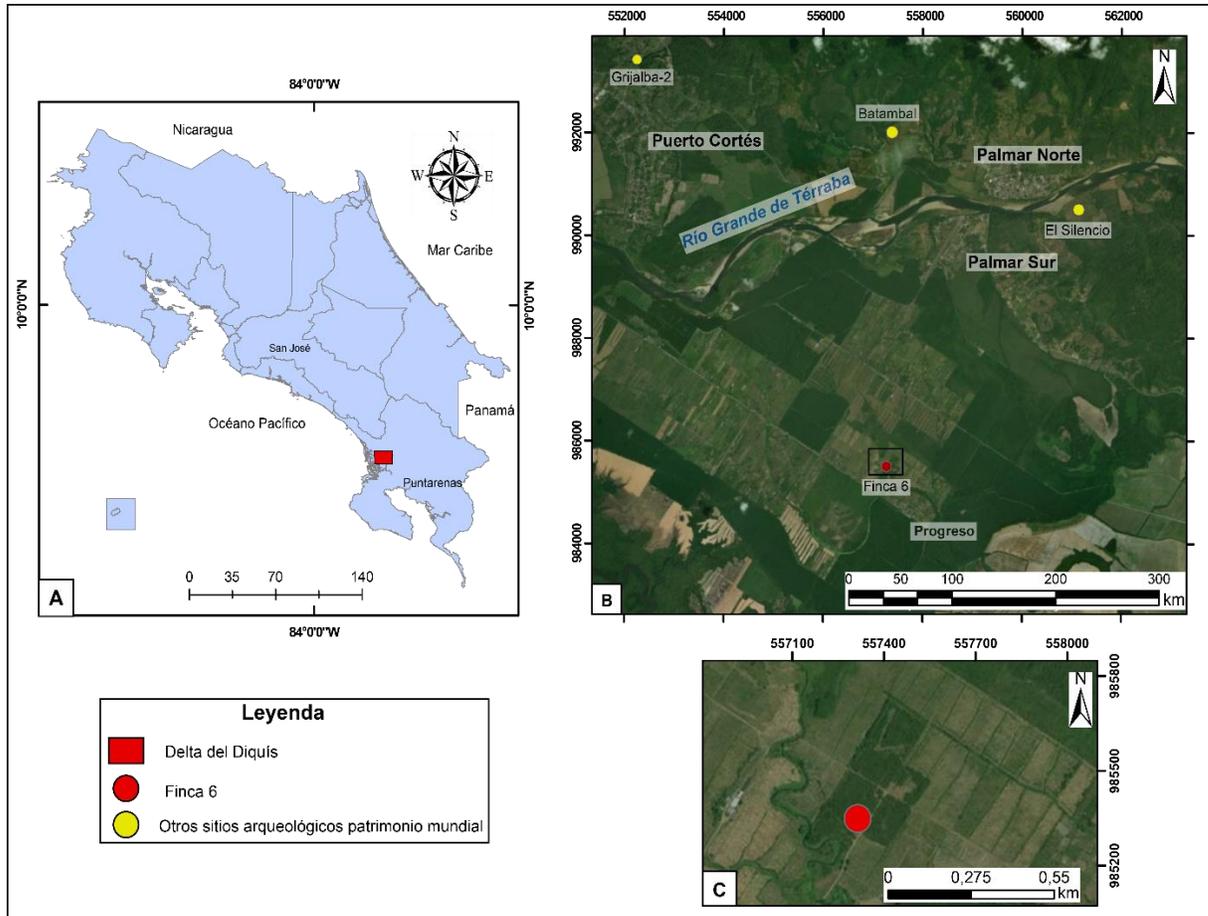
### **Apéndices**

- Apéndice 1.** Columnas estratigráficas por cada tubo de los núcleos 18 y 24.
- Apéndice 2.** Muestras con presencia de maíz.
- Apéndice 3.** Procesamientos de laboratorio.
- Apéndice 4.** Mineralogía núcleos Finca 6 (Libro de Excel).
- Apéndice 5.** Base de datos núcleo 18 (Libro de Excel).
- Apéndice 6.** Base de datos núcleo 24 (Libro de Excel).

# **1. Introducción**

## **1.1 Ubicación geográfica**

El sitio arqueológico Finca 6 se encuentra en el delta del Diquís en el cantón de Osa, provincia de Puntarenas, en el sureste de Costa Rica; específicamente a 5 km al suroeste de la comunidad de Palmar Sur en las coordenadas CRTM05 557138 E/ 985373N, hoja topográfica Chánguena 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Particularmente, el sitio Finca 6 tiene una extensión de 0,2 km<sup>2</sup>, sin embargo, solo un terreno de 0,1km<sup>2</sup> es propiedad del Museo Nacional de Costa Rica (MNCR) y cuenta con un programa de gestión (Figura 1). Junto con los sitios arqueológicos Batambal, Grijalba-2 y El Silencio fueron declarados patrimonio mundial por la UNESCO en 2014. El sitio se encuentra registrado con la clave P-254 F6 en la Base de Monumentos Arqueológicos del MNCR (<http://origenes.museocostarica.go.cr/>).



**Figura 1.** A. Ubicación general del delta del Diquís en el sur de Costa Rica; B. Ubicación de los principales sitios arqueológicos del delta del Diquís; C. Ubicación del sitio arqueológico Finca 6.

## **1.2 Justificación**

El delta del Diquís, área donde se realizó el estudio, es un lugar de suma importancia por su valor arqueológico, con la presencia de numerosos asentamientos humanos antiguos. Su alta diversidad florística y faunística también le agrega un importante valor paleoecológico. En el mes de junio del año 2014, los sitios arqueológicos Batambal, Grijalba-2, El Silencio y Finca 6 (Figura 1) fueron declarados por la UNESCO como patrimonio mundial de la humanidad. Eso debido a su valor universal excepcional ya que son: *Expresión física de complejas estructuras políticas, sociales y productivas de las antiguas sociedades que habitaron los bosques tropicales del sur de América Central* (Corrales y Badilla 2015). En ellos se da la presencia y preservación de artefactos

excepcionales como lo son las esferas de piedra. En los sitios se han llevado a cabo distintos estudios arqueológicos (Corrales y Badilla, 2015, 2018). Sin embargo, no existían trabajos de corte paleoecológicos ni palinológicos en estos sitios, los cuales son frecuentemente desarrollados en áreas de excavaciones arqueológicas.

En contextos arqueológicos de importancia regional y mundial las aproximaciones multidisciplinarias aportan información valiosa, y son actualmente de uso común. Para el caso de Costa Rica y en relación con el tema de estudio, se cuenta con publicaciones sobre análisis palinológicos (Horn y Sanford, 1992; Clement y Horn, 2001; Johanson, Horn y Lane, 2019). Para otros países como México se puede mencionar el estudio de Gutiérrez et al. (2012) sobre un registro paleoecológico de un reservorio Maya de Clásico tardío en el norte de Petén. Guatemala: Wahl, Schreiner, Byrne, y Hansen, 2007. Estas aproximaciones pueden incluir los componentes geológicos, paleoecológicos y paleoambientales. Las últimas obedecen a reconstrucciones de ambientes del pasado, sin importar cuál sea su antigüedad ni si se encontraban habitados por humanos. Estos tipos de investigaciones son ampliamente utilizadas en sitios con ocupación humana, y permiten identificar con mayor claridad la historia ambiental y la magnitud de cambio en la misma, provocado por eventos naturales y/o antrópicos (Brenner et al., 2002). Además, permiten determinar condiciones ambientales que no pueden ser establecidas por otros tipos de estudio, como paleo-incendios o régimen del fuego. En este contexto, la investigación que aquí se planteó, permite ampliar nuestro conocimiento del ambiente donde se desarrollaron estos asentamientos, así como sus cambios a través del tiempo.

Existen una gran variedad de paleoindicadores ambientales, tales como pólenes, ostrácodos, diatomeas, isótopos, etc. En el presente estudio, se utilizaron las partículas de carbón y el polen de maíz (*Zea mays*) como paleoindicadores principales. El análisis de partículas de carbón como un estimador de los regímenes de paleo-incendios/fuego, tanto de origen natural como provocados por el ser humano, es un tema poco explorado en Costa Rica (Horn, Horn y Byrne, 1992; Horn y League, 2005). Específicamente, en la presente investigación, se planteó un análisis de corte paleoecológico utilizando las partículas de carbón como indicadores de incendios y el polen de maíz (*Zea mays*) como indicador de agricultura en el sitio arqueológico Finca 6. Se correlacionaron los paleo-incendios/fuegos con periodos en los que se ha establecido ocupación humana o no. Además, al haber

presencia de maíz en el sitio a estudiar, se puede establecer una relación con el tipo de actividad agrícola y como esta varía a través del tiempo.

La investigación presente constituye el primer acercamiento de carácter paleoecológico en el Sitio Arqueológico Finca 6, delta del Diquís, el cual podrá contribuir al conocimiento del proceso de ocupación y desarrollo del sitio, así como de las prácticas agrícolas que se dieron en diferentes momentos de su habitación.

### **1.3 Objetivos**

- Objetivo general

Reconstruir los cambios paleoambientales relacionados a la ocupación humana por medio de paleoindicadores, polen de *Zea mays* (maíz) y partículas de carbón, para estudiar el desarrollo de las sociedades en el sitio arqueológico Finca 6 en el delta del Diquís, durante el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.)

- Objetivos específicos

- Describir la estratigrafía de los núcleos de sedimento seleccionados del sitio arqueológico Finca 6, con el fin de establecer las variaciones sedimentológicas y delimitar los pisos de ocupación humana para el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.)
- Determinar la ocurrencia/no ocurrencia de paleo-incendios por medio del análisis de la concentración de partículas de carbón fósil, con el fin de establecer el régimen del fuego del sitio arqueológico Finca 6 durante el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.)
- Establecer la presencia de *Zea mays* (maíz) utilizando el método de detección de polen, para determinar características de las prácticas agrícolas de las sociedades presentes en el sitio arqueológico Finca 6 en el delta del Diquis durante el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.)
- Relacionar el régimen de paleo-incendios inducidos y el cultivo de maíz para inferir prácticas culturales que permitan explorar el desarrollo de las poblaciones que habitaban en el sitio arqueológico Finca 6 en el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.)

## **1.4 Marco Teórico**

### **Partículas de carbón vegetal**

Las partículas de carbón vegetal se encuentran principalmente en sedimentos lacustres, aunque también se pueden observar en sedimentos de ambientes pantanosos, suelos terrestres, fluviales, costeros y marinos, entre otros (Power et al., 2010). Su análisis tiene como fin reconstruir los patrones de quema de la biomasa de los ecosistemas del pasado, así como el origen de estos, que puede ser por causas naturales o antrópicas. Siendo de origen humano, se pueden obtener indicios sobre el tipo de cultivos que se asocia con cada población y su entorno ecológico en un momento dado.

Para llevar a cabo el análisis de los fragmentos extraídos mediante núcleos de sedimentos, lo primero a tener en cuenta es el tamaño de las partículas, ya que así variará el método a utilizar. Si el carbón resulta ser macroscópico (125-500 $\mu$ m) se le aplicará un lavado y tamizado para observar las partículas a simple vista. Si la fracción es fina (5-125 $\mu$ m) se colocarán en secciones delgadas para ser analizadas en el microscopio de luz reflejada (Horn y League, 2005).

Según Tinner y Hu (2003) el tamaño de las partículas obtenidas de las muestras procesadas podría variar dependiendo de la técnica con que se preparan, pero no así del tipo de vegetación. Para realizar reconstrucciones paleo-ambientales de calidad, los análisis de núcleos cercanos entre sí deben ser tratados por medio de la misma metodología. Por otro lado, Ali et al. (2009) plantean que las reconstrucciones de historia de fuego se basan en medir el área de superficie o contar el número de fragmentos de carbón macroscópico en muestras adyacentes. Otra forma para cuantificar la producción de carbón es utilizando el volumen de partículas de carbón, el cual se ha vuelto un método más preciso.

La inflamabilidad de cualquier follaje es inversamente proporcional a la cantidad de humedad que se acumule en él, por lo que será de alta combustión si este se encuentra seco y de baja combustión si está altamente húmedo. A su vez, la combustión también depende de la especie vegetal y de su capacidad de retención de la humedad (Dimitrakopoulos y Papaioannou, 2001). Será distinta la humedad retenida en la vegetación dependiendo de la ubicación y la estación del año en que se encuentre, aunque

si se trata de un clima tropical como el costarricense, más bien dependerá de la época (seca o húmeda) y de la ocupación humana (presencia o no).

### **Estudios de paleo-incendios y quemas por medio de partículas de carbón vegetal**

Power et al. (2010) generaron “La base Global de Datos de Carbón”, la cual representa una herramienta útil para una perspectiva mundial de los estudios existentes de partículas de carbón a través de los años. Además, existe una múltiple cantidad de investigaciones clásicas de escala más local que aportan información básica sobre el movimiento de partículas de carbón – área fuente, transporte, deposición y sedimentación – y metodologías de muestreo (Clark, 1988; Whitlock y Larsen, 2001; Patterson et al. 1987; Figueiral y Mosbrugger, 2000).

Otros estudios se han enfocado en la relación de las partículas de carbón y de polen con el tipo de cultivos de antiguas civilizaciones. Por ejemplo, se puede obtener información paleoecológica a partir de la clasificación morfológica de carbón en sedimentos lacustres (Mustaphi y Pisaric 2014), además se puede analizar la relación del fuego con la vegetación utilizando polen y carbón (Tinner et al., 2005). En este último estudio, la evidencia microscópica de carbón sugiere que en Europa aumentaron las frecuencias regionales de incendios durante el Neolítico. Además, la disminución de especies silvestres y el aumento de especies de cultivo sugieren que los bosques fueron destruidos para áreas transformadas en zonas agrícolas. Wick et al. (2003) muestran como varían en el tiempo los sedimentos lacustres utilizando análisis de isótopos estables, polen y carbón vegetal y con ellos encontrar evidencia de climas regionales pasados e impactos humanos. Finalmente se puede realizar una la comparación directa entre los datos de microcarbón y polen para investigar los vínculos entre el fuego, la vegetación, el clima y el papel de las poblaciones humanas en una cuenca como lo hacen Sadori y Giardini, (2007).

En el ámbito costarricense, los estudios de partículas de carbón son muy escasos. Sin embargo, se puede destacar una documentación de incendios durante el Holoceno en los bosques tropicales muy húmedos por ejemplo la Estación Biológica La Selva, en las Llanuras del Norte de Costa Rica, y en los alrededores del cerro Chirripó (Horn y Sanford, 1992). Horn y League (2005) determinaron los tipos de vegetación existente en la zona de páramo en los últimos 4000 años y la relación de las partículas de carbón encontradas con

incendios provocados por actividades antrópicas y causas naturales. Anchukaitis y Horn (2005) reconstruyen la perturbación humana de los últimos 2000 años en los bosques, así como el cambio de la vegetación en las cercanías de la estación biológica Las Cruces, en el Pacífico Sur de Costa Rica, utilizando polen y carbón de sedimentos de la laguna Santa Elena.

Kennedy y Horn (2008) analizan polen y carbón vegetal de un perfil de sedimentos de pantano, en una terraza aluvial que se encuentra en el borde de la estación biológica La Selva, Costa Rica, y documentan tres milenios de perturbación humana y natural dentro de un bosque tropical lluvioso para el Holoceno tardío.

Johanson, Horn y Lane (2019) generaron al igual que en este estudio el registro de la agricultura con polen y el fuego mediante partículas de carbón en la laguna Los Mangos en la zona Sur de Costa Rica, para la época precolombina, este registro que data de hace 4200 años.

### **Estudios de prácticas agrícolas por medio del polen de maíz (*Zea mays*)**

Debido a su gran diámetro (80–250  $\mu\text{m}$ ) y a su fácil separación e identificación, el polen de maíz es un excelente indicador paleo ecológico. Su proceso de extracción consiste en atacar los sedimentos con diferentes reactivos, para luego tamizar y contabilizar los granos de polen existentes (concentración de los granos en una muestra).

La poca dispersión de este grano de polen, debido a su gran tamaño, hace de él un indicador local de la planta (Whitney et al., 2012). El viento es su principal medio de dispersión, y permite un viaje de máximo 60 m desde la planta fuente (Raynor et al., 1972). A esta distancia, solo 0,2% del total de partículas que se desprenden aterrizan.

La planta de maíz es originaria de México y América Central, y pertenece a la familia Poaceae (zacates). Se cree que proviene del teosinte (*Z. mays* ssp. *Parviglumis*) y que su utilización por las sociedades humanas como cultivo empezó hace aproximadamente 7000 años. Las mutaciones del teosinte fueron seleccionadas por los pobladores antiguos para así evolucionar al maíz actual (*Zea mays*) (Hossain et al., 2016).

Debido a las características antes mencionadas, el polen de maíz ha sido ampliamente utilizado en sitios arqueológicos de Norte y Centroamérica para complementar

estudios arqueológicos sobre la presencia de sociedades pasadas y sus prácticas agrícolas (Whitehead y Langham, 1965).

En Costa Rica, se han realizado varios estudios que describen el uso de polen de maíz como indicador de agricultura y su interacción en el tiempo con otros taxones vegetales. Entre ellos cabe mencionar a Clement y Horn (2001), los cuales investigan la Laguna Zoncho, Coto Brus, identificando la presencia de polen de maíz (*Zea mays*) y carbón, y correlacionan sus picos de abundancia y escasez con evidencia arqueológica hasta la llegada de los españoles en el s. XVI.

Arford y Horn (2004) y Kennedy y Horn (2008) analizan polen de maíz (*Zea mays*) en la Laguna Martínez, en la parte inferior del volcán Miravalles y la estación biológica La Selva, Sarapiquí, respectivamente, con el fin de encontrar cambios ambientales y sus relaciones con periodos arqueológicos. Ambos indican agricultura de maíz desde aproximadamente 3 milenios.

### **Paleoecología basada en polen de maíz (*Zea mays*) y partículas de carbón en sitios arqueológicos**

Hodell et al. (1995) y Wahl et al. (2007) analizan el denominado colapso de la civilización Maya y el uso del fuego como instrumento para alterar el paisaje y extraer recursos en México y Guatemala respectivamente. Caffrey et al. (2011) observan, en Guatemala, los cambios climáticos mediante paleo-incendios para los últimos 12 000 años, y sus relaciones con el impacto antropológico en la cultura Maya en las tierras bajas. Anderson y Wahl (2016) generan un análisis cuantitativo en la región de Petén, Guatemala, demostrando que incendios frecuentes ocurrieron cerca de los bosques en el Holoceno temprano (~ 9 000 años atrás), antes de la llegada de los agricultores sedentarios (4 600 años). La baja frecuencia de fragmentos de carbón vegetal para el periodo Preclásico temprano (2500 a.C.-1200 a.C), sugiere que el terreno fue utilizado para agricultura intensa. Debido a la falta de biomasa disponible como combustible.

Rue et al. (2002) analizan un área del valle de Copán, en Honduras. Este estudio determinó que el inicio del cultivo de maíz fue cerca a los 2300 a.C., y que ocurren tres picos en la frecuencia de la concentración de partículas de carbón en periodos alrededor de

900 a.C., de 400 a.C., y de 600 d.C. Se establece que los picos de incendios se dieron de forma natural, por el carácter seco del clima de la zona, afectando así la actividad agrícola de la civilización Maya. Webster, Rue, y Traverse (2005), en el valle de Copán, muestran evidencias de quema y cultivo del maíz entre los 2600 y 2700 a.C., lo que concuerda con evidencia arqueológica previa y microfósiles de maíz encontradas en depósitos consolidados. Con este tipo de estudios es posible constatar o amplificar el registro temporal que se obtiene con evidencias arqueológicas además de sumar nuevos tipos de información

### **Investigaciones en sitios arqueológicos del delta del Diquís, sureste de Costa Rica**

Corrales y Badilla (2015) mencionan que, en los diferentes sitios del delta se encuentran distintas evidencias arqueológicas. Tal es el caso de montículos de tierra compactados, con perímetros de cantos rodados para formar muros. También se encuentran estructuras con configuraciones circulares, rectangulares y compuestas articuladas en varios volúmenes. Además, se reportan empedrados, rampas, plazas y cementerios con ofrenda de cerámica, piedra y oro. También se encontraron esculturas y conjuntos de esferas asociadas a montículos artificiales y empedrados. Los sitios con esferas se empezaron a conocer en los años 1930, con la prospección bananera. Estos fueron registrados en los años 1940 y se evidencian estructuras sobresalientes y enterradas en varios lugares del delta (Stone, 1943; Lothrop, 1963).

Baudez et al. (1993) realizó una prospección donde se documentó evidencia de depósitos arqueológicos en alrededor de 900 hectáreas.

Sol (2005) documenta la presencia de 16 sitios arqueológicos, con base en una prospección realizada en la Fila Grisera, previo a la construcción de una subestación eléctrica cercana al poblado de Palmar, cantón de Osa. El objetivo de la prospección fue investigar el posible impacto de la construcción de la subestación y garantizar la protección y conservación de los restos arqueológicos. El autor describe diferentes sitios, algunos con montículos de piedra y petroglifos.

Quintanilla (2007), reporta más de 120 esferas en el delta, dispuestas en arreglos lineales, curvos y triangulares. Se ha propuesto que estos singulares arreglos pueden tener connotación ceremonial o calendárica. Lamentablemente muchas de estas han tenido algún tipo de alteración del registro.

La subregión Chiriquí, delta del Diquís, ha tenido un incremento en la cantidad de investigaciones arqueológica en las últimas dos décadas a ambos lados de la frontera política y con esto una actualización de la secuencia de ocupaciones y las relaciones a nivel intra y extra regional (Corrales, 2017).

### **Desarrollo agrícola y jerarquía de las sociedades precolombinas del delta del Diquís.**

Según Corrales y Badilla (2018) Una clave para entender el cual era el rol del delta a nivel regional y el poder de sus líderes es la amplia disponibilidad de suelos fértiles. Se encuentran más de 5000 hectáreas, mientras los asentamientos aguas arriba del río Térraba contaban solo con los suelos disponibles en las terrazas aluviales. Un mayor volumen de producción con el excedente correspondiente habría permitido a los líderes afianzar su poder y mantener a guerreros y artesanos especializados.

Sin embargo, hay investigaciones que prueban que la intensificación de la producción puede existir sin la presencia de una jerarquía (Erickson, 2006). Para muchas sociedades se ha asumido que la complejidad jerárquica pudo haber intensificado la producción agrícola y la generación de excedentes. Sin embargo, en el Diquís, la manera en se ha incrementado esa producción no ha sido estudiada en detalle. La evidencia arqueológica de manos de moler y metates sugiere una agricultura basada en el sistema de milpa (maíz y cultivos asociados) (Corrales y Badilla, 2018).

Además, las inundaciones suponían una mayor planificación y coordinación del trabajo. Tomando esto en cuenta, la eventual necesidad de obras públicas como drenajes o diques habría contribuido a un control centralizado de la elite sobre la producción agrícola y para movilizar su excedente (Corrales y Badilla, 2018).

### **Rol del maíz en sociedades precolombinas.**

Mesoamérica es la única región donde se encuentran escritos nativos especializados previos a la conquista. Estos relatos son de mucho valor por su propósito de estudiar costumbres alimentarias precolombinas en general, pero en especial el maíz. La gran adaptabilidad del maíz lo hace ser hoy en día la segunda planta más importante de la tierra y su distribución actual es mundial (Staller, 2010).

Para el caso de Costa Rica los españoles describieron el uso abundante de maíz, aunque también se cultivaban raíces y tubérculos, y gran variedad de árboles (Fernández, 1976). Asimismo, mencionaron almacenamientos de maíz que no se han encontrado hasta ahora en el registro arqueológico (Corrales y Badilla, 2018).

Blanco y Mora (1994) Sugieren que el maíz es el cultivo más representados en las muestras arqueológicas y se presentan en distintas maneras como mazorcas, elotes y granos carbonizados, polen, y fitolitos. Por esto es de gran importancia su papel en las sociedades prehispanicas tanto a nivel social, mitológico y como cosmovisión aborigen. También mencionan que lo más importante no es la cantidad de maíz se puede encontrar, porque en el caso de los metates pueden ser utilizados por varias generaciones. Sino más bien su presencia y como esta aporta a la sedentarización de las poblaciones.

Se cree que hubo una relación no accidental entre el maíz y los materiales y artefactos simbólicos de élite asociados con el maíz. Era conocido mucho antes de la época de Cristo, su importancia durante siglos puede haber tenido que ver con la aparición de mejores variedades o su papel en nuevos contextos rituales. Para confirmar esta hipótesis, futuras investigaciones tienen que documentar los cambios en los tipos de cultígenos y/o su frecuencia de ocurrencia, a través de la recuperación de muestras estratigráficamente apropiadas de restos vegetales. (Snarskis, 1992).

### **Periodos arqueológicos relevantes para el delta del Diquís.**

Las ocupaciones más tempranas del delta del Diquís corresponden al periodo Aguas Buenas (300 a.C.-800 d.C.). Sin embargo, no se descarta la presencia de sitios más antiguos del período Sinancrá (1500-300 a.C). La ocupación alcanzó su máxima expansión en el periodo Chiriquí (800-1550 d.C.), con una alta abundancia de sitios, algunos de gran complejidad y considerados como centros sociopolíticos. Finca 6 fue uno de los sitios más importantes del delta y habría sido una de las sedes de los líderes del territorio político del delta en el periodo Chiriquí (Corrales, 2015).

### **Periodo Aguas Buenas: de 300 a.C. a 800 d.C.**

Los sitios para este periodo son de un tamaño de entre una y dos hectáreas, y se encuentran conformados por aldeas pequeñas y algunas grandes, estas últimas con diferentes obras de infraestructura, tales como basamentos, calzadas y montículos funerarios (Corrales, 2002).

Se infiere que hubo una agricultura mixta, de acuerdo con los restos de maíz, frijoles, palmas, y nance encontrados en los Sitios Monge y Las Brisas, en la parte alta del valle del General. De acuerdo con la evidencia indirecta de manos y metates, el uso del maíz estaría bien consolidado. La ubicación, el tamaño de los asentamientos y el instrumental encontrado sugieren que la agricultura combinaba el cultivo con la caza y la recolección en los bosques cercanos (Corrales, 2002).

### **Periodo Chiriquí: de 800-1550 d.C.**

Según Corrales (2002), en la cuenca del Río Térraba, los sitios se ubican en terrazas aluviales y presentan estructuras que abarcan gran cantidad de basamentos habitacionales en forma circular, calzadas, basureros, montículos y áreas funerarias en montículos artificiales. En las áreas abiertas o plazas de algunas de estas aldeas, especialmente las ubicadas en la planicie del Valle del Diquís, se ubicaron esferas de piedra y esculturas humanas de notable tamaño. Los asentamientos se ubicaron en función de los suelos más fértiles de la región, propiciando una agricultura intensiva alrededor del maíz, con varios cultivos asociados como los frijoles, ayotes, el algodón y de la utilización de palmas como el coyol y la palma real. También hay evidencias de uso de árboles como el guapinol y el nance (Corrales, 2002). Destaca la cantidad de manos y metates, hachas acinturadas, raspadores y otras herramientas de piedra asociadas a las diferentes actividades agrícolas, halladas en sitios como Murciélagos y Curré. Estos sitios, cercanos a extensas planicies aluviales, pudieron generar un excedente de alimentos para el intercambio por otros productos (Corrales, 2002).

## Sitio Finca 6

Finca 6 es uno de los dos sitios arqueológicos costarricenses, junto con Guayabo de Turrialba, abiertos al público actualmente. Se ubica en la planicie aluvial del río Térraba y está conformado por 4 sectores: 1) Una zona donde se encuentran dos elevaciones artificiales, o montículos (M1 y M2), con diámetros de 30 y 25 m respectivamente; 2) Dos alineamientos de esferas *in situ* orientadas aproximadamente este-oeste en un tipo de “plaza”. Uno de ellos consta de tres esferas sobre una longitud de 77 m. El otro presenta dos con una distancia entre sí de 11 m. Las esferas miden entre 1,41 y 1,92 m y se encuentran semisepultadas por sedimentos; 3) Punto 5, la cual es una zona muy alterada por huaquerismo. Muestra una densa concentración de materiales cerámicos asociados a elevaciones, con cantos rodados desplazados; y 4) Una estructura funeraria hacia el lado oeste, a 70 cm de profundidad. Mide 7 m de largo y 2,30 m de ancho, y fue construida con muros perimetrales de 6 filas de rocas superpuestas que alcanzaron los 60 cm de altura (Corrales y Badilla, 2015).

Existen cuatro dataciones radiométricas que ubican la ocupación entre 750 y 1450 d.C. Una muestra obtenida por Baudez et al. (1993) del “Pozo H” al norte del Montículo 1, calibrada en 746-981 d.C (Corrales y Badilla, 2015). Otra muestra, proveniente del inicio de la rampa del Montículo 2, calibrada en 1170-1280 d.C. Del enterramiento denominado estructura Funeraria 1 se tienen dos fechamientos (Corrales y Badilla, 2015). Uno se obtuvo del interior de la estructura funeraria, con calibración en 880-1020 d.C. El otro proviene de la parte exterior de la misma estructura, con calibración en 1410-1450 d.C. Estas dos dataciones evidencian un largo periodo de permanencia de la estructura funeraria. Según los puntos de intersección se establece una ocupación durante el período Chiriquí (700/800-1550 d.C) (Corrales y Badilla, 2015).

## **1.5 Metodología**

En forma general y para efecto de la descripción, la metodología de trabajo se dividió en 5 etapas:

- Perforación, extracción y selección de núcleos de sedimento.
- Visita a sitios arqueológicos.
- Muestreo y levantamiento sedimentológico de los núcleos.
- Procesamiento de muestras.
- Análisis y correlación de datos.

### **1.5.1 Perforación, extracción y selección de núcleos de sedimento**

El Museo Nacional de Costa Rica, facilitador de los núcleos, contrató a la empresa Perforaciones Acuario S.A. para la extracción de estos como parte de un proceso de colocación de piezómetros para medir las variaciones en el nivel freático. La empresa perforó con el método de percusión, usando un equipo portátil de marca *TMG Geotechnical Distribution*. El método consiste en hincar a golpes en el terreno un muestreador partido estandarizado. El mazo utilizado, que tiene un peso de 140 lb, se dejó caer desde una altura de 30 pulgadas. Las dimensiones del muestreador son estandarizadas y permiten extraer núcleos de los cuales se puede extraer muestras inalteradas del suelo (Ulloa, 2017).

Se realizaron 25 perforaciones (Figura 2). A los pozos se les realizó un soplado con aire comprimido para posteriormente ser entubados con las siguientes características:

Tubería PVC SDR26, 1 1/2" de diámetro

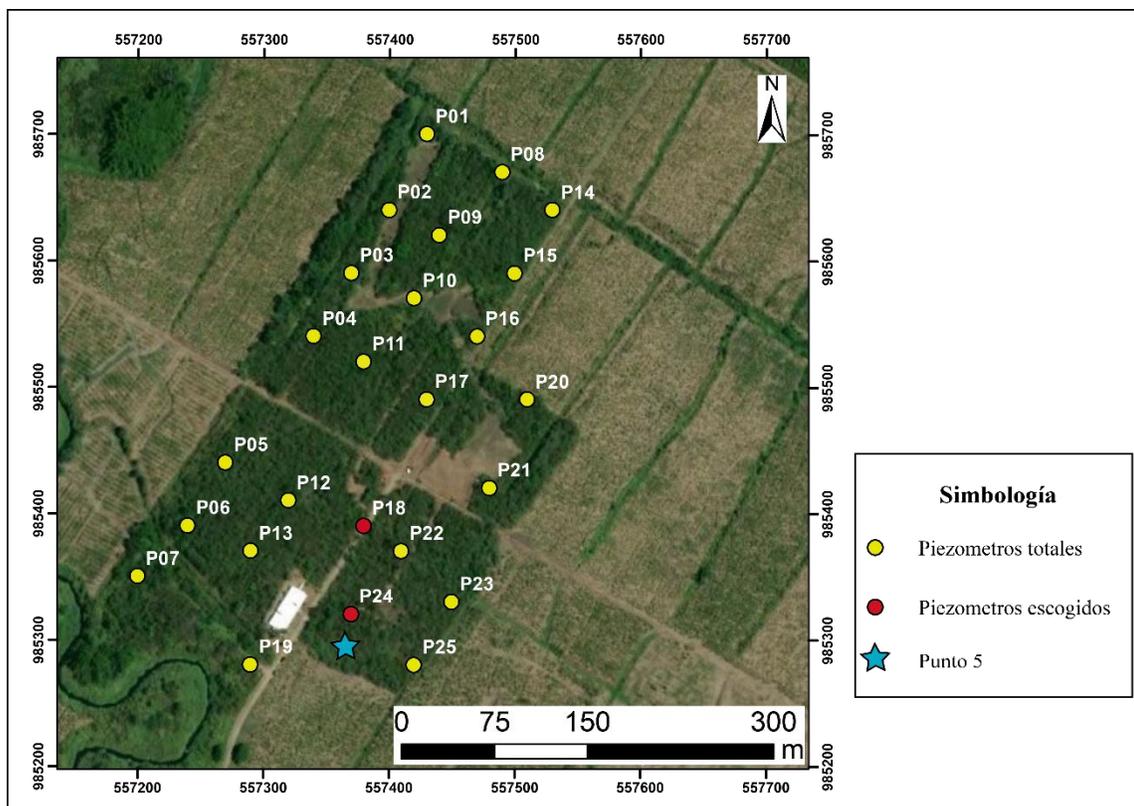
Ademe: de 0 a 4 metros

Rejillas: de 4 a 6 metros, slot 10

Referencia (distancia del tubo al suelo): 0.2 metros

Los núcleos de suelo extraídos tienen una longitud de 6 m, y están contenido en 9 *linners* (tubos de acero galvanizado de 1 1/4") de 65 cm. Los *linners* presentan una bolsa en ambos extremos para garantizar la no contaminación de las muestras, con la indicación y la profundidad del pozo (Ulloa, 2017). Se seleccionaron los núcleos 18 y 24, extraídos cercanos a estructuras de ocupación doméstica denominadas Punto 5 y el Montículo 1 (Figura 2).

Dichos núcleos permitieron generar la información adecuada para concretar los objetivos planteados.



**Figura 2.** Ubicación de los piezómetros perforados y los seleccionados para este estudio y Punto 5 referencia para la selección.

### 1.5.2 Vistas a sitios arqueológicos:

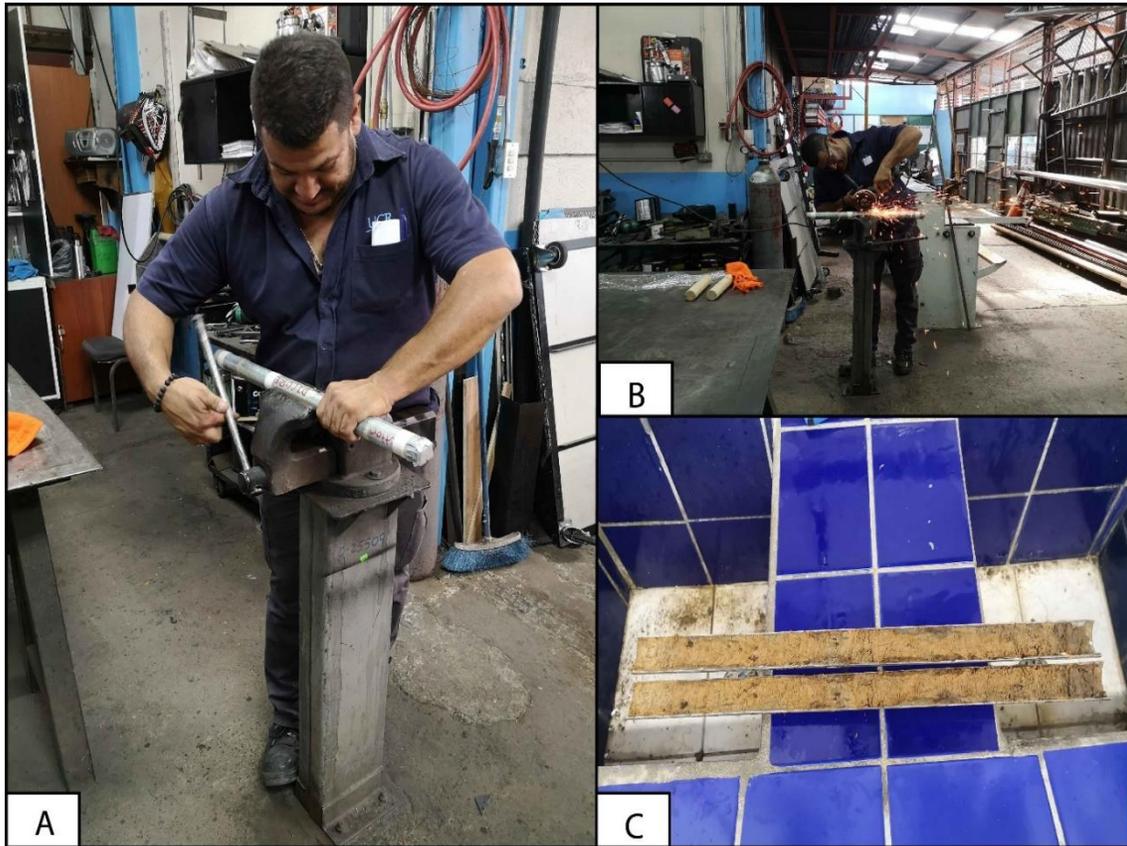
Se realizó un recorrido del sitio arqueológico Finca 6, donde se observó y contextualizó la distribución en el sitio de los piezómetros seleccionados y su cercanía a las estructuras arqueológicas. Con un gps marca GARMIN, se tomaron las coordenadas en formato CRTM05 de las perforaciones investigadas (Figura 3). Además, se visitaron los sitios arqueológicos de Batambal y Grijalba-2 con el propósito de tener un contexto más globalizado de las ocupaciones precolombinas en el delta y alrededores.



**Figura 3.** Piezómetros y estructuras sitio arqueológico Finca 6. A. Coordenadas piezómetro 18; B. Coordenadas piezómetro 24; C. Esferas reubicadas; D. Esferas alineadas.

### 1.5.3 Muestreo y levantamiento sedimentológico de los núcleos:

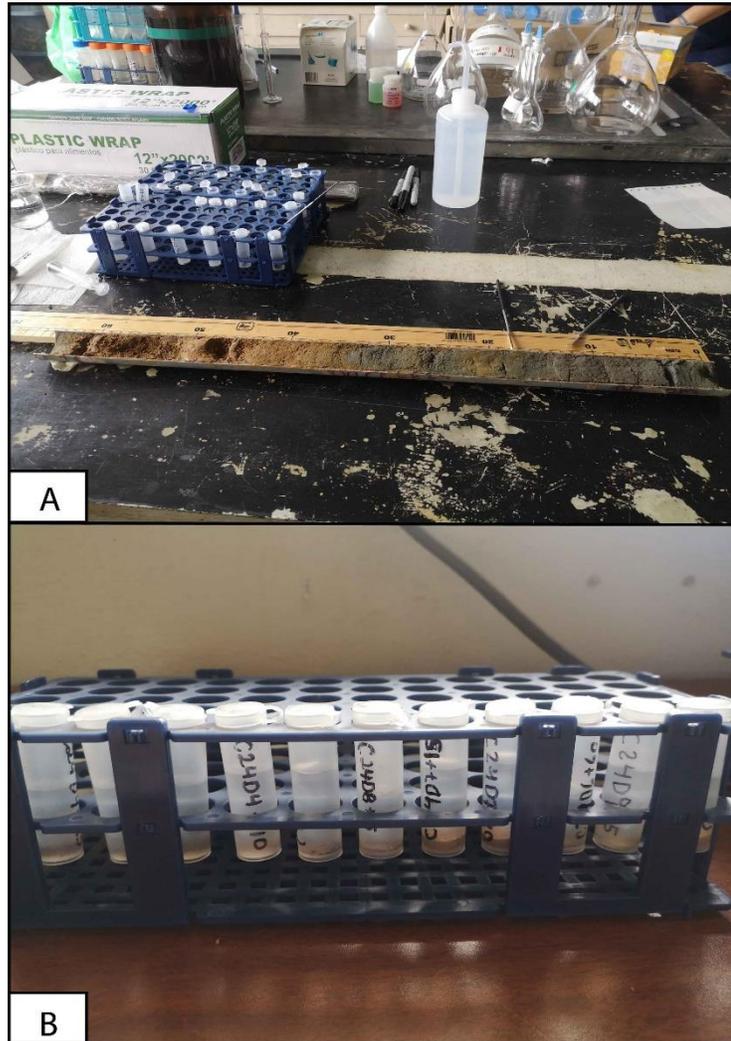
Se cortaron los núcleos longitudinalmente con una sierra eléctrica marca Dewalt en el taller de soldadura de la Sección de mantenimiento de la Universidad de Costa Rica (UCR) (Figura 4). Una mitad de los núcleos quedó como testigo y la otra se utilizó para los análisis. Se tomaron fotografías y se describieron los núcleos. Se determinaron las características siguientes: espesor de las capas, color, tamaño de las partículas, contenido fósil, contenido de materia orgánica, forma y textura de las partículas. Se realizó un frotis en un portaobjeto de cada capa de suelo que se consideraba pertinente, para posteriormente describir el material con más detalle en el estereoscopio motic SMZ-161. Se construyeron las columnas estratigráficas correspondientes para los dos núcleos estudiados. Un total de 148 muestras fueron extraídas (Figura 6) del núcleo 18 y 136 del núcleo 24 con un muestreador cilíndrico. Estas muestras se tomaron por duplicado cada 5 cm a lo largo de secciones de 6 m aproximadamente. Cada muestra tiene un volumen de 1 cm<sup>3</sup>. Se utilizaron 142 de las muestras para el análisis de partículas de carbón y 36 para la detección de polen de maíz.



**Figura 4.** Proceso de apertura de núcleos. A. Ajuste del núcleo en barra de metal; B. Corte del núcleo; C. Núcleo abierto con sus dos mitades.



**Figura 5.** Preparación para la toma de fotografías longitudinales del núcleo 24. A. Desempaque y limpieza de núcleos; B. Empaquetamiento del núcleo.



**Figura 6.** Muestreo de polen y carbón. A. Muestreo de núcleos; B. Muestras listas para procesar.

#### 1.5.4 Procesamiento de muestras

##### **Polen de maíz (*Zea mays*):**

Para ese procesamiento se deben utilizar tubos de ensayo donde se procesan las muestras los cuales se acomodan en un soporte para tubos.

El sedimento se ataca una vez con ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de potasio (KOH) y se calienta con un calentador de bloques para tubos Thermo Scientific 88870002 entre 10 y 30 min a 85 °C, y se realiza un lavado con agua después de

cada aplicación. Luego se aplica Pirofosfato de Sodio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) de 2 a 3 veces dependiendo del tipo de sedimento, se calienta entre 10 y 30 min a  $85\text{ }^\circ\text{C}$ , realizando al menos 5 lavados después de la aplicación del reactivo y su respectivo centrifugado con la centrifugadora Thermo Scientific EM 0776.

Una vez el agua se encuentre clara, se desecha y se aplica  $\text{CH}_3\text{COOH}$  Glacial, desechar, después se realiza el proceso de acetólisis, que consiste en aplicar una proporción 90%  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$  / 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , calentar a  $75\text{ }^\circ\text{C}$  por al menos 30 min, desechar y por último aplicar  $\text{CH}_3\text{COOH}$  10%, siguiendo protocolos estándares (Faegri et al., 1989).

Después, se aplican 2 a 3 lavados de HF a 20%, en cada uno se dejan al menos 24 h en HF y se calienta por 30 min a  $75\text{ }^\circ\text{C}$  hasta disolver el sedimento restante. En medio de todos los lavados, ya sean reactivos o agua se debe decantar la muestra utilizando una centrifugadora.

Finalmente, las muestras se colocan en viales, se les añade unas gotas de glicerina, se ponen a secar en un horno Thermo Scientific OSG100 y se montan en un portaobjetos. Cada muestra se analiza utilizando un microscopio de luz transmitida Zeiss con aumento 63x y 100x.

Se cuenta cada polen de maíz (*Zea mays*) presente en las 36 muestras. La identificación del polen se basó en la comparación con las muestras de referencia de la Base de datos de polen neotropical (Bush y Weng, 2007) y los trabajos publicados (Hooghiemstra, 1984; Roubik y Moreno, 1991).

### **Partículas de carbón vegetal:**

Utilizando un soporte para portar los tubos de ensayo, se agrega dos veces  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  al 10% en las muestras y se calientan al menos 20 min a  $85\text{ }^\circ\text{C}$ . Entre cada aplicación, se lava de 4 a 5 veces con agua y se tamiza con una malla de  $100\text{ }\mu\text{m}$ . Finalmente, se almacena en cajas de petri (Figura 7). Las partículas filtradas se conservan y entresacan en agua.



**Figura 7.** Procesado de muestras de carbón. A. Sedimento agua listo para tamizar; B. Muestras con agua listas para centrifugar; C. proceso de centrifugado para decantación.

Cada muestra se coloca en un plato de Petri y se entresacan las partículas de carbón utilizando un estereoscopio Motic con un aumento de 2x. Una vez separados los fragmentos

de carbón vegetal del resto del material, las partículas se fotografían con la cámara digital del estereoscopio. Estas fotografías se utilizan para calcular el área de superficie de cada partícula con el software ImageJ (Rasband, 2005). El programa se calibra de manera que las áreas de las partículas correspondan con su tamaño real. Para esto se utilizan las siguientes opciones dentro del programa: *Analyze, set scale* (utilizando una imagen de tamaño conocido); una vez calibrado, se realiza el cálculo del área de las partículas de la siguiente forma: *image: type, 8 bite; image, threshold* (donde se ajusta un poco la sensibilidad manualmente); *process, binary, make binary*; *analyze, analyze particles*.

Luego, se crea un libro Excel donde se coloca la información, lo que permite calcular parámetros tales como: sumatoria, moda, media y mediana, y así poder graficar los datos de concentración. Debido a que cada muestra tiene un volumen conocido de 1 cm<sup>3</sup> y que los datos de las imágenes corresponden con un área conocida, se pudo hacer el cálculo de una concentración. El procedimiento anterior fue modificado de López (2015).

Adicionalmente, se tomaron fotografías de estereoscopio y microscopio electrónico de barrido para describir los distintos tipos de carbón. Las partículas de carbón, fueron montadas en bases metálicas con cintas de carbón doble cara. Posteriormente fueron analizadas en el microscopio electrónico de barrido marca Zeiss, modelo Sigma 300 ubicado en el Centro de Investigaciones en Estructuras Microscópicas. Lo anterior permitió tener más detalle de la morfología de los distintos tipos de partículas carbón.

#### 1.5.5 Análisis y correlación de datos:

Una vez obtenidos los cálculos de concentración para ambos indicadores (polen y carbón) se realizaron gráficos de concentración vs profundidad. Se graficaron las concentraciones con la función  $\text{Log}(x+1)$ , la cual permite una mejor visualización de los datos, ya que existe una a gran variabilidad de rango de concentraciones obtenidas para Finca 6, y con esta función se logró observar estas variaciones a lo largo de los núcleos y por ende de los pisos de ocupación humana.

Finalmente, estos datos se correlacionaron con los asentamientos humanos y con eventos naturales (ej. inundaciones). Además, se relacionaron los datos obtenidos con los patrones regionales de cambio de los indicadores (polen y partículas de carbón) en otros sitios arqueológicos donde existen estudios de este tipo.

## **2. Resultados**

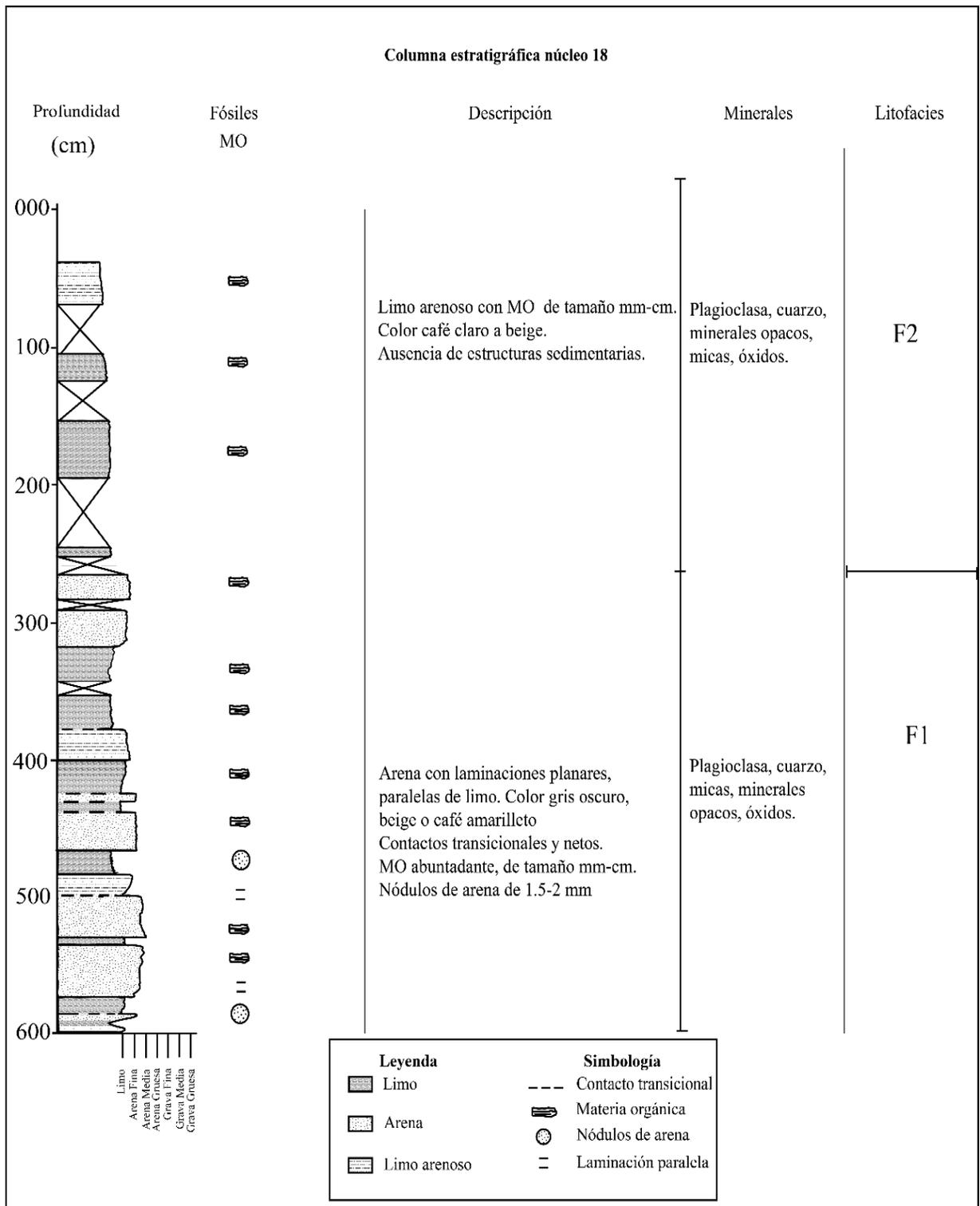
### **2.1 Petrografía y descripción de facies**

Se establecieron dos facies repartidas equitativamente en ambos núcleos (Figuras 8 y 9): (F1) Intercalaciones de arena, nódulos de arena y glauconita y (F2) Limo arenoso con materia orgánica. Estas facies se agruparon según sus características litológicas y petrográficas.

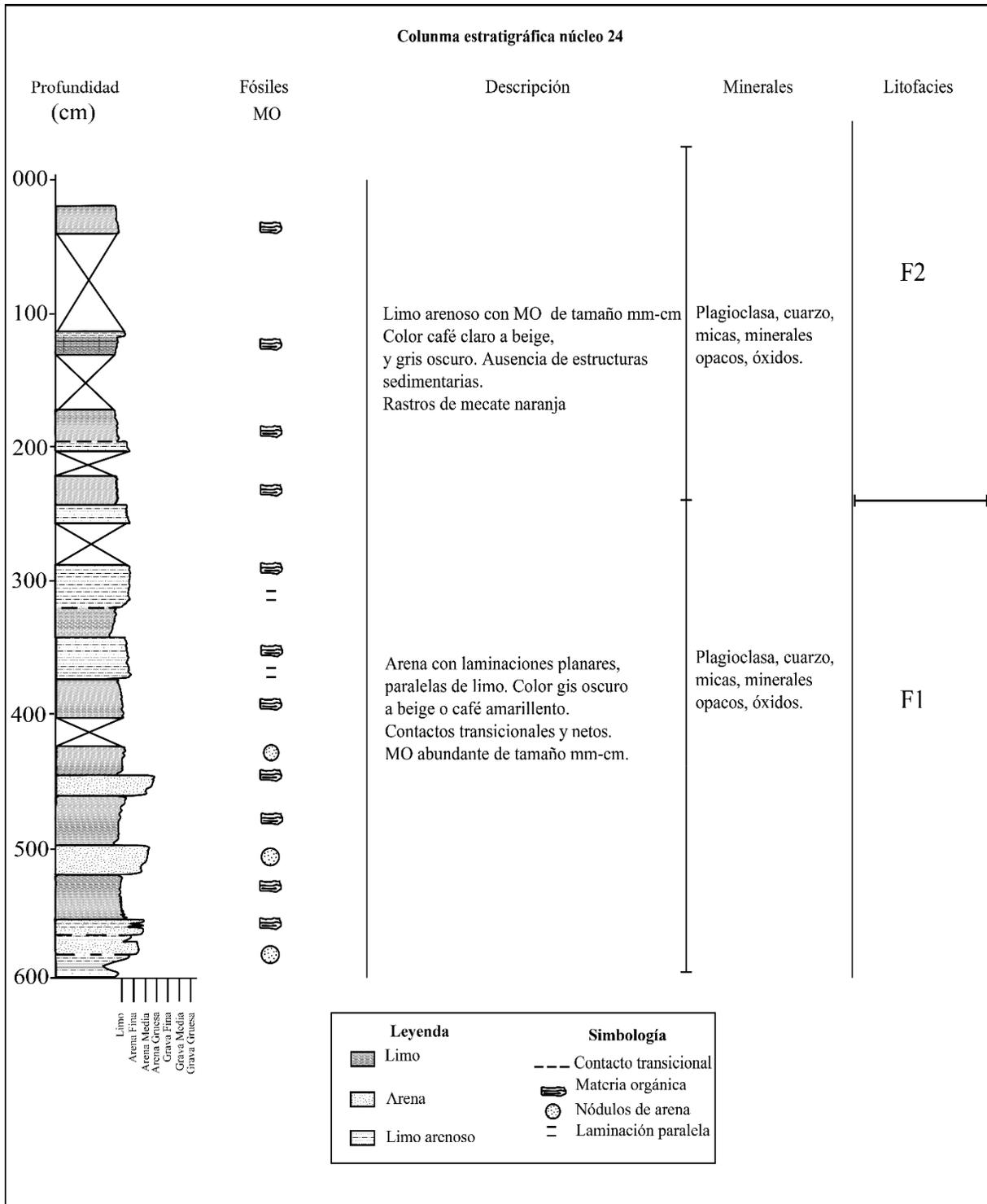
#### **(F1) Facies de intercalaciones de arena, nódulos de arena y glauconita:**

Esta facies consiste en arenas finas a medias, con colores que varían desde gris oscuro y tonos cafés. Tiene un espesor promedio de 3,5 m en ambos núcleos (Figuras 8 y 9). Los estratos de arena están intercalados con materiales limosos. Ambas texturas contienen una gran cantidad (<1-20%) de clastos de materia orgánica de tamaños mm a cm (0,3-20 mm). También se observan, en ambos núcleos, nódulos esporádicos de arena media a gruesa y laminaciones planares paralelas. Los contactos entre estratos son netos o transicionales.

Los minerales principales son: cuarzos, mayormente cristalinos y menormente lechosos; las micas, hojosas, incoloras a rosadas o amarillentas, con una concentración más alta de 500 a 600 cm de profundidad. Además, se observan, plagioclasas tabulares, vítreas, incoloras. Los óxidos, rojizos a amarillentos y de tamaño milimétrico a centimétrico son comunes. Entre 500-550 cm de profundidad del núcleo 18 y 560-606 cm del núcleo 24, se observa un estrato gris verdoso. Este contiene minerales de alteración de clorita, epidota, glauconita y otros opacos difíciles de identificar.



**Figura 8.** Columna estratigráfica del núcleo 18. Se muestran las principales características observadas y las facies determinadas.



**Figura 9.** Columna estratigráfica núcleo 24 Se muestran las principales características observadas y las facies determinadas.

**(F2) Facies de limo arenoso con materia orgánica:**

Esta facies consiste en limo-arcilla con intercalaciones esporádicas de estratos cm de arena fina color café claro a oscuro. El espesor promedio es de 2,4 m en ambos núcleos (Figuras 8 y 9). Su grado de compactación es menor que en la facies F1. Ambas texturas contienen una gran cantidad (1-20%) de clastos de materia orgánica de tamaños de 0.1mm a 2 cm. No posee estructuras sedimentarias visibles. La mayoría de los estratos tienen un aspecto grumoso. Presenta una mayor cantidad de hiatos que F1, sobre todo en la parte superior cercana al techo. Los contactos entre estratos son netos.

Los minerales principales son: cuarzos, vítreos y lechosos; plagioclasas tabulares, blancas a vítreas; micas hojosas, blancuzcas a amarillentas. Se observa un alto contenido de óxidos naranjas a rojizos y otros opacos indeterminados.

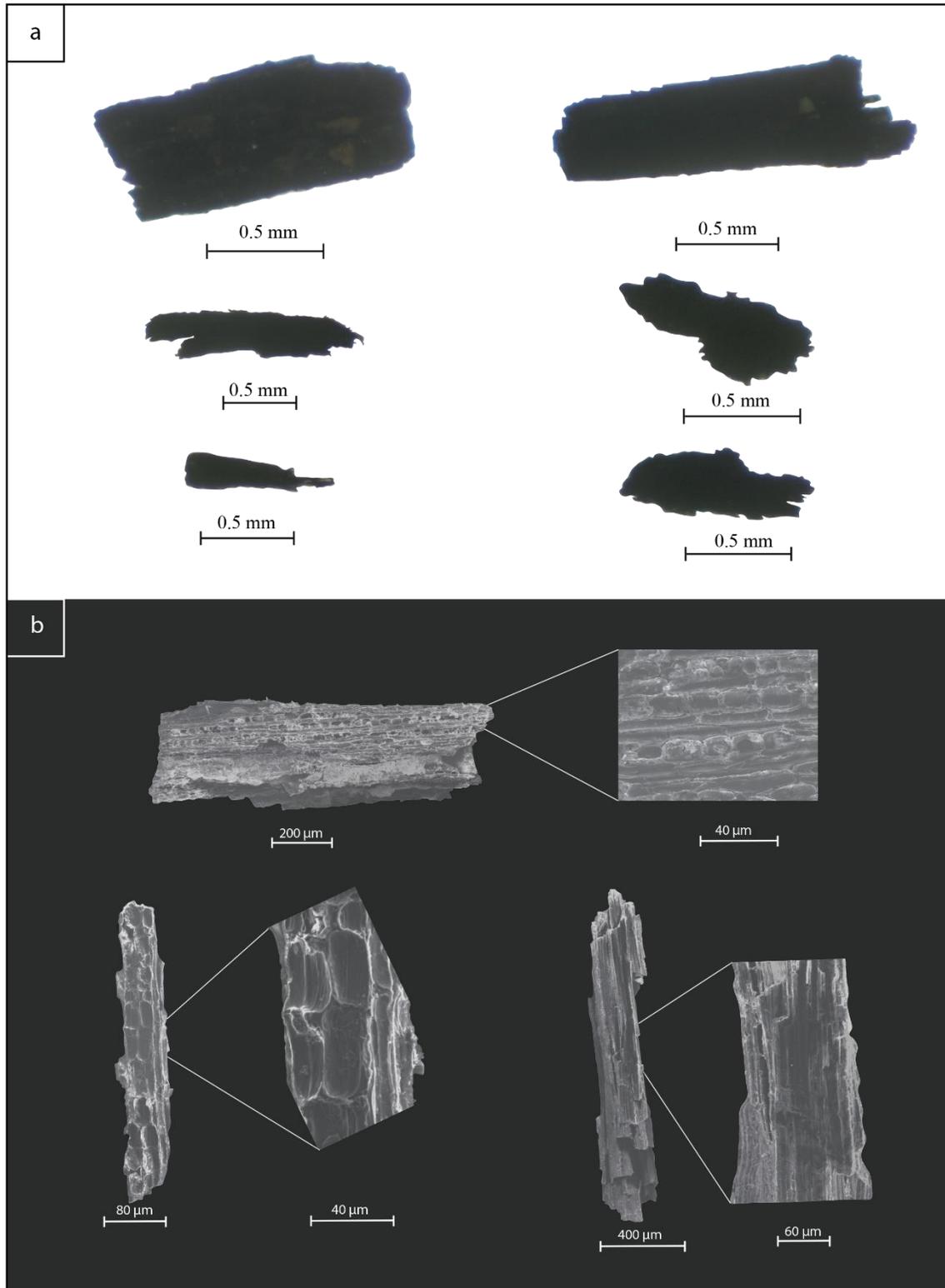
## **2.2 Descripción y concentración de partículas de carbón**

### **2.2.1 Tipos de partículas de carbón**

Se encontraron 5 tipos de partículas de carbón, clasificadas de acuerdo con su morfología. Los fragmentos son generalmente de origen orgánico. No obstante, también se encuentran clastos de carbón dicho “no orgánico” o “carbonizado”, afectados por el fuego.

#### **Partículas de carbón tabular:**

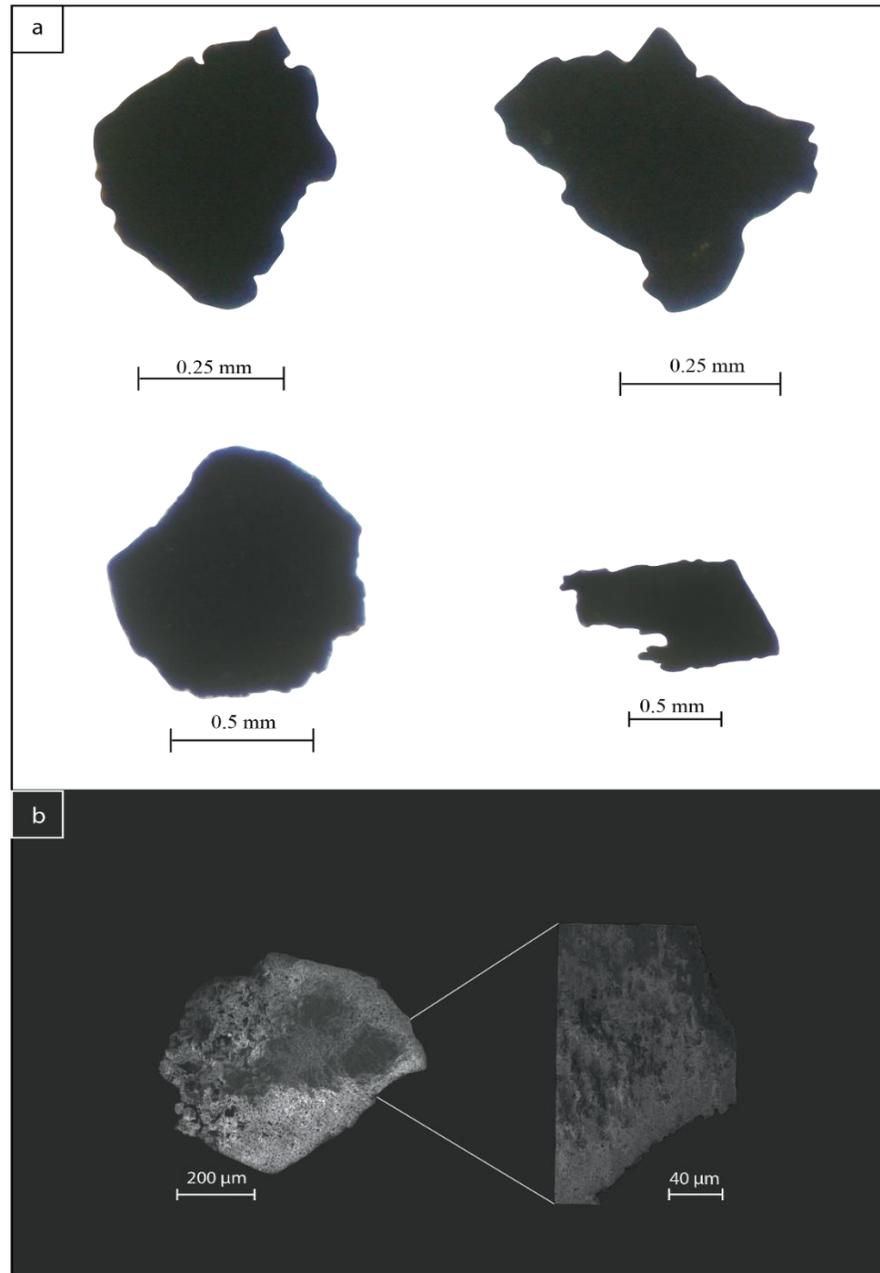
Estos fragmentos se observan en casi todas las muestras de ambos núcleos. Son de forma tabular (Figura 10 a-b). Se componen por fibras muy frágiles que suelen desprenderse con facilidad. La textura de la pared es reticulada. Son de color negro a pardo muy oscuro, y opacos con brillo tornasol característico de partículas quemadas. Miden de 150  $\mu\text{m}$  hasta 5 mm.



**Figura 10.** Partículas de carbón tabular. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido.

### Partículas de carbón no tabular:

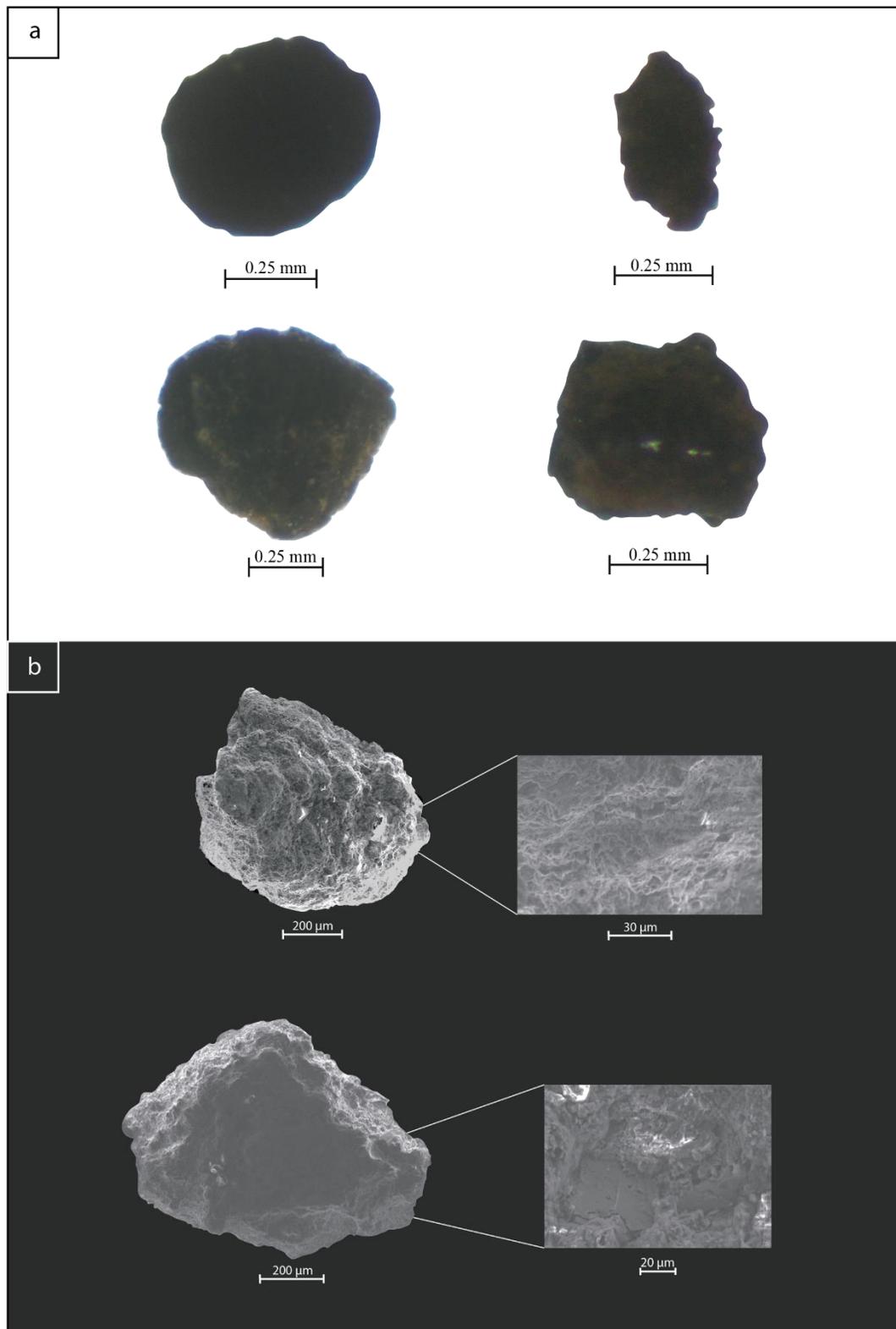
Estas partículas de carbón poco abundantes aproximadamente 1% de total de partículas en las muestras. Se componen por prismas cortos bastante frágiles (Figura 11). La textura de la pared es porosa (Figura 11). Son de color negro, opaco, y pocas partículas tienen brillo. Miden de 100  $\mu\text{m}$  hasta 3 mm.



**Figura 11.** Partículas de carbón no tabular a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido.

**Partículas de carbón no orgánico:**

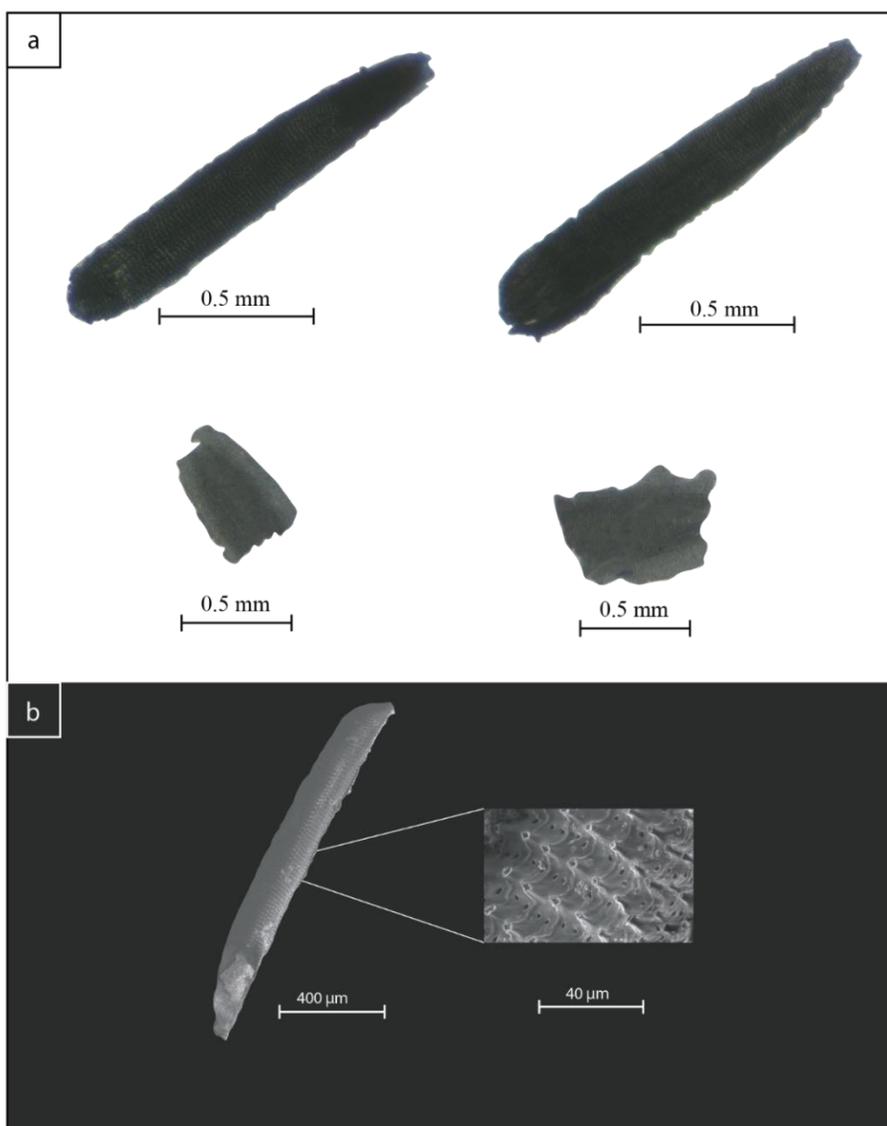
Corresponden a fragmentos no orgánicos (litoclastos o posibles fragmentos cerámicos) carbonizados. Están presentes en casi todas las muestras. Se pueden observar algunos minerales alterados dentro de ellas, tipo biotitas, cuarzos y plagioclasas. Son, en su mayoría, de formas sub angulosas a sub redondeadas (Figura 12). Su estructura es aglomerada. Su color varía desde pardo muy oscuro hasta negro, suelen ser opacos, pero en algunas ocasiones presentan brillo submetálico. Miden de 100  $\mu\text{m}$  hasta 8 mm.



**Figura 12.** Partículas de carbón no orgánico. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido.

### Partículas de carbón aciculares:

Estas partículas de carbón se encuentran en muestras con profundidades de 220 cm a 380 cm. Son poco abundantes (<1%). Tienen formas aciculares y huecas (Figura 13 a-b). Poseen una pared perforada de forma cuadriculada (Figura 13b), y por lo general se encuentran incompletas debido a su fragilidad. Son de color negro y poseen una fuerte iridiscencia. Miden de 100  $\mu\text{m}$  hasta 2 mm.

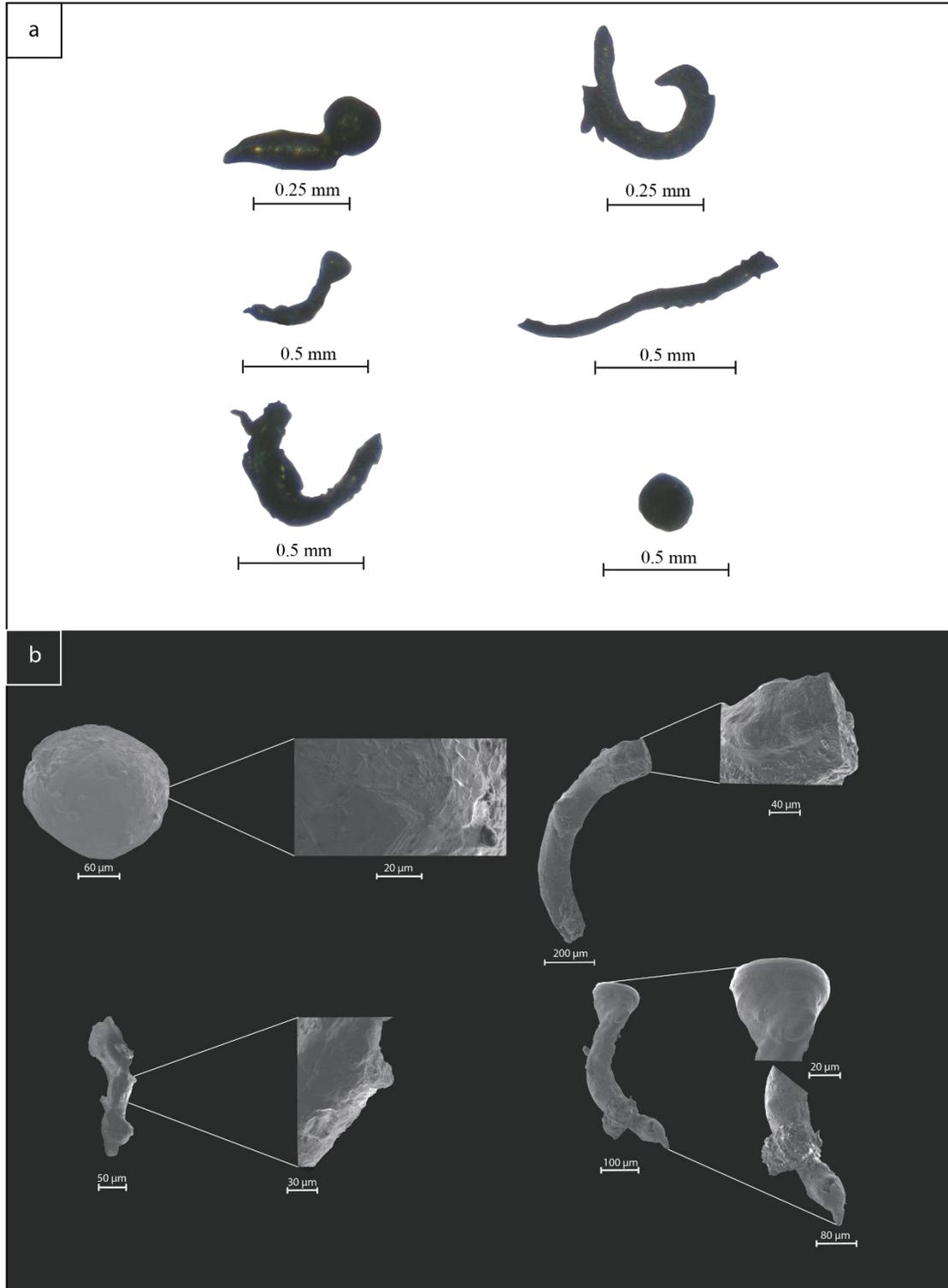


**Figura 13.** Partículas de carbón aciculares. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido.

**Partículas de carbón de forma irregular:**

Estos fragmentos se pueden encontrar en distintas profundidades, desde 100 cm hasta 400 cm, en ambos núcleos. No tienen una sola forma definida, aunque muchos suelen ser redondos, y otras tener una parte alargada, adherida a la parte redonda (Figura 14a-b). Esta parte alargada suele encontrarse también de manera solitaria y a veces rizada. La pared es generalmente lisa (Figura 14b), aunque algunas presentan pequeños grumos.

Estas partículas son las más resistentes. Son de color negro, presenta brillo tornasol, y también son las más iridiscentes de las partículas encontradas. Miden de 100  $\mu\text{m}$  a 0.5mm.



**Figura 14.** Partículas de carbón de forma irregular. a. Partículas bajo el microscopio de luz. b. Partículas en el microscopio electrónico de barrido.

### 2.2.1 Concentración de partículas de carbón

Se detectó carbón en 140 muestras de 142 analizadas. Las muestras C24D7+20 y C24D7+15, extraídas entre 448 y 453 cm en núcleo 24, no contienen partículas de carbón.

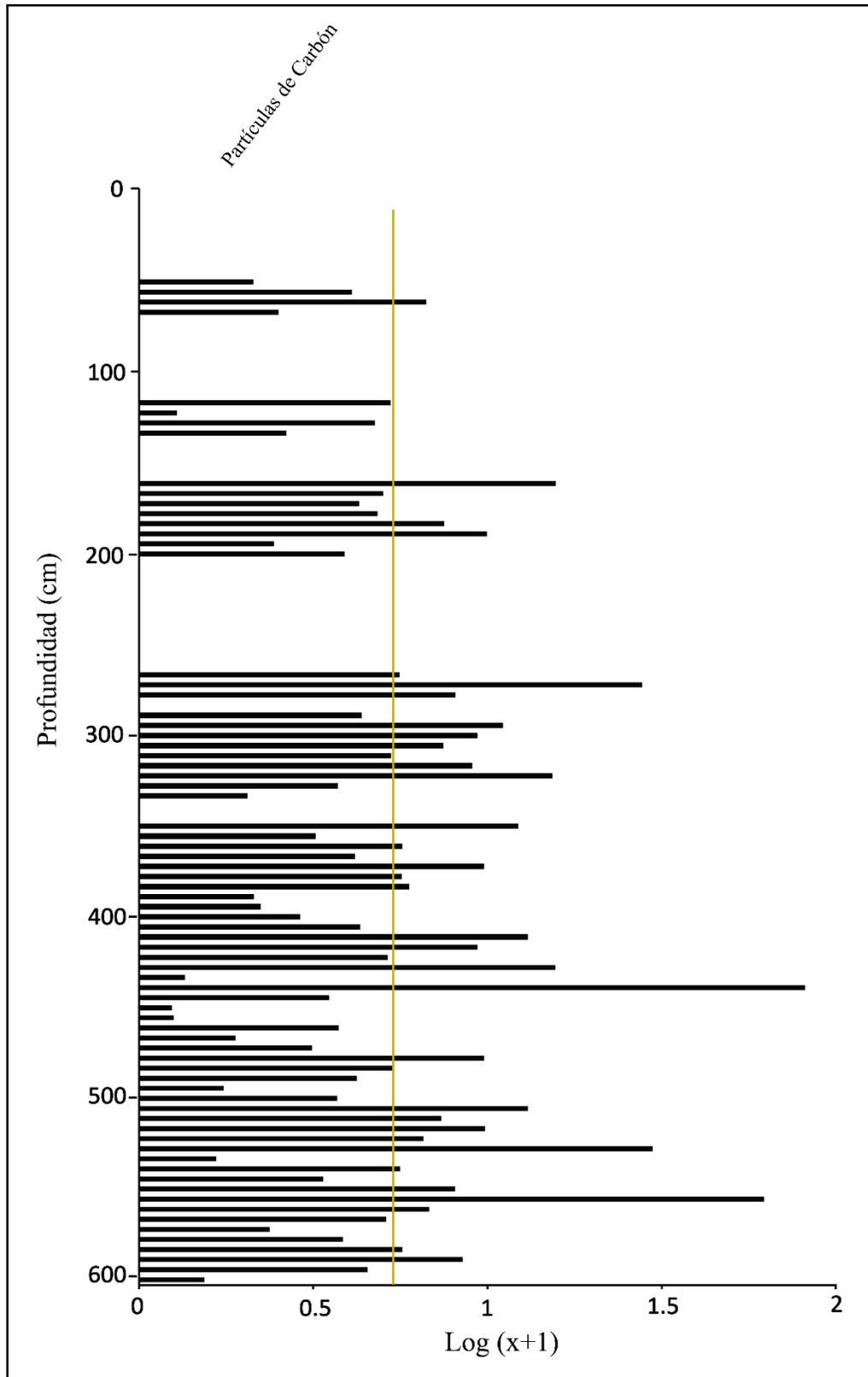
El rango de concentraciones del núcleo 18 es de  $0.239 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$  la mínima en una profundidad de 453 cm y la máxima de  $80.390 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$ , en una profundidad de 443 cm, con un promedio de  $7.11 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$  (Figura 15).

El rango de concentraciones del núcleo 24 es de  $0.4605 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$  la mínima en una profundidad de 297 cm y la máxima de  $219.729 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$  en una profundidad de 468 cm con un promedio de  $13.331 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$  (Figura 16).

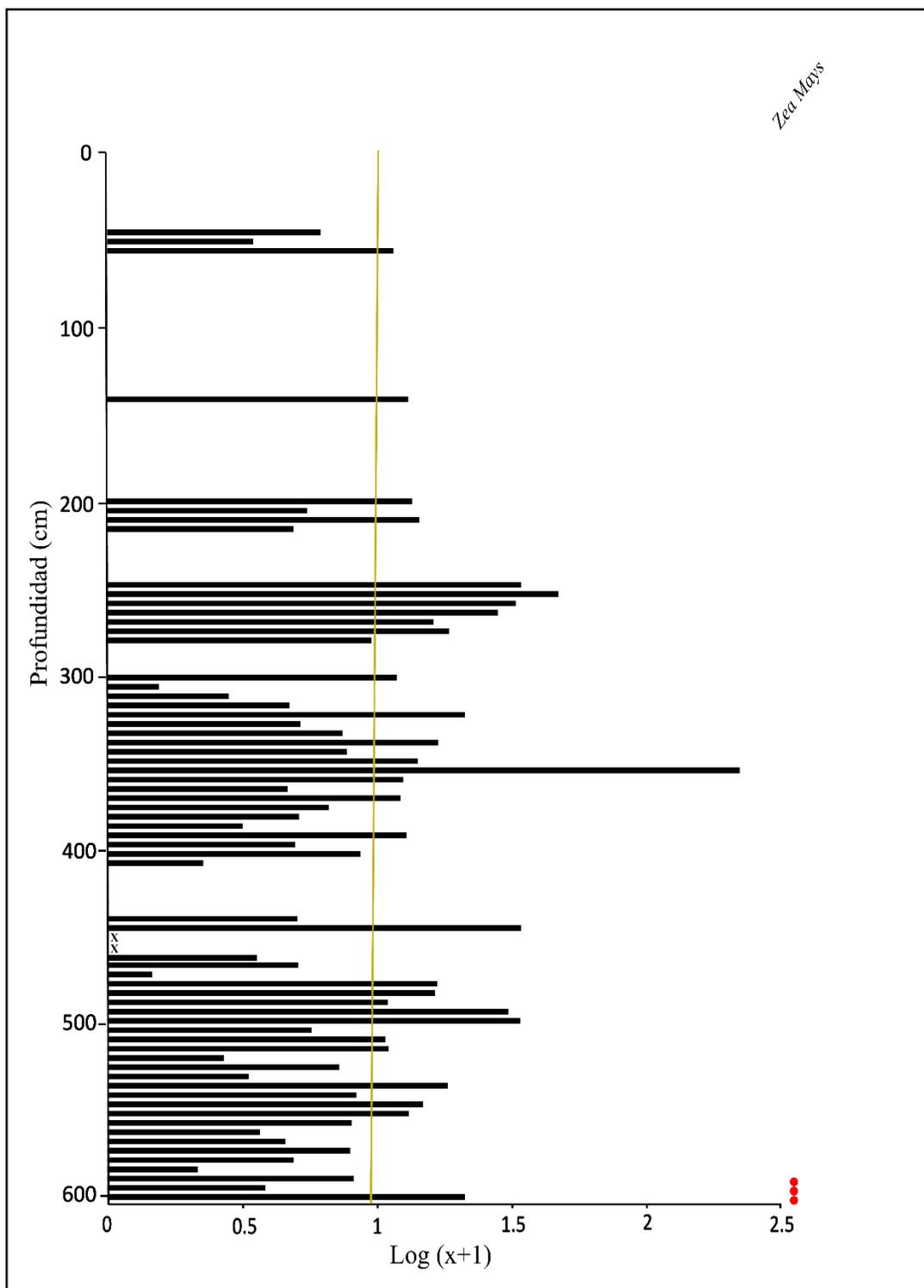
En el núcleo 18 se detectaron partículas de carbón en toda su profundidad, en las 74 muestras (Figura 15). Las mayores concentraciones se encuentran en la mitad más profunda, de 240 a 606 cm. En la parte superior se observa una disminución de las concentraciones junto a una menor recuperación de sedimento.

En el núcleo 24 se detectaron partículas de carbón en toda su profundidad, en 66 de las 68 muestras exceptuando las muestras de las profundidades 448 y 553 cm (Figura 16). Las concentraciones son mayores en la mitad inferior entre los 280 a 606 cm.

En la parte superior de ambos núcleos se observa una disminución de las concentraciones junto a una menor recuperación de sedimento.



**Figura 15.** Concentración de las partículas de carbón del núcleo 18. Graficado como profundidad  $\text{Log}(x+1)$ , la línea amarilla indica el promedio de la concentración.



**Figura 16.** Concentración de las partículas de carbón y detección de polen de maíz del núcleo 24. Graficado como profundidad vs Log (x+1), la línea amarilla indica el promedio de la concentración.

## 2.3 Polen de maíz

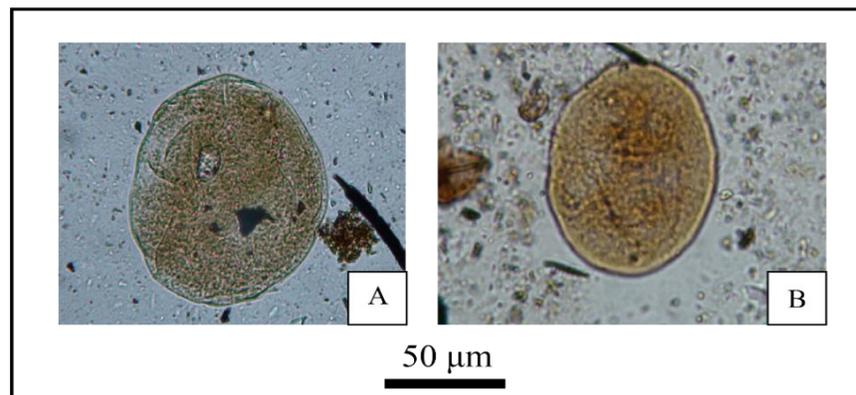
### 2.3.1 Descripción morfológica y presencia del polen de maíz (*Zea mays*)

En esta investigación se utilizó el núcleo 24 para establecer la presencia de polen de maíz como indicador de agricultura de maíz ya que en el núcleo 18 no se detectó polen de maíz reconocible. Sus características se describen a continuación:

**Cuadro 1.** Descripción del polen maíz.

Familia: Poaceae
Nombre científico: <i>Zea mays</i>
Nombre común: Maíz
<b>Morfología:</b>
Forma: Mónades.
Tamaño: Grande (62 a 125 $\mu\text{m}$ ).
Polaridad: Heteropolar.
Vista: Ecuatorial.
Apertura: Monoporada. Tamaño del poro 12,5 $\mu\text{m}$ . En algunos no se observa por estar dañados.
Estructura de la pared: Gemmadas y granuladas.

Los pólenes de maíz bien preservados y reconocibles como tal (Figura 17) se observan únicamente en la parte basal del núcleo 24, entre 596 a 606 cm (Figura 16).

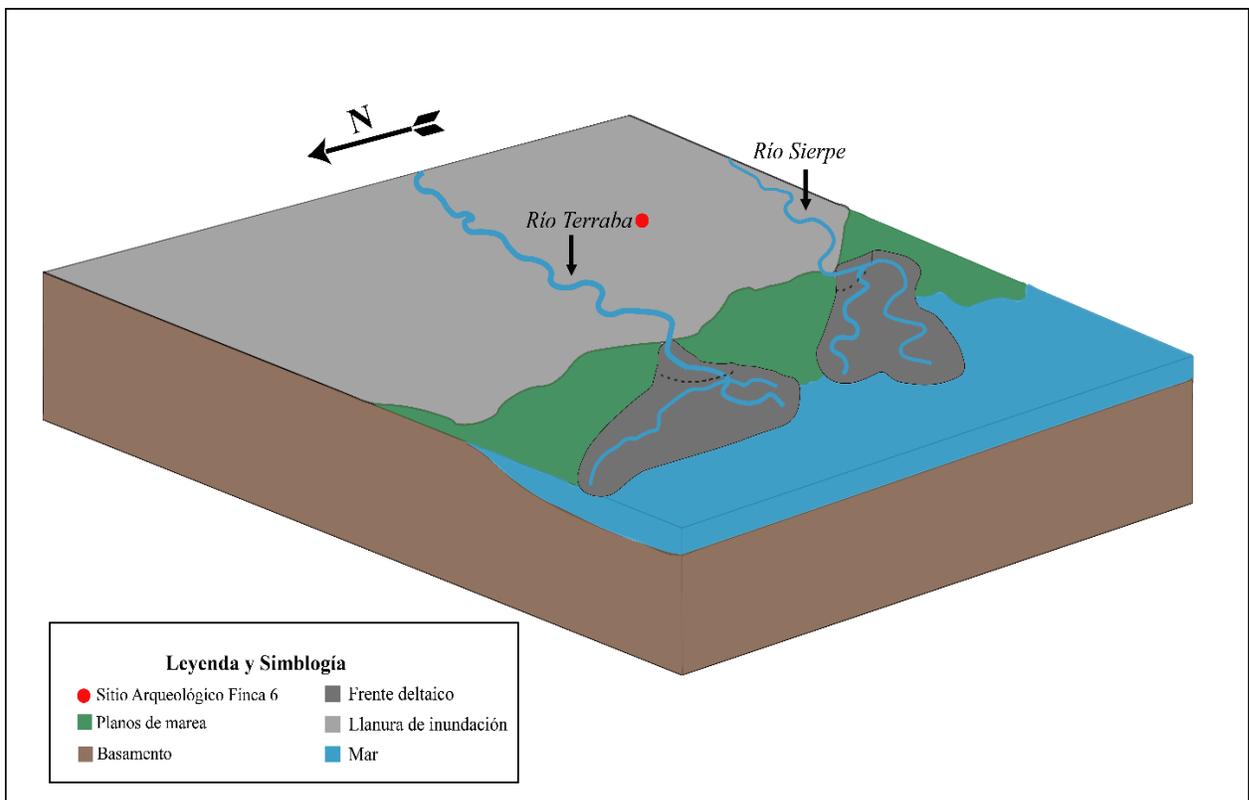


**Figura 17.** Granos de polen de maíz (*Zea mays*) bajo el microscopio biológico. A. Profundidad: 606 cm (muestra: C24D9+5); B. Profundidad: 601cm (muestra: C24D9+10).

### 3. Discusión

#### 3.1 Ambiente sedimentario Térraba-Sierpe

El sitio arqueológico finca 6 se encuentra dentro de un ambiente sedimentario reciente de delta (Figura 18). Los deltas son estructuras costeras que se forman en las desembocaduras de los ríos que aportan más sedimento del que pueden redistribuir los procesos marinos. Los deltas pueden darse en cualquier contexto climático o tectónico, con energía del oleaje y amplitudes de mareas muy variables. Las condiciones esenciales para su desarrollo son un aporte alto de sedimento y una subsidencia adecuada. Se consideran sedimentos deltaicos los que han sido transportados por el río, ya sea que se depositen en medio subaéreos o subacuáticos. Se incluyen en ellos los que han sido remodelados por las olas o las mareas (Dabrio, 1984).



**Figura 18.** Esquema Morfosedimentario del delta Térraba-Sierpe.

El sitio arqueológico Finca 6 se encuentra en la parte más distal del Delta, que se conoce como la llanura de inundación, justo en medio de los ríos Térraba y Sierpe (Figura 18). Los depósitos de esta zona son de grano finos a muy finos, y son atribuidos a grandes eventos de inundación relacionados a fuertes tormentas, o incluso huracanes que usualmente afectan la zona (Figura 19). Estos eventos generan el desbordamiento de ríos con caudal importante, acá el Río Sierpe y el Río Grande de Térraba, derramando el agua y generando depósitos sedimentarios de grano fino, recurrentes en el tiempo.



**Figura 19.** Inundación en el Sitio Arqueológico Finca 6 provocada por el huracán Nate, 2017. A. zona inundada Finca 6; B. grietas de desecación pos tormenta; C. Zona de montículos inundada; D. Zona de montículos inundada (Tomadas por Francisco Corrales).

En el Sitio Arqueológico Finca 6 se encuentran sedimentos con una tendencia al decrecimiento del tamaño de los granos hacia el techo de los núcleos, y predominan los limos. Sin embargo, se pueden encontrar algunas capas de arenas finas más profundas, intercaladas en F1, que presentan espesores más pequeños que la misma en F2. Esas observaciones son consistentes con las de trabajos anteriores, en los cuales se describió una sucesión sedimentaria de tipo levée, con gradaciones normales de arenas hacia limos (Espinoza et al., 2005).

Los procesos de sedimentación que han generado el enterramiento de estructuras arqueológicas continúan ocurriendo en la actualidad. La mejor evidencia de esto es una capa de mecate anaranjado enterrado a una profundidad de 10 cm, que se presenta tanto en el sitio Finca 6, como en las áreas aledañas al sitio, producto de la actividad bananera que finalizó en los años de la década de los 1980 (Figura 20).

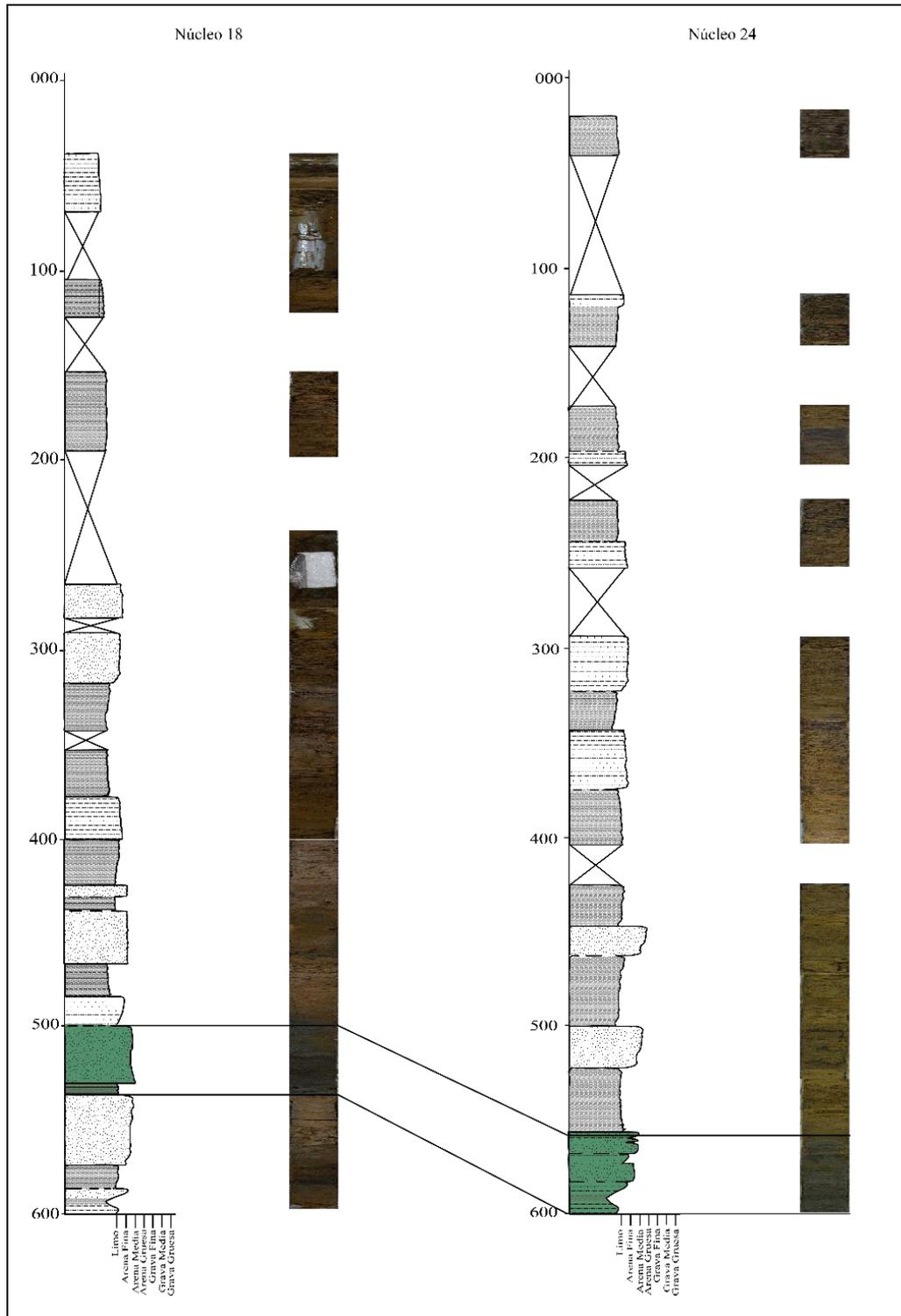


**Figura 20.** Capa de meceses del periodo bananero en el delta del Diquís.

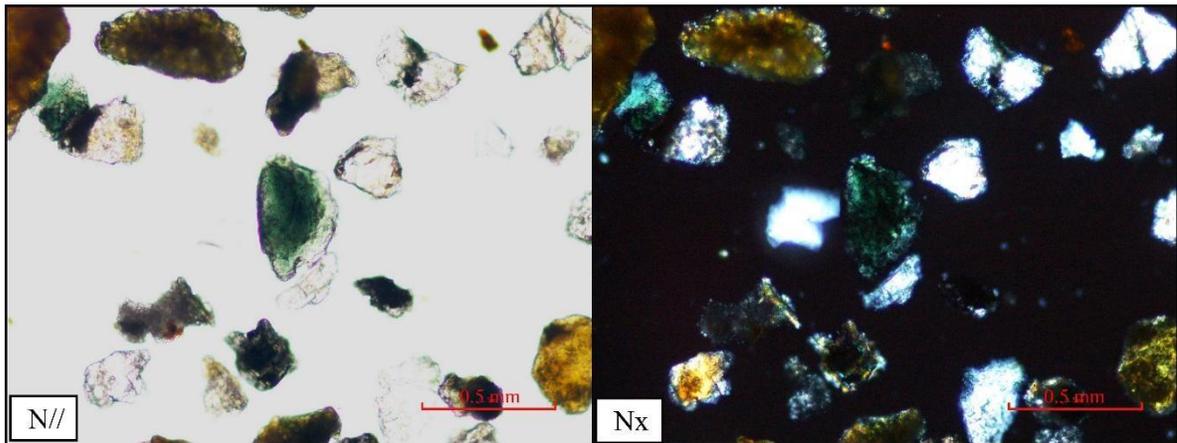
### 3.1.1 Correlación estratigráfica

La correlación de los núcleos 18 y 24 se hizo a partir de criterios litoestratigráficos. Se usó una capa guía de sedimento verde azulado (Figura 21). Las muestras de esta capa presentan, bajo microscopio, minerales de alteración de clorita y de epidota, y, además, el mineral autógeno de glauconita.

Esta glauconita presenta el característico pleocroísmo de color verde esmeralda (Figura 22). La glauconita suele estar ligada a ambientes marinos profundos (Velde, 2014), pero también ha sido encontrada en depósitos superficiales con aporte de sílice terrígeno en ambientes deltaicos actuales (Presti y Michalopoulos, 2008).



**Figura 21.** Correlación litoestratigráfica de los núcleos 18 y 24, Finca 6, utilizando capa guía de sedimento verde azulado con glauconita.



**Figura 22.** Minerales autigénicos de glauconita bajo luz paralela (izquierda) y luz polarizada (derecha); C24D9+25, capa guía de correlación de los núcleos 18 y 24.

### **3.2 Régimen de incendio/fuego en la zona estudiada**

La interpretación del régimen de incendio/fuego corresponde particularmente con la zona de punto 5 del sitio Finca 6 (Figura. 2) y debido a la complejidad del sitio no es posible extrapolar a los resultados a toda el área que ocupa.

La presencia de partículas de carbón en lugares húmedos o con altas precipitaciones se encuentra fuertemente ligada al uso antrópico de la tierra. En estos casos, una mayor cantidad de detección de partículas de carbón en frecuencia temporal implica que existe una actividad antrópica sostenida en el tiempo (Clement y Horn, 2001).

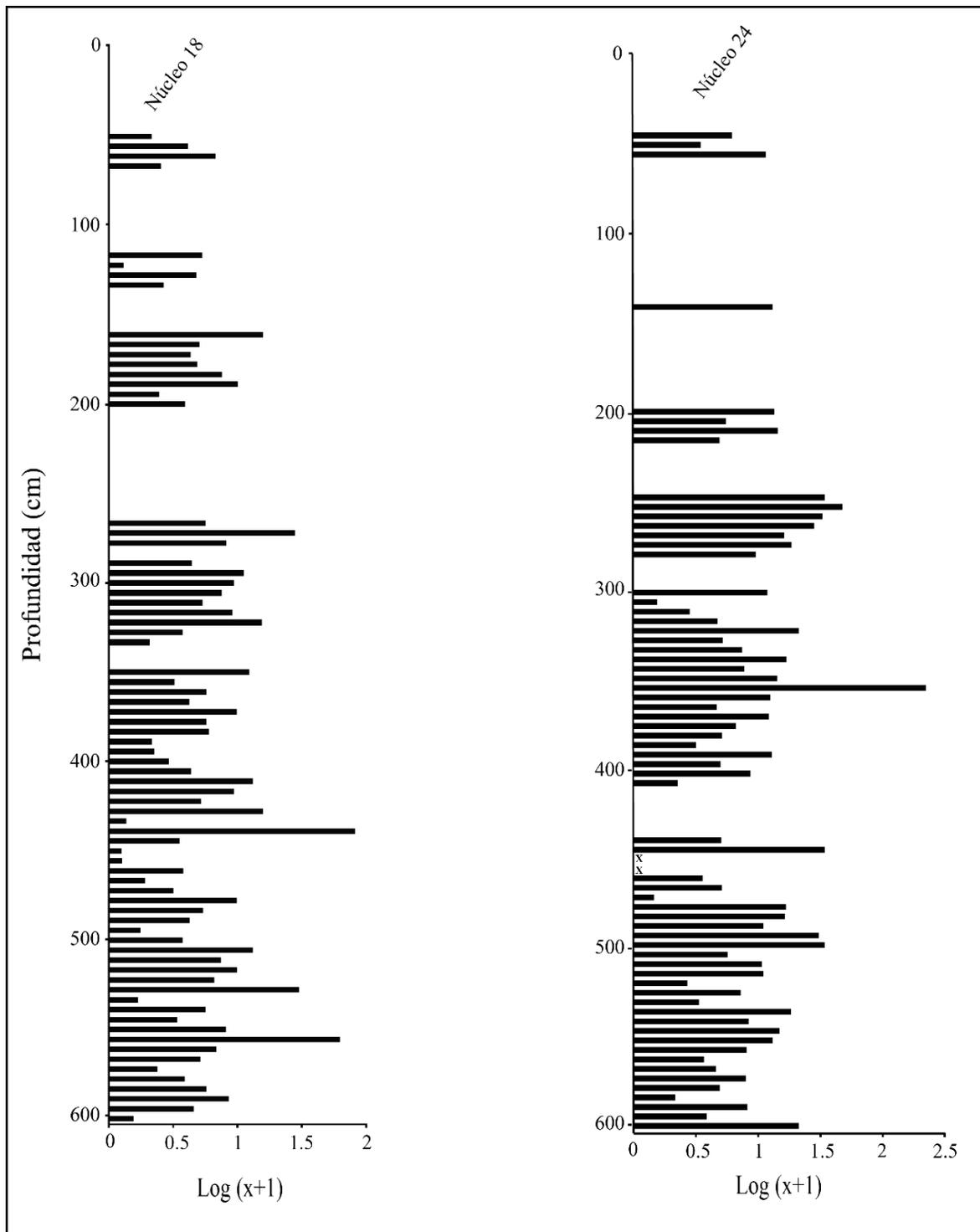
Las fluctuaciones de concentraciones de partículas de carbón en sitios con ocupación comprobada se pueden asociar a varios fenómenos poblacionales para los pueblos precolombinos. Por ejemplo pueden estar ligados a sistemas de agricultura por la preparación de los terrenos y mejoramiento en la fertilidad del suelo para el cultivo, mediante la técnica de roza y quema; en los huertos familiares o áreas de asentamiento para actividades domésticas, como cocinar y quema de residuos; prácticas de manejo que involucran fuego y que también aumentan la disponibilidad de otros recursos, tales como la luz. Estos usos han sido utilizados ampliamente por las poblaciones amazónicas (Levis et al. 2018), y podría ser el caso en Finca 6. También podrían representar periodos de movilización, ya sea intensificación o reducción de la densidad poblacional. Estos cambios

en nivel de ocupación pueden estar ligados a fenómenos climáticos naturales de llenas y sequías, lo que hoy en día sucede con cierta frecuencia y se puede extrapolar al pasado. La tendencia de las partículas carbón en Finca 6 en los núcleos 18 y 24 se puede interpretar como una secuencia estratigráfica, donde existe detección de partículas de carbón en todas sus capas y por ende actividad humana relativamente constante en el tiempo (Figura 23).

Otra explicación para la presencia de carbón en toda la secuencia es la resedimentación, sobre todo en los estratos medios considerados arqueológicamente estériles. Sin embargo al existir variabilidad de capas de sedimento no se debe asumir esta resedimentación para toda la secuencia.

Se puede observar en otros sitios cercanos, al igual que en el registro de los núcleos de Finca 6, que existe una continuidad a lo largo del tiempo, con algunos picos o disminuciones, aunque siempre constante, de la presencia de carbón como es el caso de laguna Los Mangos (Johanson et al. 2019), sin embargo es importante hacer la diferencia ambiental con Finca 6, que este es un ambiente deltaico y laguna Los Mangos lacustre.

En este estudio paleoecológico, efectuado a 30 km en línea recta del sitio Finca 6, siempre en la Subregión arqueológica Diquís. Se registraron concentraciones de carbón que representan 4200 años en 7 m de profundidad. Los picos o fluctuaciones en las concentraciones de carbón se pueden también relacionar a eventos climáticos significativos en el Neotrópico, y a su vez se podrían ligar a eventos antrópicos como es el caso del denominado Sequia del Clásico terminal Maya según Wu et al. (2019).



**Figura 23.** Tendencia del fuego en los sedimentos de los núcleos 18 y 24. Se puede sugerir como periodo de no ocupación o registro de inundación los sectores ubicados en las profundidades entre 550 cm y 570 cm indicados con X para el núcleo 24.

### **3.3 Presencia de polen de maíz**

Se ha estimado que el maíz en América empezó a cultivarse aproximadamente entre 8.000 y 6.500 cal AP, luego de su evolución a partir del teosinte, durante los períodos precerámicos. En el sur de América Central existen datos microfósiles de almidones de varios cultígenos, entre ellos el maíz, mediante evidencia encontrada en Chiriquí, Panamá y Cauca medio, Colombia (Dickau, 2008).

Además, Dickau (2005) encuentran almidones de tubérculos y maíz en herramientas en los sitios arqueológicos Hornito, Trapiche y Casita de Piedra de la Fase Talamanca (7000-4500 AP), localizados en Chiriquí, Panamá.

Messina (2016) encontró fitolitos y almidones de maíz, yuca, ayote, amaranta (*Maranta arundinacea*) y achira (*Canna sp.*) en herramientas de piedra del sitio Piedra Viva en el valle de Turrialba, durante el período Arcaico (6820 ± 30 rcyBP).

Corrales y Badilla (2018) señala la presencia de metates y manos de moler para el delta del Diquís, artefactos utilizados para el procesamiento del maíz, pero no se encuentra evidencia de restos macroscópicos de maíz. Voigt (1985) reporta la presencia de macromuestras de maíz en el sitio Curré, aguas arriba del delta para el período Chiriquí. Drolet (1988) sugiere que el crecimiento poblacional está ligado a la intensificación agrícola con base en el maíz durante el periodo Chiriquí.

En Costa Rica existen evidencias del cultivo del maíz con base en los siguientes estudios de polen: Arford y Horn (2004) en Laguna Martinez y Bradley (1994) en el proyecto Arenal aproximadamente hace 4500 años, en el Lago Cote según Arford (2001) hace 3630 años, en la estación biológica La Selva hace 3250 años según Horn y Kennedy (2008) y Horn (2006) en Laguna Bonillita, hace 2560 años.

En esta investigación se detectó polen de maíz en las partes más profundas del núcleo 24, entre 590 y 606 cm. Dado que su presencia se da en una profundidad y en un estrato, en el cual las investigaciones arqueológicas en Finca 6, no han registrado ocupaciones precolombinas hasta el momento. Se debe tomar con cautela una asociación directa con ocupaciones humanas en el lugar, ya que la evidencia de materiales culturales, por lo general se ha asociado a una capa oscura que no se extiende más allá de 2,5 m de profundidad desde la superficie. La profundidad de los granos de polen de maíz encontrados

es de más de tres metros de las ocupaciones registradas. Sin embargo, las evidencias cercanas a Finca 6, son concordante con lo reportado en estudios paleoecológicos como Clement y Horn, (2001) en Laguna Zoncho de hace 3000 años al presente y Johanson et al. (2019) de hace 3400 a 450 años en laguna Los Mangos. A diferencia de Finca 6, el polen de maíz no solo se encuentra en profundidades, sino que también hay detección cercana a la superficie. En este estudio utilizaron un registro de 7 m de profundidad con 4200 años y detectan polenes de maíz desde los 3400 años.

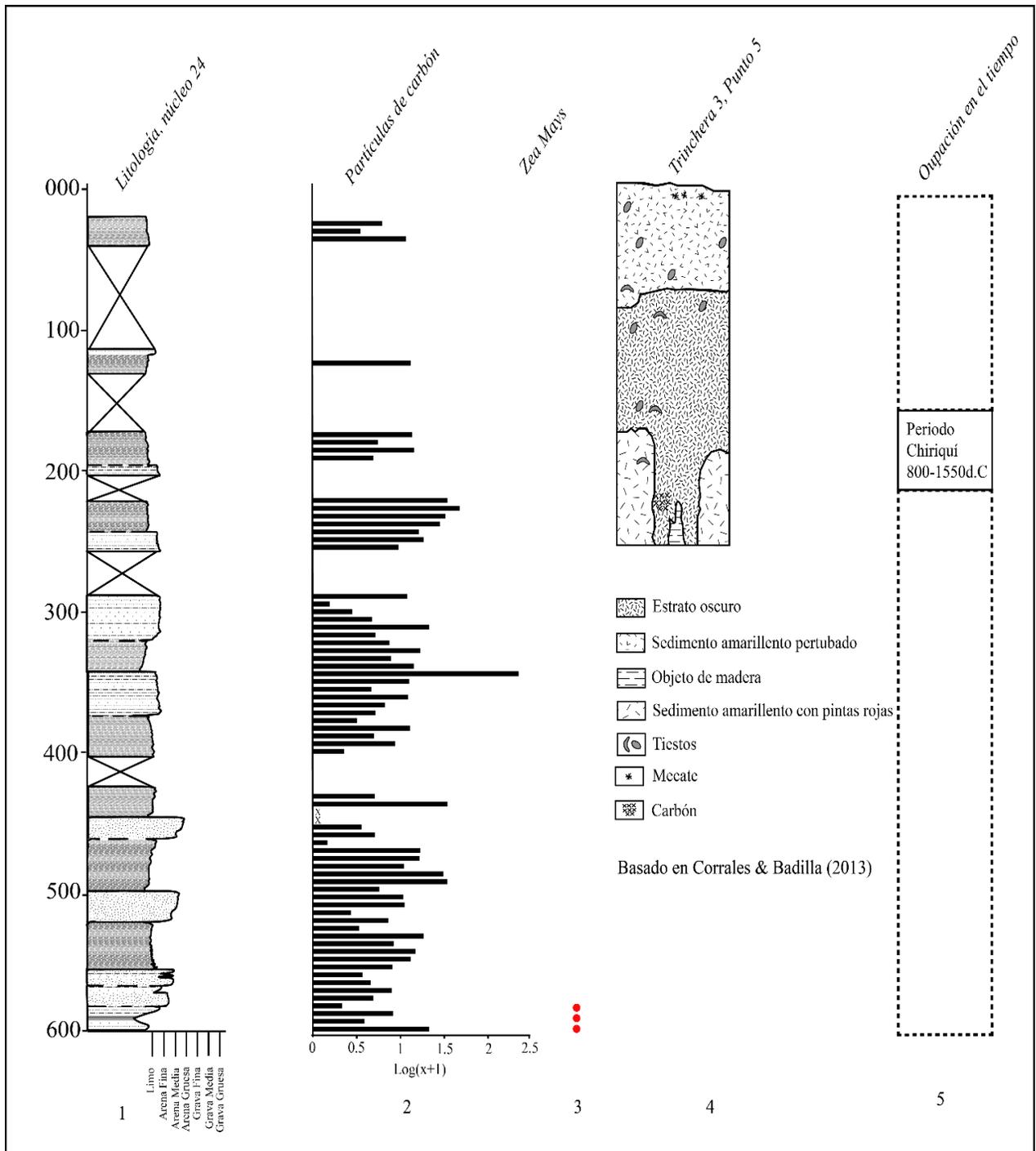
Los granos de polen de maíz no pueden ser transportados grandes distancias (no más de 60 m de la planta fuente) (Raynor et al., 1972). Si este es el caso, su presencia indicaría procesos de cultivos de milpa muy próximos a la zona de depositación. La dificultad con esta explicación es que implicaría una ocupación humana en un ambiente poco propicio con base en las características del sedimento y su profundidad que podrían referirse a un ambiente húmedo del delta, con inundaciones recurrentes, que habría dificultado la ocupación por asentamientos permanentes.

A nivel regional se ha documentado presencia de maíz desde el período Arcaico, por lo que es posible que este correspondiera a una antigua ocupación de los alrededores mucho antes de la ocupación tardía registrada en el sitio luego del 800 d.C.

La ausencia de fechamiento de la capa donde se encuentra el polen dificulta por el momento precisar su temporalidad.

### **3.4 Correlación de datos estratigráficos, arqueológicos y paleoecológicos**

Para la correlación entre todos los datos que fueron utilizados para realizar esta investigación (Figura 24), se utilizó como referencia el núcleo 24 (el más cercano a Punto 5), ya que fue al que se le realizó el análisis de presencia o ausencia de polen de maíz (*Zea mays*). Además, se correlaciona el perfil de suelo de la trinchera 3 del Punto 5, tomado de Corrales y Badilla (2013), donde se muestra evidencia arqueológica. Este sector del sitio es considerado como habitacional y ceremonial durante el periodo Chiriquí (Corrales y Badilla, 2013) y la evidencia arqueológica no se extiende más allá de 2,5 m bajo superficie.



**Figura 24.** Correlación de datos núcleo 24 en el Sitio arqueológico Finca 6. 1. Columna estratigráfica, núcleo 24; 2. Tendencia de partículas de carbón, núcleo 24. 3. Presencia de polen de maíz, núcleo 24; 4. Trinchera 3, punto 5; 5. Piso de ocupación humana, periodo Chiriquí.

En los núcleos estudiados no fue posible realizar dataciones para estimar la edad exacta de los sedimentos. Sin embargo, Baudez et al. (1993) mediante dataciones con radio carbono reporta que la tasa de sedimentación en los estratos menos profundos es de 12cm/siglo (menores a 1.2 m) y en los más profundos 17 cm/siglo para Finca 6.

Con estos datos podría estimar que el maíz pudo haber estado entre 3500 a 4000 años en esta parte del sitio, pero lo ideal para afirmar este dato sería realizar dataciones a partir del núcleo de sedimento extraído, para que estas correspondan directamente a los sedimentos utilizados en la investigación.

Los granos de polen y las partículas de carbón se usan generalmente en conjunto como paleoindicadores. Eso porque, juntos, son de gran ayuda para establecer las prácticas agrícolas más tempranas de las sociedades que habitaban en un lugar determinado. Gracias a esa técnica se obtiene un panorama más amplio y completo sobre estas prácticas de subsistencia y estos comportamientos de movilidad a través el tiempo.

Para Finca 6, la relación entre el maíz y las partículas de carbón indica que la práctica de la siembra de maíz habría empezado mucho antes del periodo Chiriquí, que era donde se esperaba encontrar previo al presente estudio. Pero su posición estratigráfica arroja dudas sobre la temporalidad y factores de depósito.

Por otro lado, la presencia de carbón en todo el espesor de ambos núcleos apoya la idea de una actividad humana previa al periodo Chiriquí, aunque hay una posibilidad de resedimentación en el caso de las partículas de carbón en los estratos medios considerados como estériles arqueológicamente.

Existe una posibilidad de que en las partes superiores de los núcleos existiese maíz no preservado, o demasiado dañado para poder reconocerlo.

Además, la falta de otras evidencias arqueológicas a profundidad mayor de 215 cm es probablemente correlacionable a la altura del nivel freático local, alcanzando los 250 cm.

La gran cantidad de fragmentos inorgánicos quemados permite hacer la hipótesis de que la presencia de carbón se podría relacionar a fogones o suelo quemado en viviendas, o bien a la quema del suelo para cultivar.

Es importante mencionar que esta investigación es un primer acercamiento de evidencia con paleoindicadores. Aún falta mayor evidencia, para demostrar que hubo

ocupación humana más temprana al periodo Chiriquí en el sitio Finca 6, como se ha visto en otros sectores del delta, aunque no a las profundidades en que se encontró el polen de maíz (Corrales, 2017).

Sin embargo, el estudio de los tipos y de las cantidades de partículas de carbón y de pólenes de maíz, puede aportar información muy valiosa para mejorar ese conocimiento. Además, sería importante realizar el análisis de otros tipos de polen para ver en su totalidad el comportamiento de la vegetación para el sitio.

## 4. Conclusiones

Los sedimentos que se encuentran en el sitio arqueológico Finca 6, cercanos al sector punto 5, son mayoritariamente finos, correspondientes con las zonas más distales en deltas recientes. Se estableció una capa guía como criterio lito estratigráfico de correlación gracias a la presencia glauconita autógena.

Se definieron 5 tipos de partículas de carbón, una de ellas es de posible origen inorgánico y cuatro orgánicas. Están presentes continuamente a lo largo de los dos núcleos (18 y 24), con una concentración mayor en las partes más profundas. Esto podría indicar una continuidad en la actividad humana más allá de lo que se establece con la evidencia arqueológica para el periodo Chiriquí, aunque no se descarta la posibilidad de resedimentación en algunas capas.

Se detectó por primera vez en Finca 6 polen de maíz, ubicado en la parte más profunda del núcleo 24, entre los 590 y 606 cm, evidencia, que, junto con la presencia de partículas de carbón, establece la posibilidad de actividad antrópica o inclusive una ocupación humana más antigua de lo actualmente establecido, con probable desarrollo agrícola. Sin embargo, para constatar esta hipótesis se deben utilizar datos de índole arqueológica, ya que para el momento en que se encuentra el polen de maíz las condiciones ambientales podrían no haber sido las más óptimas para habitar.

Los datos de esta investigación abren nuevas preguntas y establecen la necesidad de seguir realizando estudios microbotánicos para complementar la evidencia arqueológica tradicional y aportar nuevos datos al conocimiento de la ocupación humana y sus prácticas agrícolas en el delta del Diquís.

## 5. Recomendaciones

- Continuar realizando estudios paleobotánicos en los núcleos del Sitio Arqueológico Finca 6, para establecer evidencia de actividad antrópica en niveles más profundos.
- Hacer nuevos estudios paleobotánicos en los núcleos perforados en la parte noreste de Finca 6, cercanos al sector de las esferas *in situ*, para poder comparar o diferenciar con la parte sur del Sitio.
- Establecer una cronología de los sedimentos que afloran en el Sitio Finca 6, realizando dataciones radiométricas puntuales dentro de los núcleos donde se obtiene la información de tipo paleoambiental.
- Correlacionar los tipos de información obtenidas en este trabajo, con investigaciones futuras, para establecer un panorama general de todo el Sitio.
- Mantener o intensificar la densidad de muestreo en los núcleos para investigaciones futuras de 5 cm.
- Realizar estudios paleobotánicos, donde se estudie otras variedades de polen para ampliar los tipos información y general la correlación entre estos.
- Realizar estudios paleobotánicos a profundidades mayores a 6 m, para corroborar o descartar presencia de partículas de carbón y polen más antiguos.

## 6. Bibliografía

- Ali, A. A., Higuera, P. E., Bergeron, Y. y Carcaillet, C. (2009). Comparing fire-history interpretations based on area, number and estimated volume of macroscopic charcoal in lake sediments. *Quaternary Research*, 72(3), 462-468.
- Anchukaitis, K. J. y Horn, S. P. (2005). A 2000-year reconstruction of forest disturbance from southern Pacific Costa Rica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221(1-2), 35-54.
- Anderson, L. y Wahl, D. (2016). Two Holocene paleofire records from Peten, Guatemala: Implications for natural fire regime and prehispanic Maya land use. *Global and Planetary Change*, 138, 82-92.
- Arford, M. R. (2001). Late Holocene environmental history and tephrostratigraphy in northwestern Costa Rica: a 4000-year record from Lago Cote [Tesis de doctorado, Universidad deTennessee, Knoxville].
- Arford, M. R. y Horn, S. P. (2004). Pollen evidence of the earliest maize agriculture in Costa Rica. *Journal of Latin American Geography*, 3, 108-115.
- Baudez, C. F., Borgnino, N., Laligant, S. y Lauthelin, V. (1993). *Investigaciones arqueológicas en el Delta del Diquís*, Centro de Estudios Mexicanos y Centraméricanos, Mexico, y la Delegación Regional de Cooperación Científica y Técnica en América Central, San José, Costa Rica, Ministerio de asuntos exteriores, Paris, Francia.
- Blanco, A. y Mora, G. (1994). Plantas silvestres y cultivadas según la evidencia arqueobotánica en Costa Rica. *Vínculos*, 20, 53-77.
- Bradley, J. E. (1994). Tronadora Vieja: An Archaic and Early Formative site in the Arenal region En Sheets, P. D., McKee, B. R. (Eds.) *Archaeology, volcanism, and remote sensing in the Arenal region, Costa Rica*. University of Texas Press. (pp.73-86).
- Brenner, M., Rosenmeier, M. F., Hodell, D. A., y Curtis, J. H. (2002). Paleolimnology of the

- Maya Lowlands: Long-term perspectives on interactions among climate, environment, and humans. *Ancient Mesoamerica*, 13(1), 141-157.
- Bush, M. B. y Weng, C. (2007). Introducing a new (freeware) tool for palynology. *Journal of Biogeography*, 34(3), 377-380.
- Caffrey, M. A., Taylor, M. J. y Sullivan, D. G. (2011). A 12,000-year record of vegetation and climate change from the Sierra de Los Cuchumatanes, Guatemala. *Journal of Latin American Geography*, 10, 129-151.
- Clark, J. S. (1988). Particle motion and the theory of charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary research*, 30(1), 67-80.
- Clement, R. M. y Horn, S. P. (2001). Pre-Columbian land-use history in Costa Rica: a 3000-year record of forest clearance, agriculture and fires from Laguna Zoncho. *The Holocene*, 11(4), 419-426.
- Corrales, F. (2001). Los primeros costarricenses. *Museo Nacional de Costa Rica, San José, Costa Rica*.
- Corrales, F. 2015. Asentamientos cacicales con esferas de piedra del Diquís. Sitio de Patrimonio Mundial. Costa Rica. *Comisión Costarricense de Cooperación con la UNESCO-Museo Nacional de Costa Rica*. San José.
- Corrales, F. (2017). La Gran Chiriquí: Una historia cada vez más profunda. *Canto Rodado: Revista especializada en patrimonio*, (11), 27-58.
- Corrales, F. y Badilla, A. (2013). *Informe de investigación Arqueología N° 60-2013 Investigaciones arqueológicas en sitios con esferas de piedra, Subregión Arqueológica Diquís*". Documento en archivo Museo Nacional de Costa Rica, Departamento de Arqueología e Historia.
- Corrales, F. y Badilla, A. (2015). Asentamientos arqueológicos con esferas de piedra en el delta del Diquís, sureste de Costa Rica. *Vínculos*, 35(2012), 19-66.
- Corrales, F. y Badilla, A. (2018). Sociedades jerárquicas tardías en el delta del Diquís, sureste de Costa Rica. *Cuadernos de Antropología*, 28(2), 1-23.

- Dabrio, C. J. (1984). *Sedimentación en costas siliciclásticas, deltas y mares someros*. Madrid.
- Dickau, R. (2005). *Resource use, crop dispersals, and the transition to agriculture in prehistoric Panama: evidence from starch grains and macroremains*. [Tesis de doctorado, Universidad de Temple, Pensilvania].
- Dickau, R. (2008). El uso de maíz y cultígenos de raíces en el precerámico de Panamá y Colombia: evidencia de almidones en sitios húmedos subtropicales premontanos. *Ecología Histórica: Interacciones Sociedad-Ambiente a Distintas Escalas Socio-Temporales. Sociedad Colombiana de Arqueología, Pereira*, 97-105.
- Dimitrakopoulos, A. P. y Papaioannou, K. K. (2001). Flammability assessment of Mediterranean forest fuels. *Fire Technology*, 37(2), 143-152.
- Drolet, R. P. The Emergence and Intensification of Complex Societies in Pacific Southern Costa Rica-Chapter 8. En *Costa Rican Art and Archaeology: Essays in Honor of Frederick R. Mayer*, 161-188.
- Erickson, C. L. (2006). Intensification, political economy, and the farming community: defense of a bottom-up perspective of the past. En J. Marcus y C. Stanish (Eds), *Agricultural strategies* (pp. 233-265). Los Angeles: Cotsen Institute.
- Faegri, K., Kaland, P. E. y Krzywinski, K. (1989). *Textbook of pollen analysis* (No. Ed. 4). John Wiley & Sons Ltd.
- Fernández, L. (1976). Juan Vázquez de Coronado, A S.M. el rey D. Felipe II. En L. Fernández, *Conquista y poblamiento en el siglo XVI. Relaciones histórico-geográficas* (pp. 104-112). Biblioteca Patria 2. San José: Editorial Costa Rica.
- Figueiral, I. y Mosbrugger, V. (2000). A review of charcoal analysis as a tool for assessing Quaternary and Tertiary environments: achievements and limits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164 (1-4), 397-407.
- Gutiérrez, L. V., Torrescano-Valle, N. y Islebe, G. A. (2012). Reconstrucción paleoambiental del Holoceno tardío de la reserva Los Petenes, Península de Yucatán, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 29(3), 749-763.

- Hodell, D. A., Curtis, J. H. y Brenner, M. (1995). Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization. *Nature*, 375(6530), 391–394.
- Hooghiemstra, H. (1984). Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia: a continuous record of the last 3.5 million years. *Dissertationes Botanicae* 79, 1-368.
- Horn, S.P., (2006) Pre-Columbian maize agriculture in Costa Rica: Pollen and other evidence from lake and swamp sediments. En Staller, J., Tykot, R. y Benz B (Eds), *Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*. San Diego. Elsevier Press, (pp. 368–376)
- Horn, S. P., Horn, R. D. y Byrne, R. (1992). An automated charcoal scanner for paleoecological studies. *Palynology*, 16(1), 7–12.
- Horn, S. P. y League, B.L. 2005. Registros de Sedimentos Lacustres de la Vegetación del Holoceno e Historia del Fuego en el Páramo de Costa Rica. En Kappelle, M., y Horn, S.P (Eds. II), *Páramos de Costa Rica* (pp. 253–273). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio.
- Horn, S. P. y Sanford, R. L. (1992). Holocene Fires in Costa Rica. *Biotropica*, 24(3), 354. <https://doi.org/10.2307/2388605>
- Hossain, F., Muthusamy, V., Zunjare, R., Das, A. y Sarika, K. (2016). Maize. En *Broadening the Genetic Base of Grain Cereals*, 67–88. New Delhi 110012, India: Division of Genetics, ICAR-Indian Agricultural Research Institute. DOI: 10.1007/978-81-322-3613-9\_4.
- Johanson, E. N., Horn, S. P., y Lane, C. S. (2019). Pre-Columbian agriculture, fire, and Spanish contact: a 4200-year record from Laguna Los Mangos, Costa Rica. *The Holocene*, 29(11), 1743-1757.
- Kennedy, L. M., y Horn, S. P. (2008). A late Holocene pollen and charcoal record from La Selva biological station, Costa Rica. *Biotropica*, 40(1), 11–19.
- Levis, C., Flores, B. M., Moreira, P. A., Luize, B. G., Alves, R. P., Franco-Moraes, J., ... & Clement, C. R. (2018). How people domesticated Amazonian forests. *Frontiers in*

*Ecology and Evolution*, 5, 171.

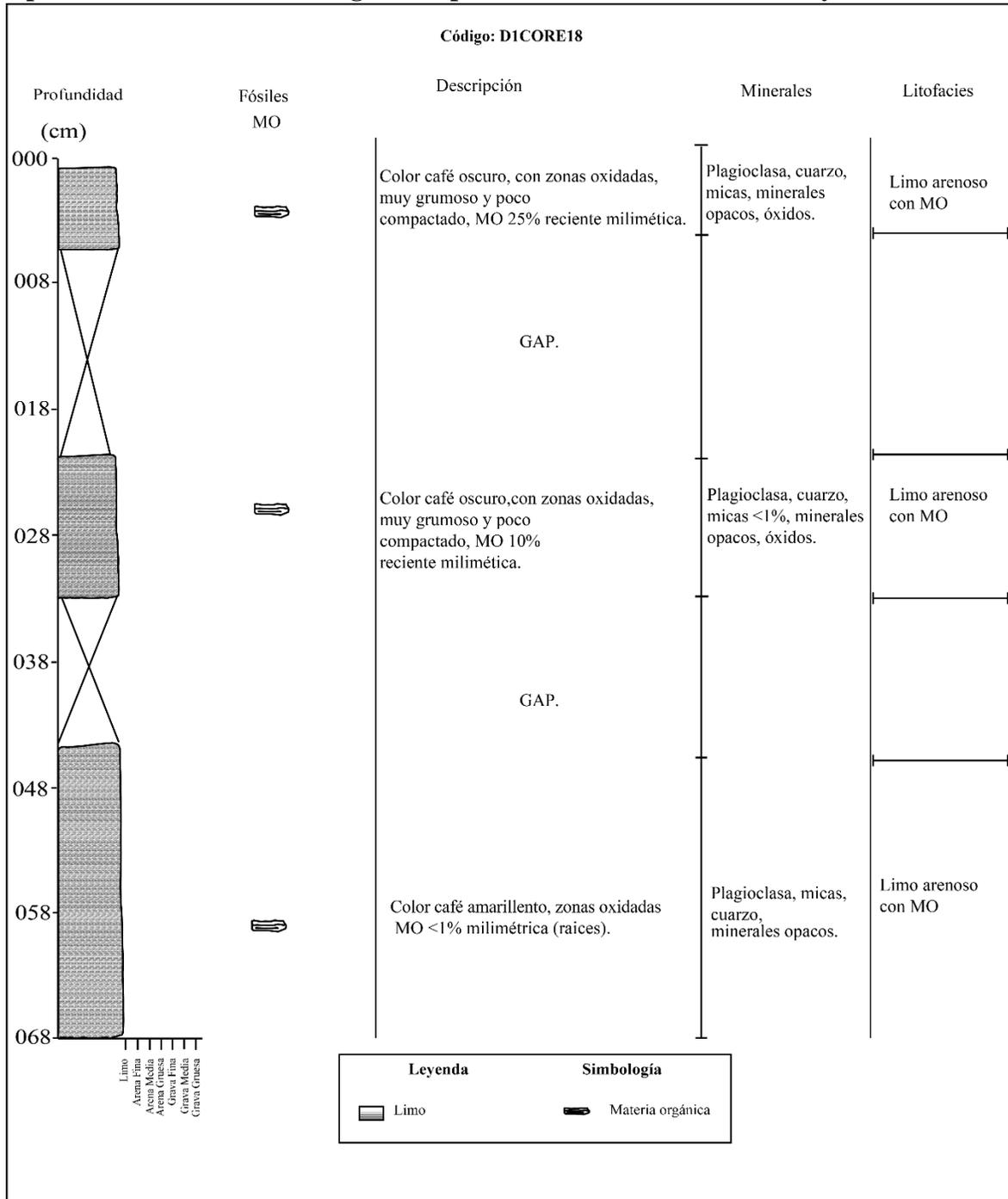
- López, P. M. (2015) Métodos en la reconstrucción de incendios, Laboratorio de Palinología y Paleoecología Instituto de Geología, UNAM.
- Lothrop, S. K. (1963). Archaeology of the Diquís Delta. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*, Harvard University. 51.
- Messina, R. (2016). L'Archaïque récent au Costa Rica, contribution des sites Piedra Viva et Linda Vista à l'histoire culturelle. [Tesis de doctorado, Universidad de Montreal].
- Mustaphi, C. J. C., y Pisaric, M. F. (2014). A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments. *Progress in Physical Geography*, 38(6), 734-754.
- Patterson, W. A., Edwards, K. J. y Maguire, D. J. (1987). Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire. *Quaternary Science Reviews*, 6(1), 3-23.
- Power, M. J., Marlon, J. R., Bartlein, P. J. y Harrison, S. P. (2010). Fire history and the global charcoal database: A new tool for hypothesis testing and data exploration. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(1-2), 52-59.
- Presti, M. y Michalopoulos, P. (2008). Estimating the contribution of the authigenic mineral component to the long-term reactive silica accumulation on the western shelf of the Mississippi River Delta. *Continental Shelf Research*, 28(6), 823-838.
- Quintanilla, I. (2007). Esferas precolombinas de Costa Rica. Fundación Museos del Banco Central, San José.
- Rasband, W. (2005). ImageJ. Bethesda, MD: National Institutes of Health.
- Raynor, G. S., Ogden, E. C. y Hayes, J. V. (1972). Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources 1. *Agronomy Journal*, 64(4), 420-427.
- Roubik, D. W. y JE, M. P. (1991). Pollen and spores of Barro Colorado Island. *Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden (USA)*. 36.
- Rue, D., Webster, D. y Traverse, A. (2002). Late Holocene fire and agriculture in the Copan Valley, Honduras. *Ancient Mesoamerica*, 13(2), 267-272.

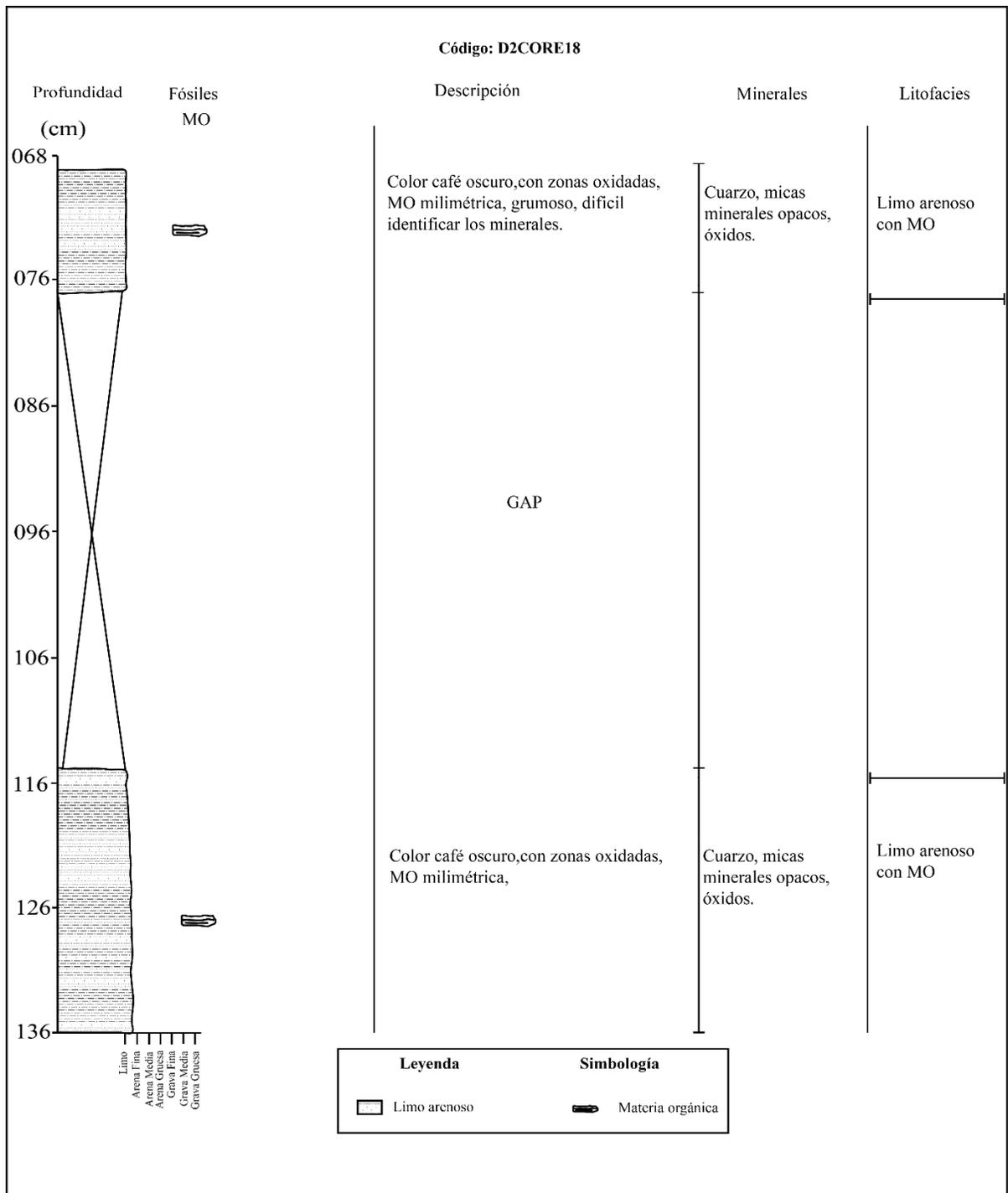
- Sadori, L. y Giardini, M. (2007). Charcoal analysis, a method to study vegetation and climate of the Holocene: The case of Lago di Pergusa (Sicily, Italy). *Geobios*, 40(2), 173-180.
- Sol, F. (2001). Nuevos datos para la arqueología del delta del Diquís, una prospección en la Fila Grisera. *Vínculos*, 26(1-2), 113-143.
- Snarskis, M. J. (1992). Wealth and hierarchy in the archaeology of eastern and central Costa Rica. *Wealth and hierarchy in the Intermediate Area*, 141-164.
- Staller, J. (2009). *Maize Cobs and Cultures: History of Zea mays L.* Springer Science & Business Media.
- Stone, D. (1943). A preliminary investigation of the flood plain of the rio Grande de Terraba, Costa Rica. *American Antiquity*, 9(1), 74-88.
- Tinner, W., Conedera, M., Ammann, B. y Lotter, A. F. (2005). Fire ecology north and south of the Alps since the last ice age. *The Holocene*, 15(8), 1214–1226.
- Tinner, W. y Hu, F. S. (2003). Size parameters, size-class distribution and area-number relationship of microscopic charcoal: Relevance for fire reconstruction. *Holocene*, 13(4), 499–505.
- Ulloa, D. (2017). *Informe Final Excavación de Piezómetros para la Investigación En el Centro de Visitantes Sitio Arqueológico Finca 6.* Perforaciones Acuario. Documento en archivo. Departamento de Arqueología e Historia. Museo Nacional de Costa Rica.
- Velde, B. (2014). Green Clay Minerals. En Holland, H y Turekian, K. (Eds.) *Treatise on Geochemistry*, 9, 351-364. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00712-9>.
- Voigt, V. (1985). Subsistencia en una aldea tardía Curré.
- Wahl, D., Schreiner, T., Byrne, R. y Hansen, R. (2007). A paleoecological record from a late classic Maya reservoir in the north Petén. *Latin American Antiquity*, 18(2), 212-222.
- Webster, D., Rue, D. y Traverse, A. (2005). Early Zea Cultivation in Honduras: Implications for the Iltis Hypothesis. *Economic Botany*, 59(2), 101–111.

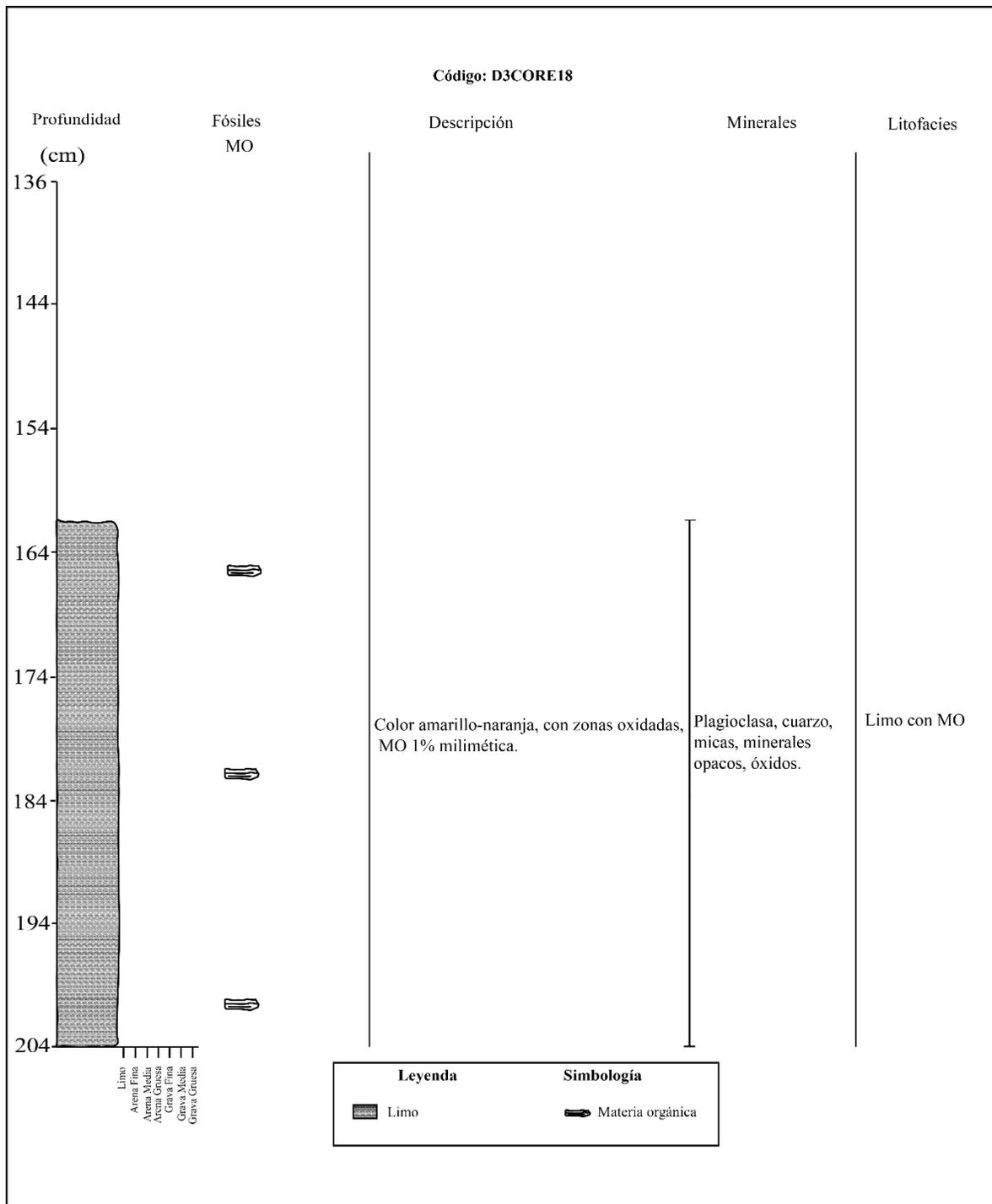
- Whitehead, D. R. y Langham, E. J. (1965). Measurement as a means of identifying fossil maize pollen. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 7-20.
- Whitlock, C. y Larsen, C. P. S. (2001). Charcoal as a Fire Proxy. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*, 3 T, 557–578.
- Whitney, B. S., Rushton, E. A., Carson, J. F., Iriarte, J. y Mayle, F. E. (2012). An improved methodology for the recovery of *Zea mays* and other large crop pollen, with implications for environmental archaeology in the Neotropics. *The Holocene*, 22(10), 1087-1096.
- Wick, L., Lemcke, G. y Sturm, M. (2003). Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *The Holocene*, 13(5), 665-675.
- Wu, J., Porinchu, D. F. y Horn, S. P. (2019). Late Holocene hydroclimate variability in Costa Rica: Signature of the terminal classic drought and the Medieval Climate Anomaly in the northern tropical Americas. *Quaternary Science Reviews*, 215, 144-159.

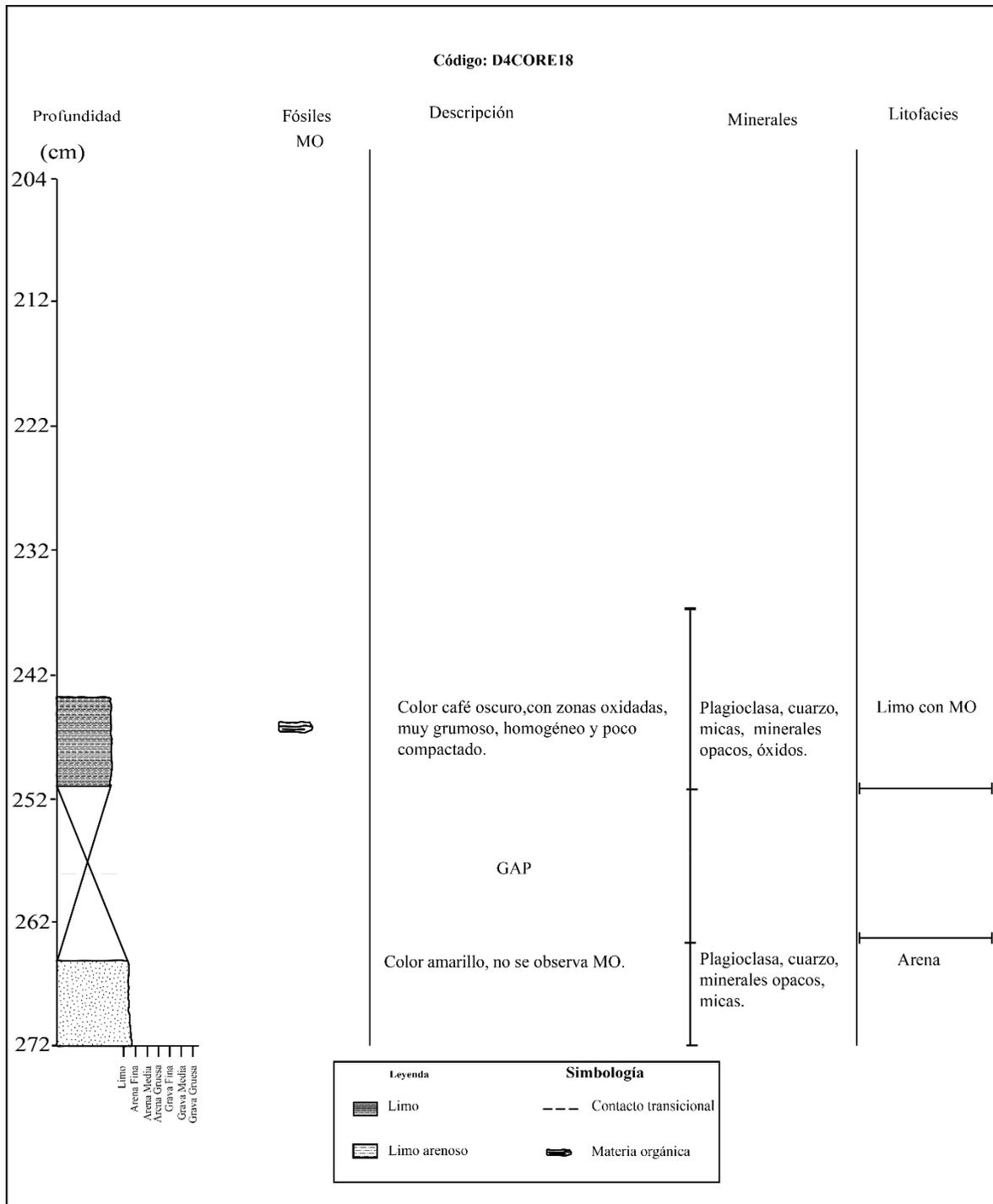
## **APÉNDICES**

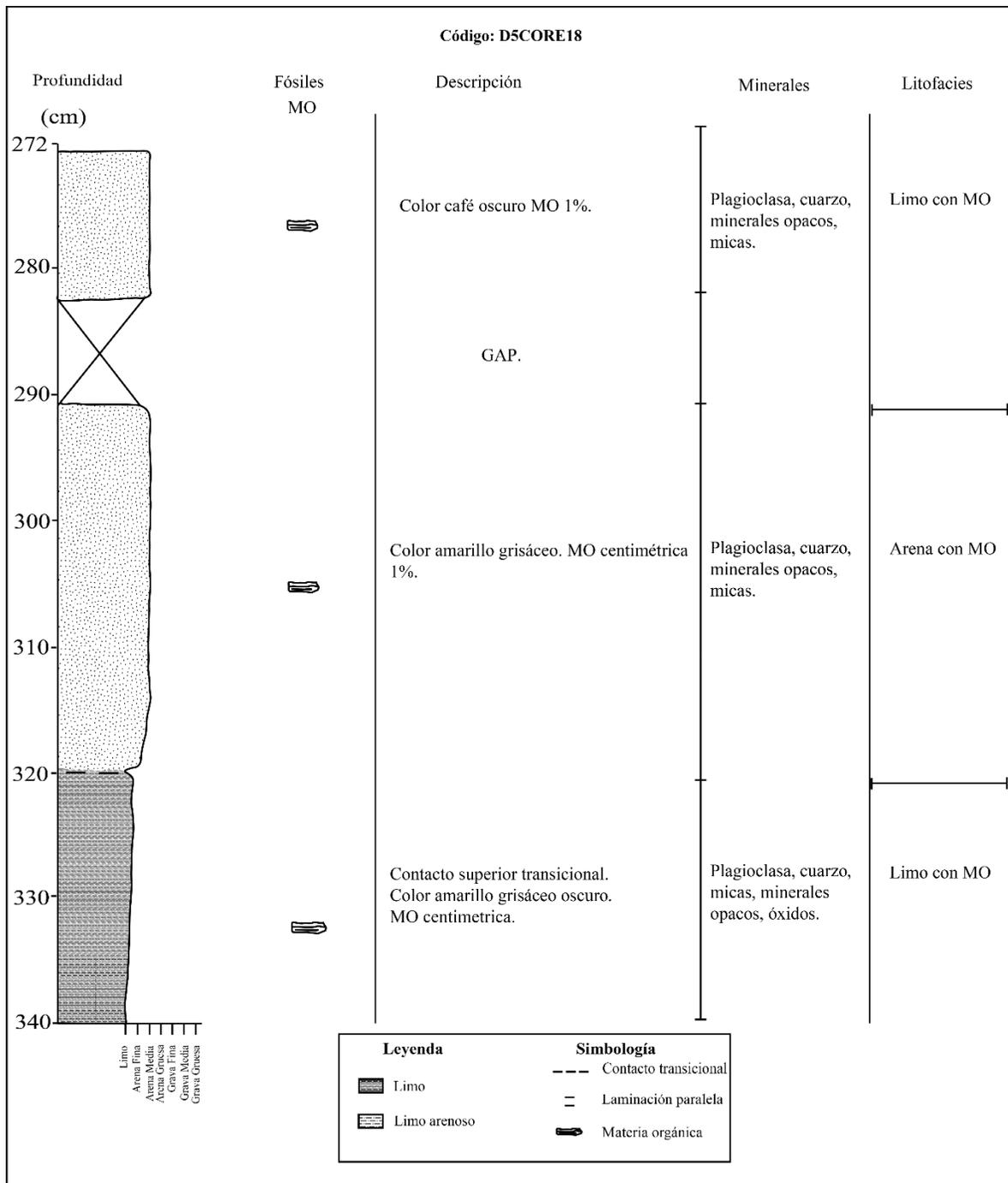
**Apéndice 1. Columnas estratigráficas por cada tubo de los núcleos 18 y 24.**

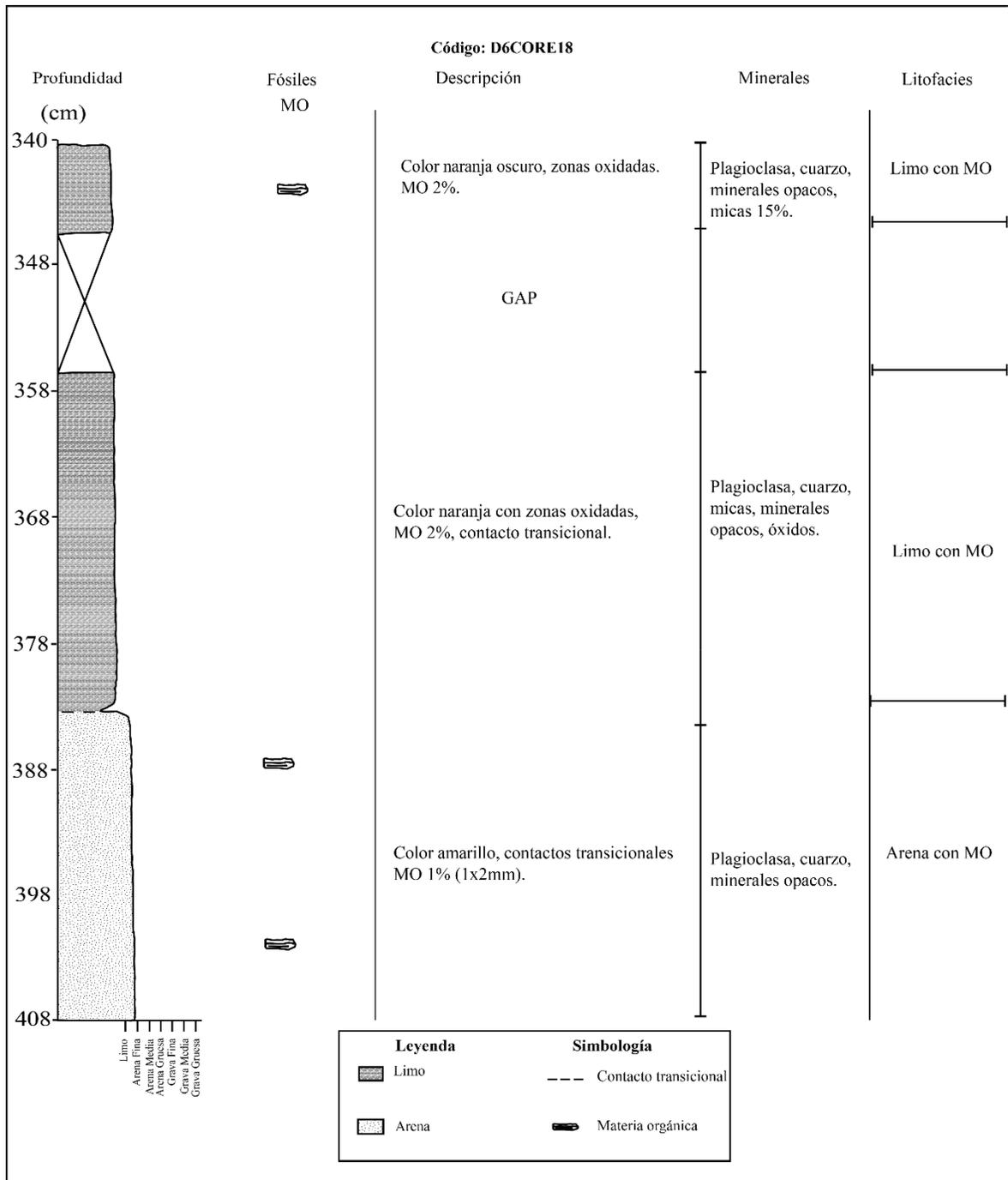


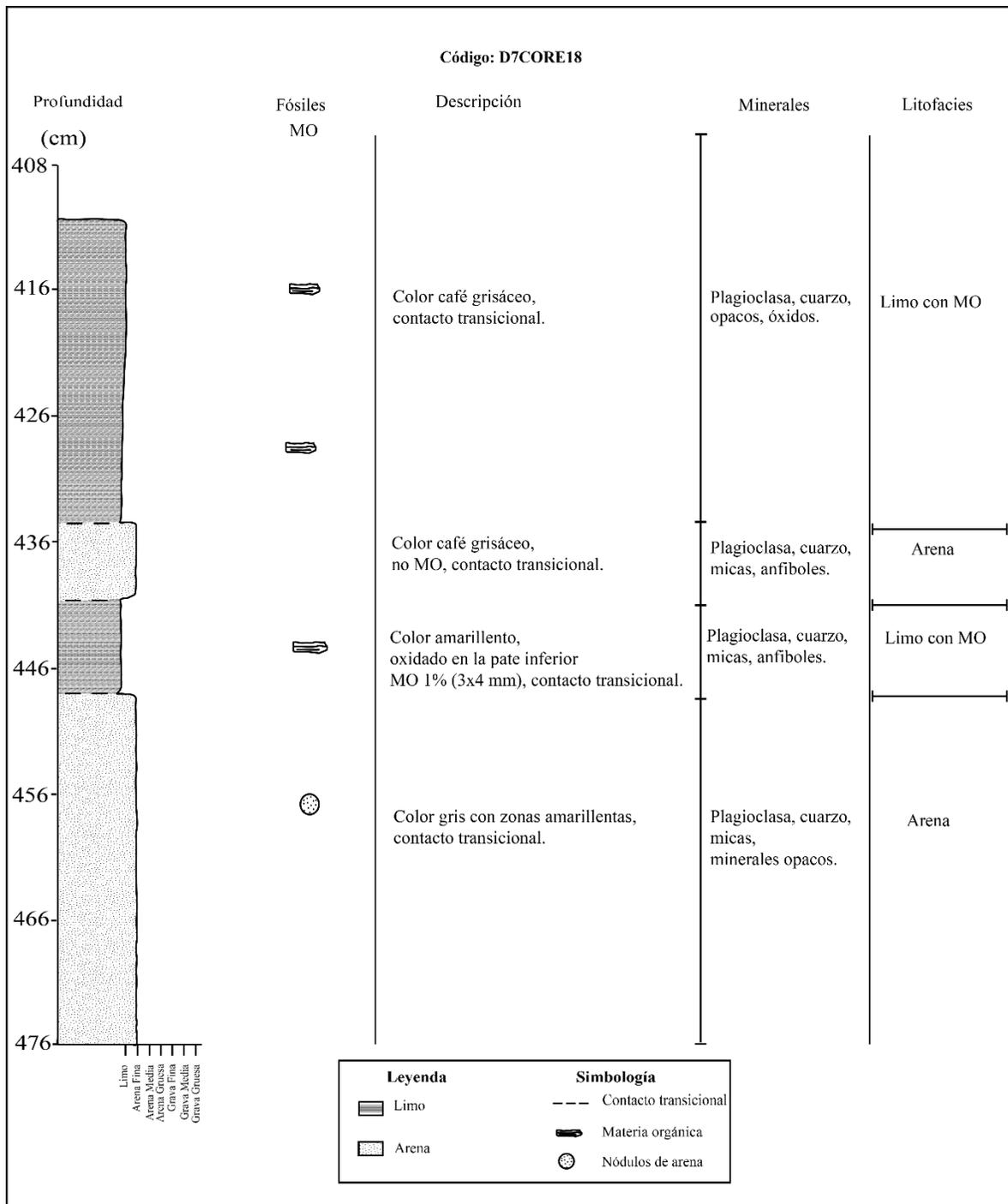


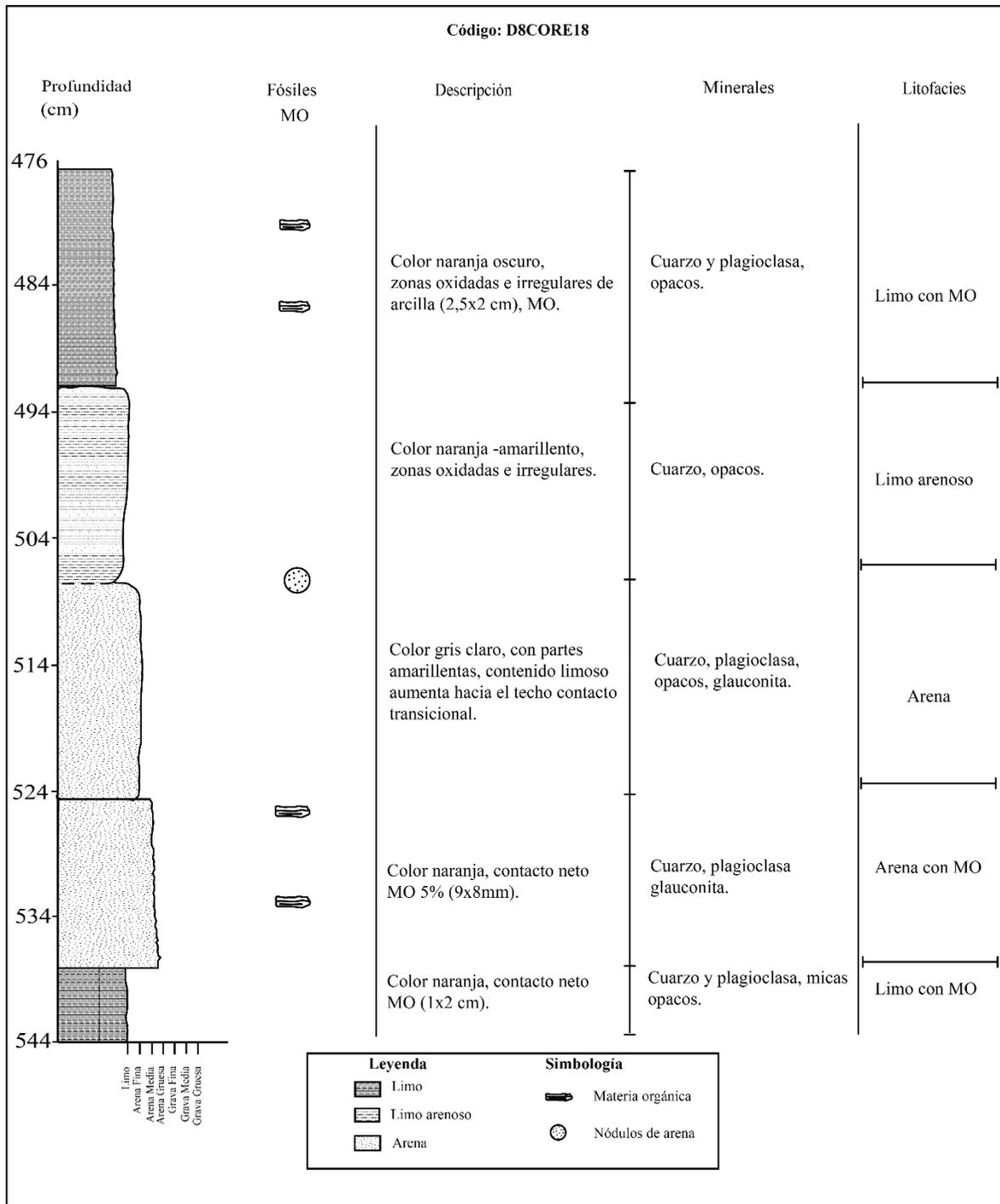


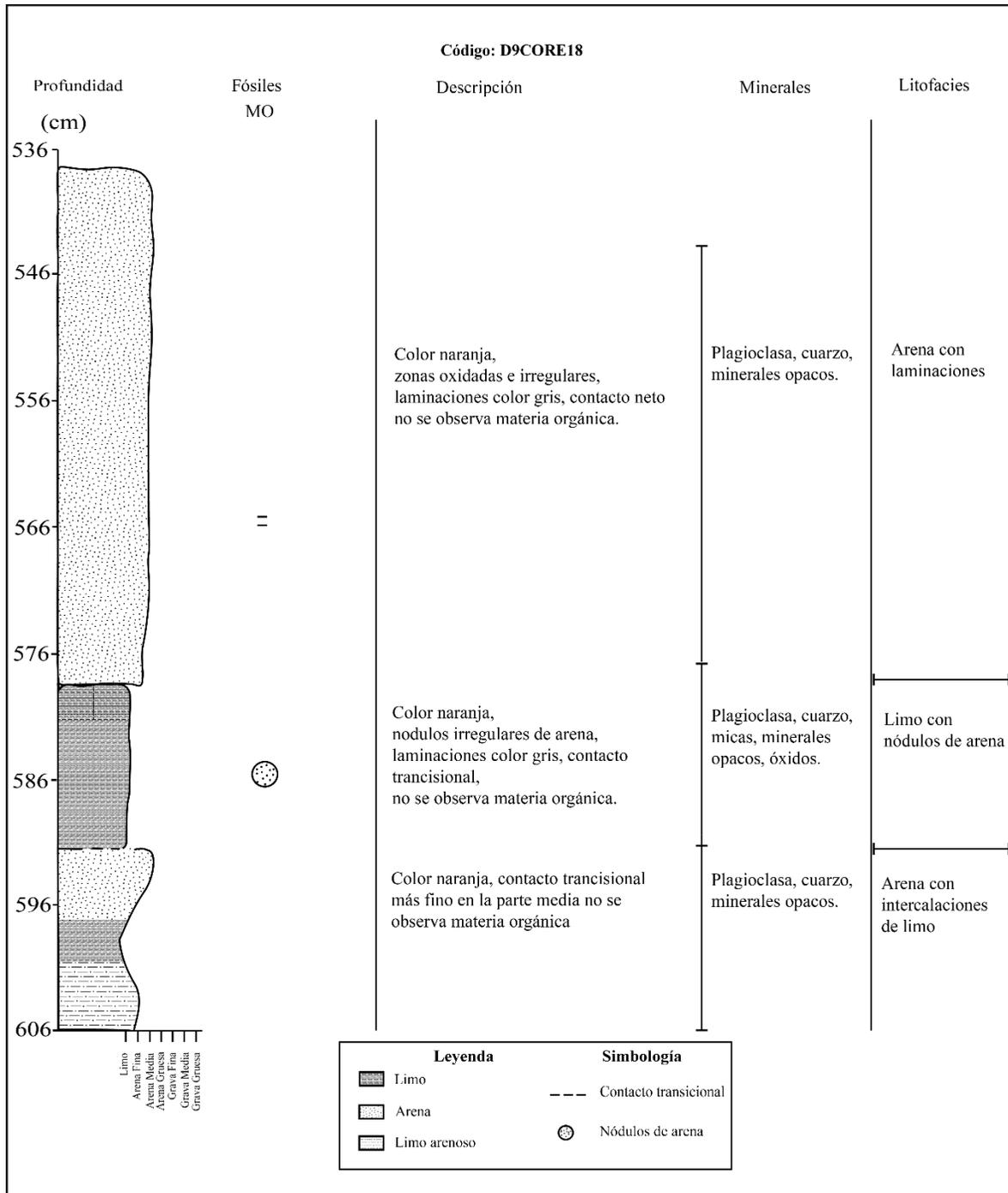


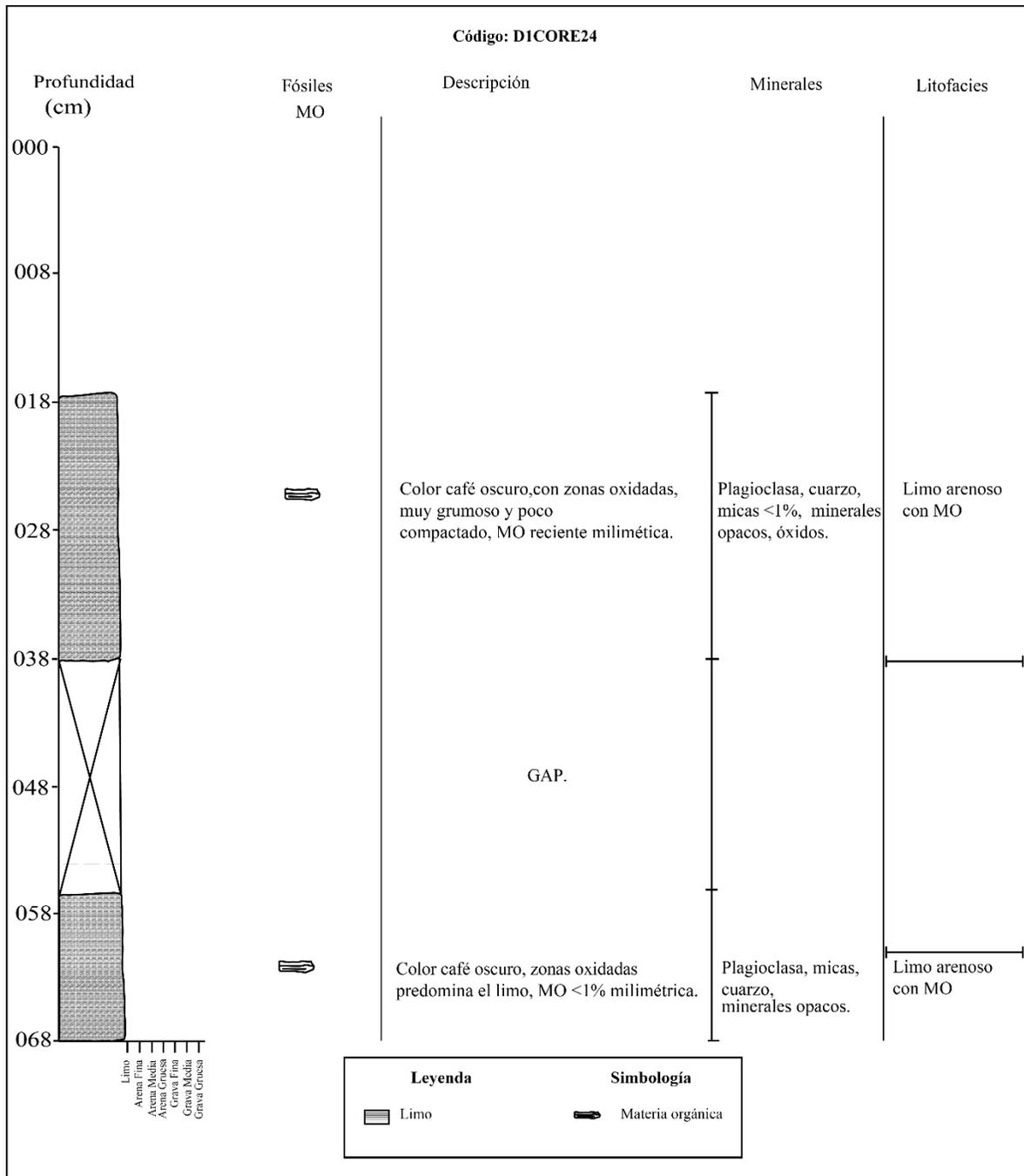




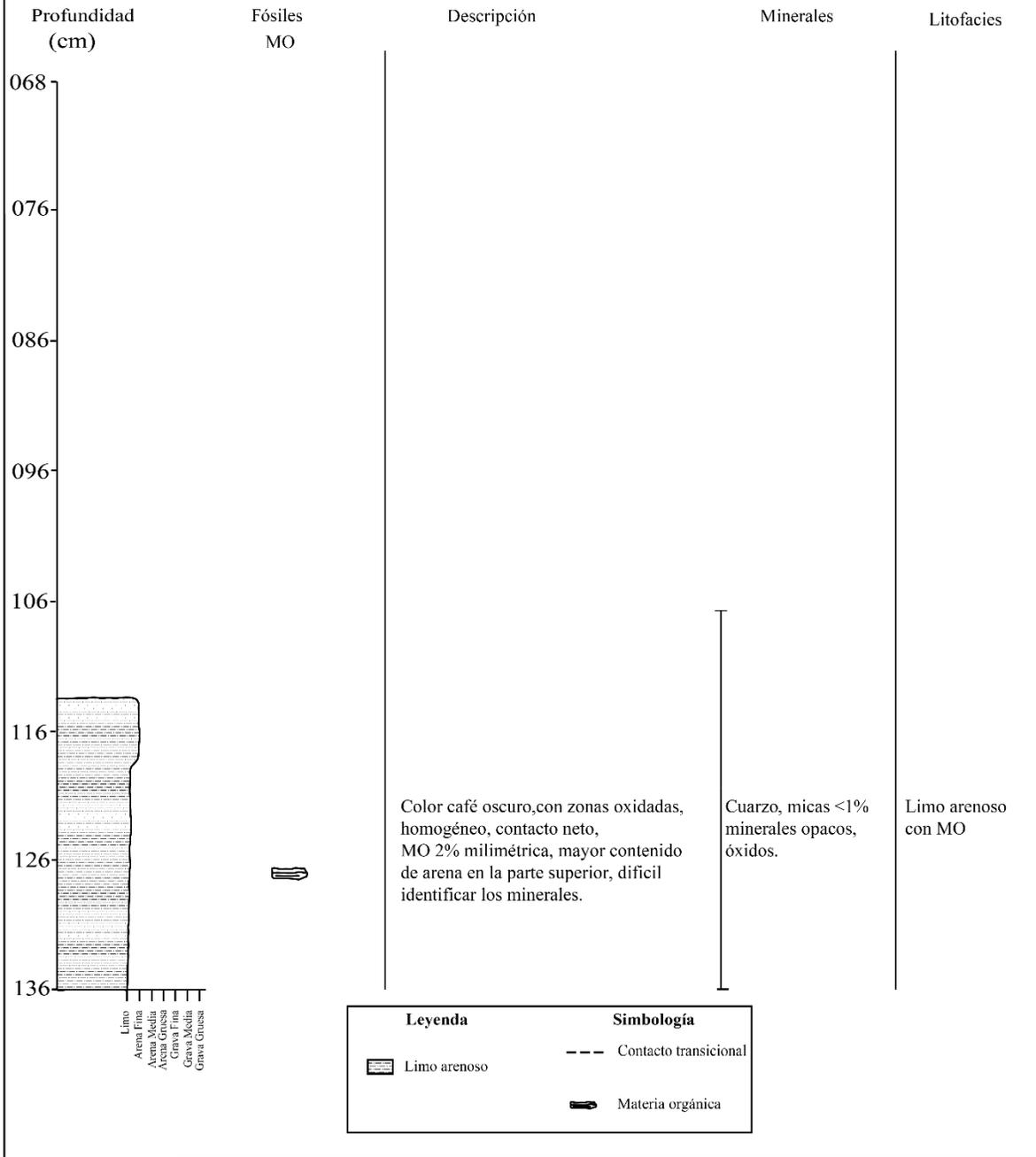


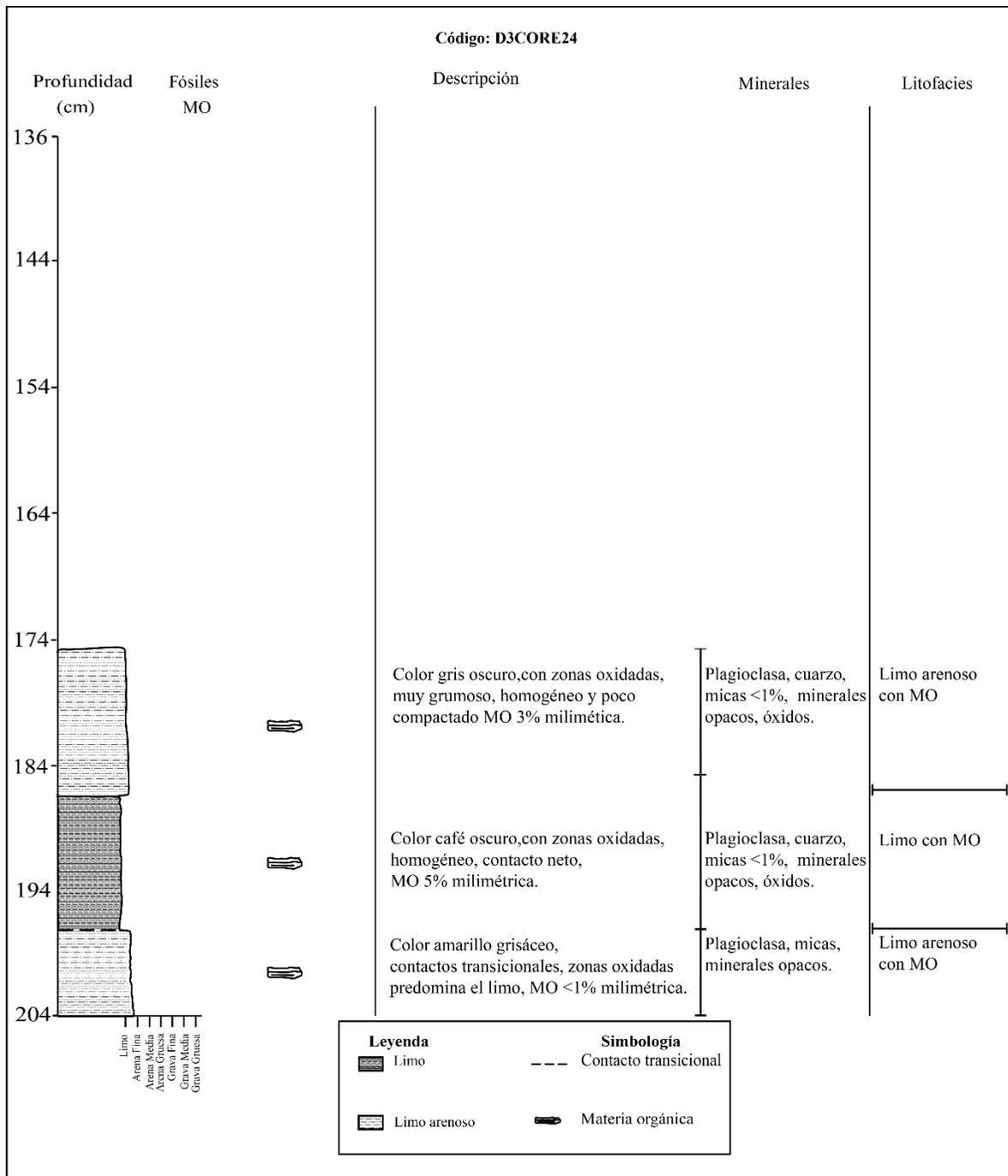


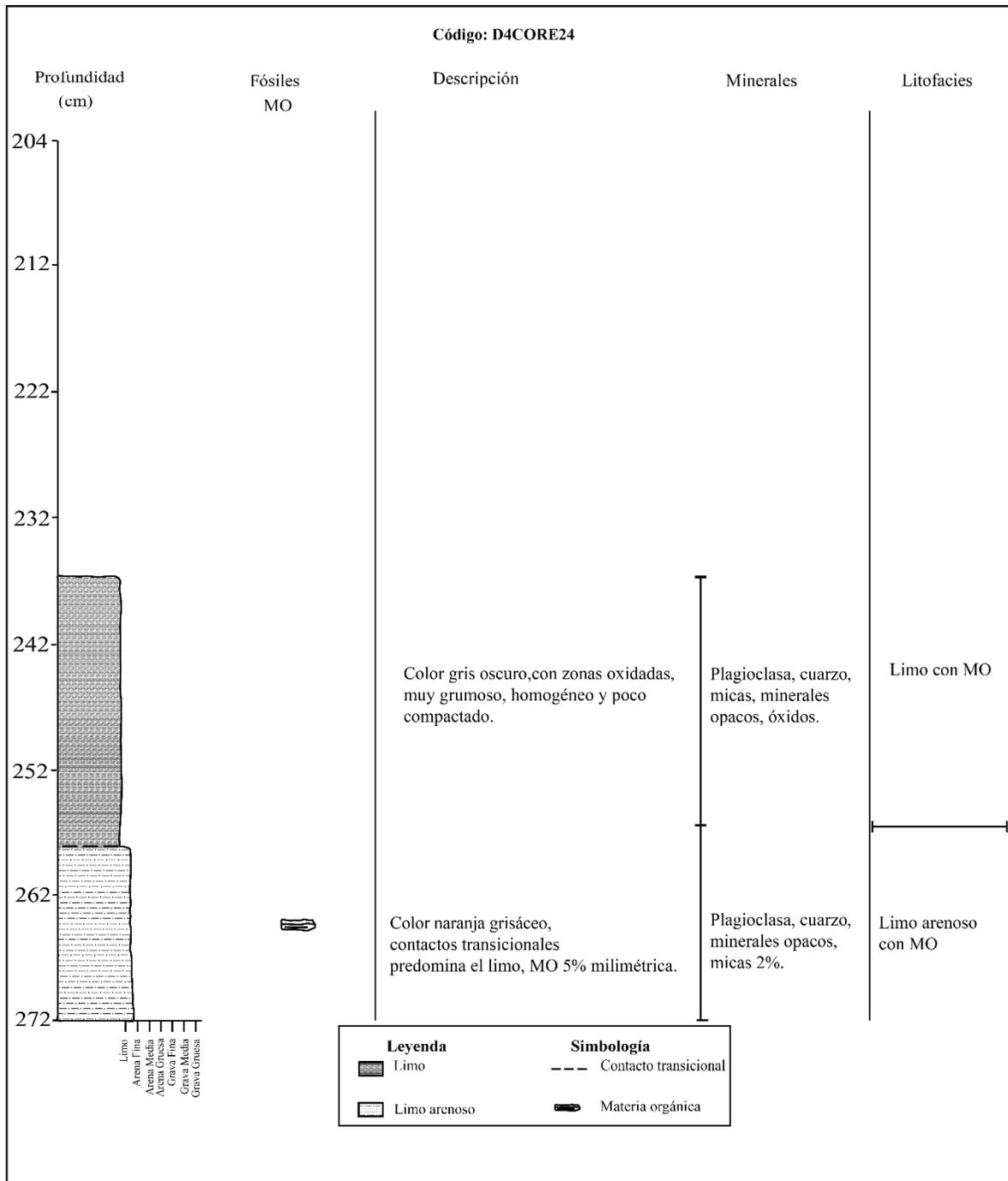


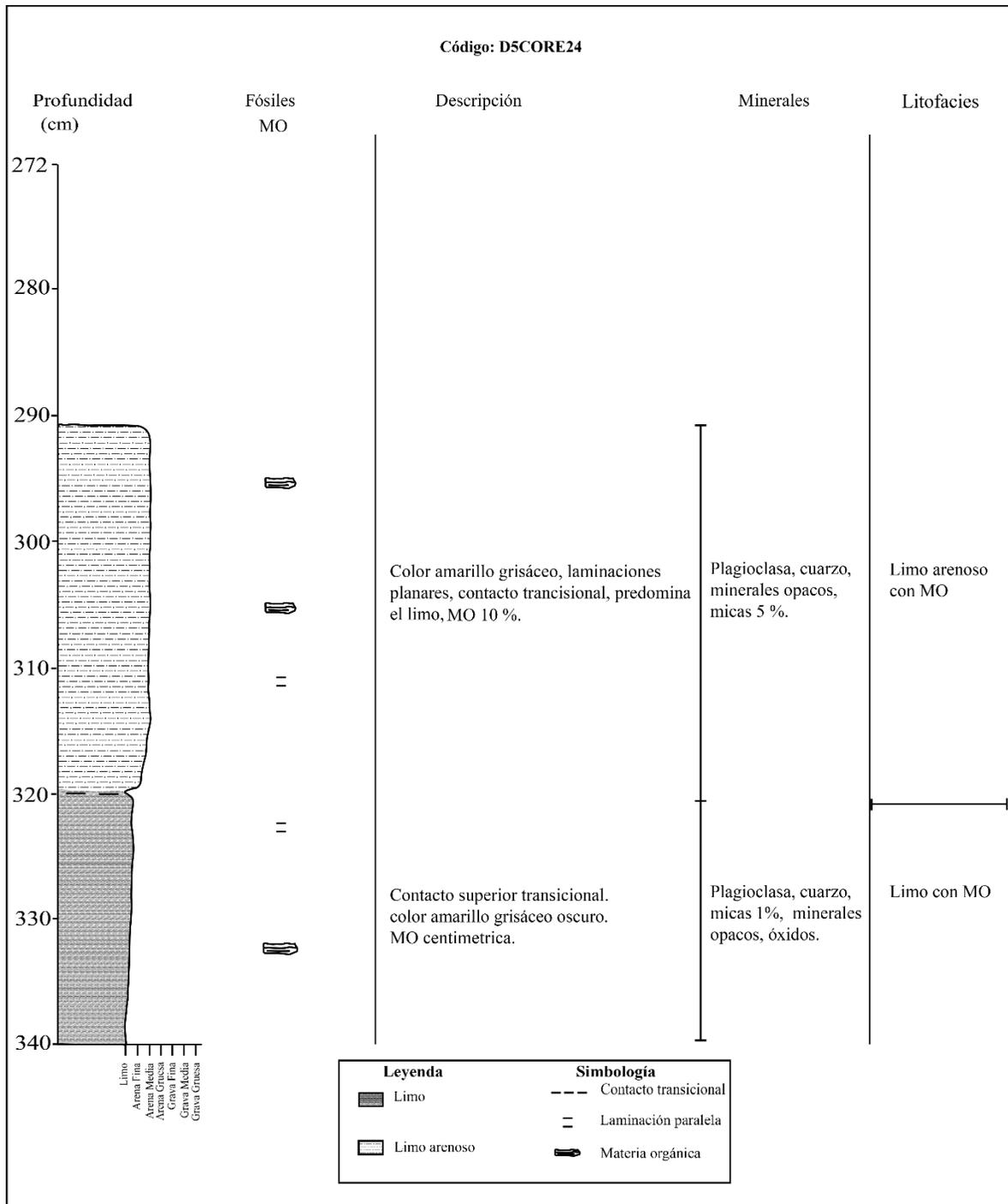


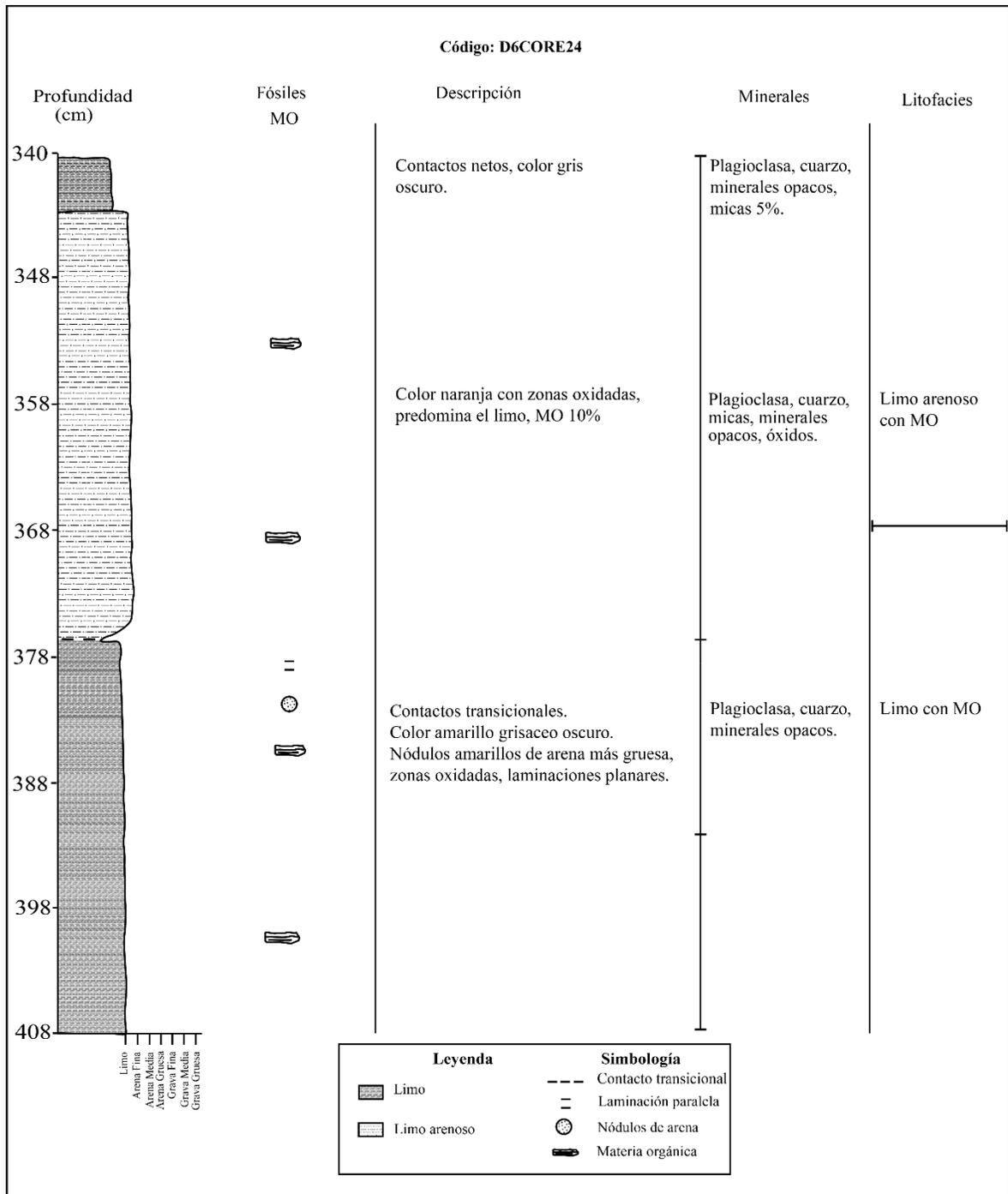
Código: D2CORE24

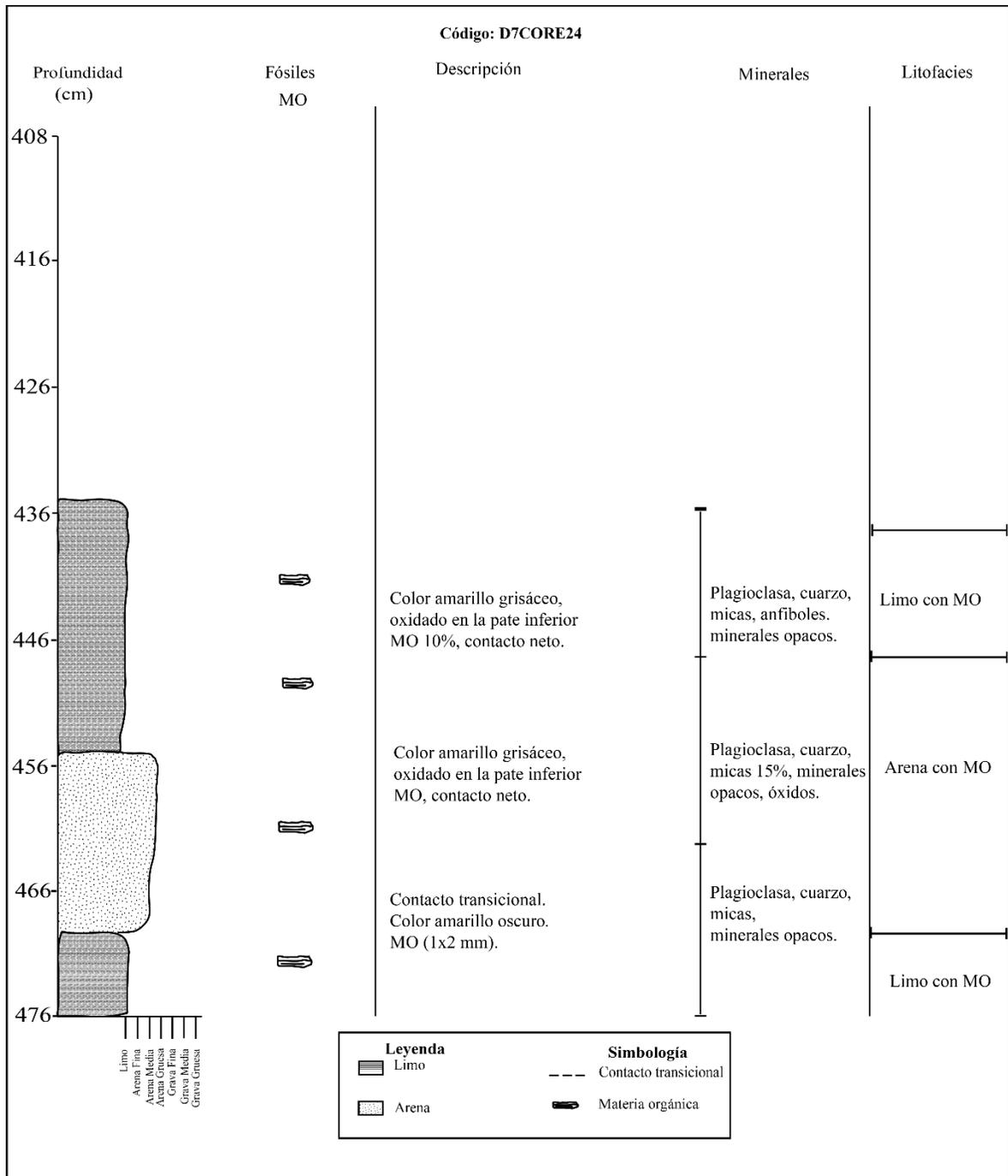


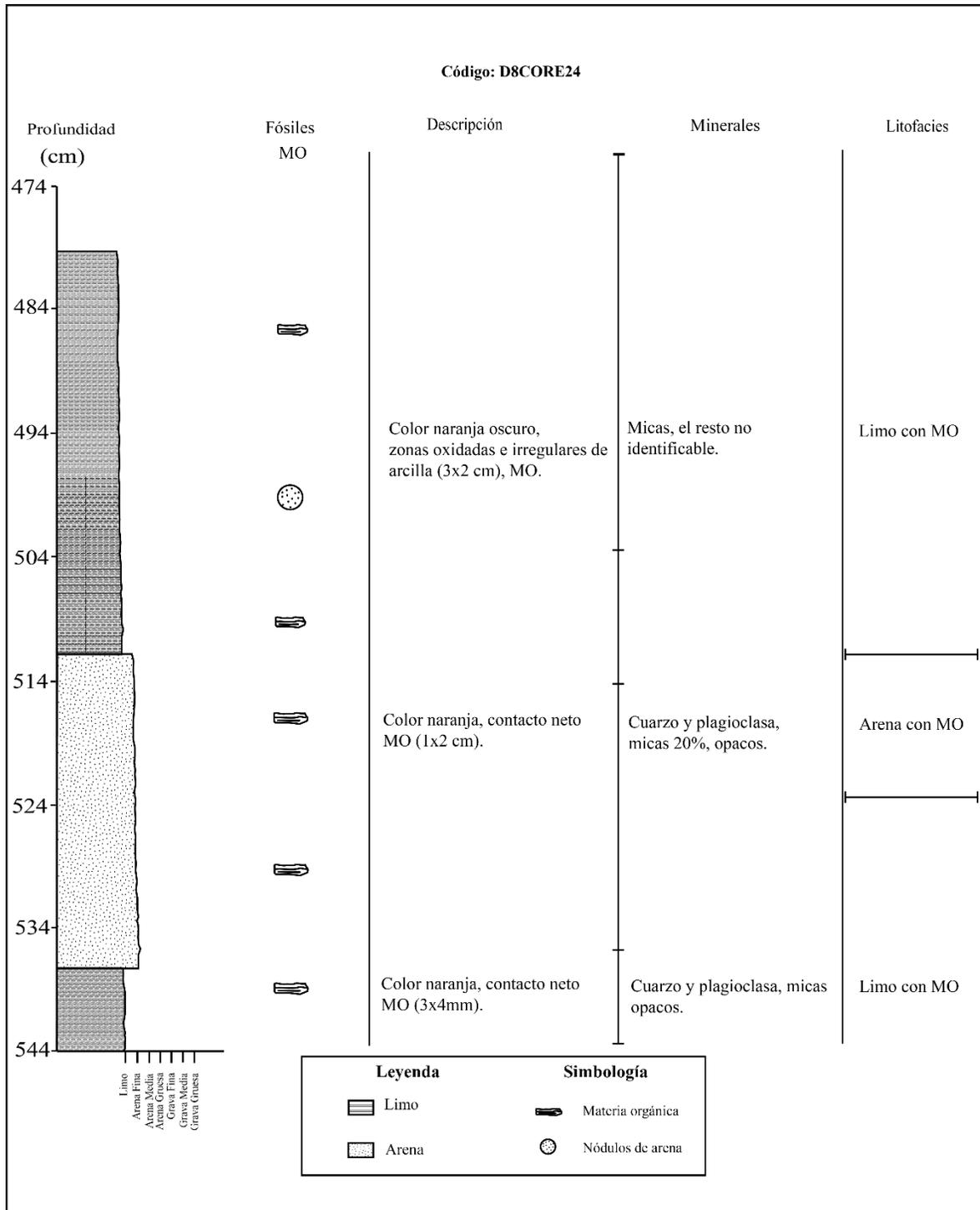


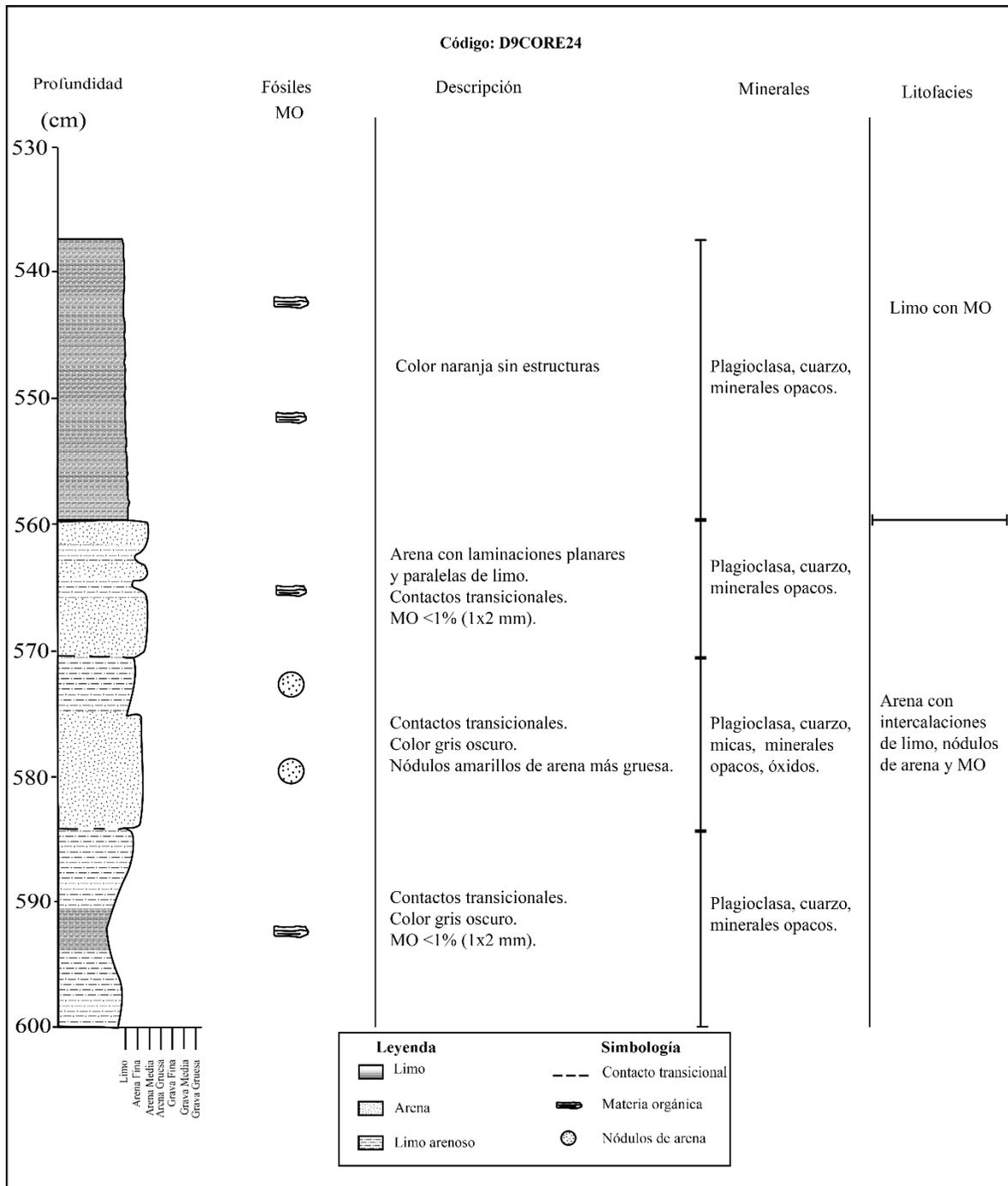












## Apéndice 2. Muestras con presencia de maíz, núcleo 24

# Muestra	Polen
C24D1+55	No
C24D1+45	No
C24D1+35	No
C24D1+25	No
C24D1+15	No
C24D1+5	No
C24D2+55	No
C24D2+45	No
C24D2+35	No
C24D2+25	No
C24D2+15	No
C24D2+5	No
C24D3+55	No
C24D3+45	No
C24D3+35	No
C24D3+25	No
C24D3+15	No
C24D3+5	No
C24D4+55	No
C24D4+45	No
C24D4+35	No
C24D4+25	No
C24D4+15	No
C24D4+5	No
C24D5+55	No
C24D5+45	No
C24D5+35	No
C24D5+25	No
C24D5+15	No
C24D5+5	No
C24D6+55	No
C24D6+45	No
C24D6+35	No
C24D6+25	No
C24D6+15	No
C24D6+5	No
C24D7+55	No
C24D7+45	No
C24D7+35	No
C24D7+25	No
C24D7+15	No
C24D7+5	No
C24D8+55	No
C24D8+45	No
C24D8+35	No
C24D8+25	No
C24D8+15	No
C24D8+5	No
C24D9+55	No
C24D9+45	No
C24D9+35	No
C24D9+25	No
C24D9+15	si/2granos
C24D9+10	si/2granos
C24D9+5	si/11granos

### **Apéndice 3. Procesamientos de laboratorio**

#### Extracción de Polen, Modificado de (Faegri et al., 1989).

Para ese procesamiento se deben utilizar tubos de ensayo donde se procesan las muestras los cuales se acomodan en un soporte para tubos.

- El sedimento se ataca una vez con ácido clorhídrico (HCl), se calienta con un calentador de bloques para tubos Thermo Scientific 88870002 entre 10 y 30 min a 85 °C, y se realiza un lavado con agua, se centrifuga con la centrifugadora Thermo Scientific EM 0776 5 min a 3000 rpm.
- Luego se aplica hidróxido de potasio (KOH) y se calienta entre 10 y 30 min a 85 °C, y se realiza un lavado con agua se centrifuga 5 min a 3000 rpm.
- Luego se aplica Pirofosfato de Sodio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) de 2 a 3 veces dependiendo del tipo de sedimento, se calienta entre 10 y 30 min a 85 °C, realizando al menos 5 lavados después de la aplicación del reactivo y su respectivo centrifugado
- Una vez el agua se encuentre clara, se desecha y se aplica  $\text{CH}_3\text{COOH}$  Glacial, se centrifuga y decanta.
- Después se realiza el proceso de acetólisis, que consiste en aplicar una proporción 90%  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$  / 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , calentar a 75°C por al menos 30 min, desechar y por último aplicar  $\text{CH}_3\text{COOH}$  10%, siguiendo protocolos estándares (Faegri et al., 1989).
- Luego, se aplican 2 a 3 lavados de HF a 20%, en cada uno se dejan al menos 24 h en HF y se calienta por 30 min a 75°C hasta disolver el sedimento restante.
- Finalmente, las muestras se colocan en viales, se les añade unas gotas de glicerina, se ponen a secar en un horno Thermo Scientific OSG100 y se montan en un portaobjetos. Cada muestra se analiza utilizando un microscopio de luz transmitida Zeiss con aumento 63x y 100x.

### Extracción de partículas de carbón, Modificado de (López, 2015)

- Utilizando un soporte para portar los tubos de ensayo, se agrega Al menos dos veces  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  al 10% en las muestras y se calientan al menos 20 min a 85 °C.
- Entre cada aplicación, se lava de 4 a 5 veces con agua y se tamiza con una malla de 100  $\mu\text{m}$ .
- Posteriormente, se almacena en cajas de petri. Las partículas filtradas se conservan y entresacan en agua.
- Cada muestra se coloca en un plato de Petri y se entresacan las partículas de carbón utilizando un estereoscopio Motic con un aumento de 2x.
- Una vez separados los fragmentos de carbón vegetal del resto del material, las partículas se fotografían con la cámara digital del estereoscopio. Estas fotografías se utilizan para calcular el área de superficie de cada partícula con el software ImageJ (Rasband, 2005).
- El programa se calibra de manera que las áreas de las partículas correspondan con su tamaño real. Para esto se utilizan las siguientes opciones dentro del programa: *Analyze, set scale* (utilizando una imagen de tamaño conocido); una vez calibrado, se realiza el cálculo del área de las partículas de la siguiente forma: *image: type, & bite; image, threshold* (donde se ajusta un poco la sensibilidad manualmente); *process, binary, make binary; analyze, analyze particles*.
- Por último, se crea un libro Excel donde se coloca la información, lo que permite calcular parámetros tales como: sumatoria, moda, media y mediana, y así poder graficar los datos de concentración. Debido a que cada muestra tiene un volumen conocido de 1  $\text{cm}^3$  y que los datos de las imágenes corresponden con un área conocida, se pudo hacer el cálculo de una concentración.

Muestra	Granulometría	Color	Composición mineralógica	Observaciones
D96.5-13	Limo	Café claro	Plagioclasas: Color blanco , presenta un brillo graso, posee forma tabular e irregular (principalmente)./Cuarzo:Incoloro, forma irregular (subangular a subredondeado principalmente)./Otros minerales: Opacos: Negro,posee un brillo resinoso a opaco,se presenta de forma irregular(subredondeado).	
D920	Arena	Café oscuro	Micas: Incoloras a blancas, hábito hojoso, brillo anacarado, forma irregular principalmente. (Abundancia media)/ Cuarzo: Incoloro a blanco, brillo vítreo, fracción muy subangular./Plagioclasa: Blanca a amarillo, brillo anacarado, tabular principalmente, pero también subangulares a subredondeados. Otros: Presencia de óxidos de hierro: irregulares, anaranjados a rojizos.Otros minerales: Opacos: Negros, brillo resinoso a opaco, forma irregular (subangulares a subredondeados)	Presencia de materia orgánica y/o carbón
D930	Arena	Café oscuro	Micas:Incoloras,hábito micáceo anacarado,presenta un brillo tornasol,forma romboidal a irregular (subangular)/Cuarzo: Incoloro,brillo vítreo,forma irregular(subangular)/Plagioclasa: Color blanco a incoloro,brillo resinoso a vítreo, subredondeados principalmente.Algunas presentan hábito tabular. Otros minerales: Opacos: Negro, brillo resinoso a opaco,subredondeados a subangulares.Glauconita	Presencia de materia orgánica y carbón.
D925-36	Limo	Café claro	Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo, subredondeado a redondeado. Plagioclasa: Blanca, posee brillo resinoso, algunas presentan formas tabulares hasta subangulares.Otros: Opacos: Negros, brillo resinoso a opaco, forma irregular (subangular) principalmente.Presencia de materia orgánica y/o carbón en una alta abundancia.	Presencia de materia orgánica
D940	Arena	Café claro	Micas: Incoloras a blancas, posee un hábito hojoso, presenta un brillo anacarado. Presenta muy baja presencia./Cuarzo: Incoloro, posee brillo vítreo, forma irregular (subangular a subredondeado)/ Se observa presencia de carbón, tabular a irregular (principalmente)Otros: Presencia de óxidos de hierro: Irregulares con un color anaranjado muy característico, glauconita.	Presencia de materia orgánica y/o carbón
D955	Limo	Café oscuro	Micas: Incoloras , hábito hojoso,forma romboidal,brillo anacarado. Poca presencia./Cuarzo:Incoloro,brillo vítreo,presentan forma subredondeado a redondeado principalmente./Plagioclasa: Color blanco, brillo vítreo,subredondeados principalmente.Se observan fragmentos de tamaño variado de carbón, tabular hasta irregulares. glauconita	Presencia de materia orgánica y/o carbón
D8-2.5	Arena fina.	Café claro	Micas: Incoloras a rosadas, brillo perlado, hábito hojoso, tamaño muy pequeño y poco abundantes.Los sedimentos se observan muy finos, y no se logra identificar claramente, sin embargo se puede inferir presencia de cuarzo y plagioclasa subredondeados a subangulares.Presencia de materia orgánica de tamaño muy pequeño a pequeño.	Presencia de materia orgánica
D8-9	Arena fina	Café oscuro	Micas: Incoloras a blancas, brillo perlado, hábito hojoso, forma irregular (subangular,principalmente).Abundancia escasa.Cuarzo: Incoloro,brillo vítreo, forma irregular (subredondeado principalmente). Plagioclasa: Blanco,brillo graso, forma irregular( subredondeado a subangular). Otros minerales: Opacos: negros a café oscuro,brillo opaco, forma irregular	
D8-15	Arena media	Café claro	Micas: Incoloras a rosadas, brillo perlado, se presentan de <b>gran tamaño en comparación con otras secciones</b> , hábito hojoso, forma irregular (subangular principalmente). Gran abundancia de micas.Pñagioclasa: Blanca a incolora, brillo graso, hábito masivo,forma irregular (subredondeado a subangular).Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo,forma irregular(subredondeado). Carbón-materia orgánica: Negro, brillo graso,forma irregular a semitabular.	Presencia de materia orgánica y carbón.Gran parte de los sedimentos presentan coloraciones anaranjadas (Producto de oxidación?)
D8-35	Arena fina	Café amarillo claro	Micas:Incoloras,blancas y/ rosadas, brillo perlado, hábito hojoso, forma irregular (subangulares principalmente).Abundancia media. Carbón: Color negro, brillo graso, fomra tabular alargada (Abundancia media).Sedimentos muy finos que no permiten identificar, se infiere que hay cuarzo y plagioclasa.	Presencia de carbón. Muy similar a D8-2.5 pero con media abundancia de carbón.
D7-31	Arena fina	Café amarillo claro	Micas: incoloras,brillo perlado/nacarado de tamaño variado subpentagonales a irregulares (Se presentan en gran abundancia).Plagioclasas: blanca con brillo graso. Cuarzo:Incoloro, con brillo vítreo, forma irregular.Otros minerales máficos presentan tamaños variados y en gran abundancia. Presentan hábito acicular a masivo de color negro y rojo.	Consultar sobre la presencia de mineral anaranjado (óxidos??)
D7-23	Arena fina	Café amarillo oscuro	Micas: Incoloras con brillo perlado/nacarado de tamaño variado, irregulares. Disminuye la abundancia con respecto a la muestra D7-31.Plagioclasas: Blancas con brillo graso, masivas. Cuarzo: Incoloro a blanco, con brillo vítreo,masivos e irregulares. Otros minerales:Opacos indiferenciables con brillo metálico a opaco, presentan hábito tabular,acicular hasta masivo.	idem a D7-31
D7-12	Arena media a gruesa	Café amarillo oscuro	Micas: Incoloras, brillo perlado, tamaño variado,subpentagonales a irregulares.(Aumenta la abundancia con respecto a la muestra D7-23,similar en abundancia a D7-31). Plagioclasas:Blancas "lechosas", con brillo graso,masivas. Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo,forma irregular, hábito masivo. Otros minerales: Opacos indiferenciables con brillo opaco,de hábito masivo,forma irregular.	Muy abundante en micas.
D7-3	Arena fina	Café amarillo claro	Micas: Incoloras a blancas, brillo perlado/nacarado, forma irregular (Muy poca presencia en la lámina).Plagioclasa: Blanca, con brillo graso, presenta un hábito masivo, forma irregular.Cuarzo:Blanco a incoloro, brillo vítreo, hábito masivo, forma irregular.	Baja abundancia de minerales micáceos.
D6-61	Arena fina	Café oscuro	Plagioclasas: blancas, con brillo graso, hábito masivo, forma irregular principalmente.Micas: Incoloras a blancas, brillo perlado/nacarado, forma irregular, hábito laminar Muy poca abundancia. Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo, hábito masivo, forma irregular.	Muy poca abundancia de minerales micáceos(>1%) Presencia de partículas de carbón (?)
D6-40	Arena fina-media	Café oscuro	Micas: Blancas a rosado claro, brillo perlado/nacarado, hábito laminar, forma irregular principalmente.Cuarzo: Blanco a incoloro,brillo vítreo,forma irregular,subredondeado.Plagioclasa: Blanca, brillo graso,forma irregular, hábito semitabular.Otros minerales: Minerales opacos: Negros a rojizos indiferenciables,brillo opaco,forma irregular.	Hay una abundancia mediana de micas.Fragmento de carbón( semi-tabular), gran tamaño,brillo graso (?)
D6-25	Arena fina-media	Café oscuro	Micas:Blancas a rosadas, brillo perlado/nacarado, hábito laminar, forma irregular a pentagonal.Disminuye tanto la presencia como el tamaño de los minerales micáceos.Plagioclasa: Blanca, brillo graso/nacarado, forma irregular principalmente, subangulares a subredondeados.Carbón: irregular, fibroso,tamaño variado	Presencia de materia orgánica.

D6-3	Arena fina	Café claro	Micas: blancas a rosadas, brillo perlado/nacarado, hábito laminar, forma irregular principalmente. Plagioclasas: Blancas,brillo nacarado, forma semitabulares a irregulares,angulares a subangulares principalmente.Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo, forma irregular, subangulares principalmente.	Poca abundancia de micas, Materia orgánica
D5-27	Arena media	Café oscuro	Micas: Blancas,brillo perlado/nacarado,hábito laminar, forma irregular a subpentagonal. Plagioclasas: Blancas,brillo nacarado,forma tabular a irregular.Se encuentran subangulares.Carbón: Irregular, fibroso, tamaño pequeño.Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo,forma irregular subangular a subredondeado.	Abundancia alta a media de minerales micáceos.Presencia de materia vegetal.
D5-5	Arena fina	Café claro	Micas: Blancas, incoloras, brillo perlado/nacarado, hábito laminar,forma irregular.Plagioclasa: Blanca,brillo nacarado,forma tabular e irregular.Subangulares principalmente.Carbón: Desde tabular a irregular,fibroso,tamaño pequeño a mediano.	Muy poca abundancia (<1%) de micas.Presencia de materia orgánica
D4-20	Arena fina	Café claro con alguna tonalidad gris	Se mantiene la presencia de micas: incoloras a blancas,brillo nacarado, hábito hojoso, forma rectangular a irregular.Plagioclasa:Blancas, brillo grueso, forma semitabular a irregular( subangulares principalmente).Carbón y materia orgánica: Abundante, se presenta desde fragmentos irregulares (tamaños variados mm a cm) hasta formas tabulares alargadas.	Los sedimentos presentan en su mayoría una coloración anaranjada, posible presencia de óxidos.Poca presencia de micas.
D4-5	Arena fina	Café-amarillo claro	Micas: Incoloras a blancas, brillo perlado, hábito hojoso,forma irregular principalmente.Cuarzo: Incoloro,brillo vítreo, hábito masivo,subredondeado.Plagioclasas:Blancas, brillo grueso, forma irregular,subangulares a subredondeados. Carbón: desde tabular a forma irregular o masiva,tamaño variado (varios mm a cm).Hay presencia de materia orgánica.	Mediana abundancia de micas.Presencia de materia orgánica
D3-3	Limo	Café oscuro	Micas: Incoloras, brillo perlado,hábito hojoso.poca abundancia, tamaño pequeños (principalmente fragmentos milimétricos).Plagioclasa: Blanca, brillo grueso, forma semitabular a irregular (subangular principalmente).Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo,forma irregular(subredondeado). Carbón: Negro, brillo tomasol, se encuentra en tamaños variados (desde mm hasta algunos cm). La forma es irregular principalmente, otros tabulares a semitabulares.	Poca abundancia de micas.Presencia de materia orgánica.
D3-15	Limo	Café muy oscuro	Plagioclasas: Blancas a incoloras,forma semitabular,tabular a masiva,brillo grueso.Cuarzo: Incoloro,brillo vítreo,forma irregular(subangular principalmente).Carbón y materia orgánica: Negro, brillo grueso,forma irregular principalmente ( Su abundancia es media a alta).Otros minerales: Opacos indiferenciables: Color negro,brillo metálico, forma tabular principalmente, se observa exfoliación en una dirección.	Abundancia de micas muy baja(<1%). Abundancia media a alta de carbón
D3-25	Arena fina	Café claro	Micas: Incoloras a blancas, brillo anacarado, hábito hojoso, subangulares principalmente.ya que son fragmentos. Muy baja presencia./Plagioclasa: Blanco, brillo grueso, hábito semitabular, forma subangular.	
D2-20	Limo	Café oscuro	Cuarzo: Incoloro, brillo vítreo, forma irregular (subangular a subredondeado). Carbón: Negro, brillo grueso,forma tabular,alargada a semilargada,tamaño variado.Otros minerales: Opacos: Negro,brillo submetálico, la abundancia es muy poca.	Abundante materia orgánica y carbón.Algunos sedimentos presentan una coloración anaranjada (Oxidación).
D2-15	Limo	Café oscuro	Fracción muy fina de sedimento,no se logra diferenciar entre los principales componentes mineralógicos.Abundante materia orgánica en fragmentos de tamaño variado.	Materia orgánica y carbón.
D1-41	Arena fina	Café oscuro	Fragmentos de micas: Incoloras,hábito micaceo, forma irregular (angular-subangular).Mínima presencia./Plagioclasa: Blanco,brillo grueso, forma irregular (subredondeado-subangular).Cuarzo:Incoloro,brillo vítreo,forma irregular (subredondeado-subangular).Presencia de carbón: Negro,brillo grueso,forma tabular,alargada, también se presentan fragmentos de menor tamaño amorfos.	Materia orgánica y carbón
D1-5	Arena fina	Café oscuro	Fragmentos pequeños de micas: Poca abundancia, se reconocen por su brillo y hábito hojoso.Plagioclasa: Color blanco, brillo grueso, forma irregular (angular-subangular).Cuarzo: Incoloro,brillo vítreo, forma irregular (angular a subangular). Otros minerales:Opacos: Color negro, brillo submetálico, forma irregular. Tamaño mediano a pequeño.	Abundante materia orgánica y carbón

**Promedio**

1,1156  
3,0699  
5,6651  
1,504  
4,2555  
0,2807  
3,7316  
1,634  
14,6644  
4,0088  
3,2751  
3,816  
6,5029  
8,9366  
1,4288  
2,8691  
4,5626  
26,7398  
7,0607  
3,3527  
10,0467  
8,3071  
6,4395  
4,2712  
8,0324  
14,3355  
2,7115  
1,0428  
11,2385  
2,1947  
4,6674  
3,1581  
8,7581  
4,6455  
4,927  
1,1306  
1,2246  
1,8908  
3,2983  
11,9995  
8,3165  
4,1594  
14,6128  
0,3501

80,3901  
2,4948  
0,2393  
0,2527  
2,7372  
0,88  
2,1275  
8,7318  
4,3286  
3,2098  
0,7429  
2,6872  
12,0087  
6,3557  
8,8315  
5,5392  
28,6946  
0,6599  
4,5847  
2,3643  
7,0369  
61,0027  
5,7821  
4,0927  
1,3566  
2,8369  
4,6865  
7,4812  
3,5063  
0,5358  
7,11365811

# Muestra	# Muestra para procesamiento	Profundidad (cm)	Presencia de carbón	Volumen(cm^3)	# Part	Concentración(mm^2/cm^3)	Área total(mm^2)	Log((Concentración(mm^2/cm^3))+1)
C24D1+60	GAP		5 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+55	GAP		10 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+50	GAP		15 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+45		25	20 SI		1 170	5,1525	5,1525	0,8
C24D1+40		19	25 SI		1 48	2,45	15,0998	0,5
C24D1+35		21	30 SI		1 246	10,4577	68,3919	1,1
C24D1+30	GAP		35 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+25	GAP		40 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+20	GAP		45 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+15	GAP		50 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+10	GAP		55 -		1 - -			#iVALOR!
C24D1+5	GAP		60 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+60	GAP		73 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+55	GAP		78 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+50	GAP		83 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+45	GAP		88 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+40	GAP		93 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+35	GAP		98 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+30	GAP		103 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+25	GAP		108 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+20	GAP		113 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+15		26	118 SI		1 334	12,0118	12,0118	1,1
C24D2+10	GAP		123 -		1 - -			#iVALOR!
C24D2+5	GAP		128 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+60	GAP		142 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+55	GAP		147 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+50	GAP		152 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+45	GAP		157 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+40	GAP		162 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+35	GAP		167 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+30	GAP		172 -		1 - -			#iVALOR!
C24D3+25		24	177 SI		1 - -	9,4622	9,4622	1,0
C24D3+20		32	182 SI		1 486	12,4439	12,4439	1,1
C24D3+15		28	187 SI		1 138	4,4793	34,7031	0,7
C24D3+10		29	192 SI		1 378	13,26	13,26	1,2
C24D3+5		27	197 SI		1 86	3,871	3,871	0,7
C24D4+60	GAP		209 -		1 - -			#iVALOR!
C24D4+55	GAP		214 -		1 - -			#iVALOR!
C24D4+50	GAP		219 -		1 - -			#iVALOR!
C24D4+45	GAP		224 -		1 - -			#iVALOR!
C24D4+40	GAP		229 -		1 - -			#iVALOR!
C24D4+35		33	234 SI		1 456	33,0386	33,0386	1,5
C24D4+30		22	239 SI		1 759	45,9609	45,9609	1,7
C24D4+25		23	244 SI		1 681	31,573	31,573	1,5
C24D4+20		34	249 SI		1 749	27,0067	27,0067	1,4
C24D4+15		31	254 SI		1 515	15,105	15,105	1,2
C24D4+10		20	259 SI		1 674	17,3961	17,3961	1,3
C24D4+5		30	264 SI		1 215	8,4897	8,4897	1,0
C24D5+60	GAP		277 -		1 - -			#iVALOR!
C24D5+55	GAP		282 -		1 - -			#iVALOR!
C24D5+50	GAP		287 -		1 - -			#iVALOR!
C24D5+45	18AS		292 SI		1 225	10,8206	10,8206	1,1
C24D5+40	24+		297 SI		1 28	0,5435	0,5435	0,2
C24D5+35	7AS		302 SI		1 129	1,808	1,808	0,4
C24D5+30	23AS		307 SI		1 115	3,7133	3,7133	0,7
C24D5+25	3AS		312 SI		1 338	20,1237	20,1237	1,3
C24D5+20	23+		317 SI		1 140	4,1734	4,1734	0,7
C24D5+15	2AS		322 SI		1 238	6,418	6,418	0,9
C24D5+10	11AS		327 SI		1 479	15,8027	15,8027	1,2
C24D5+5	20AS		332 SI		1 190	6,7076	6,7076	0,9
C24D6+60		16	345 SI		1 279	13,1162	13,1162	1,1
C24D6+55	30AS		350 SI		1 1407	219,7292	219,7292	2,3
C24D6+50	21AS		355 SI		1 349	11,4546	11,4546	1,1
C24D6+45	9AS		360 SI		1 140	3,6334	3,6334	0,7
C24D6+40	28AS		365 SI		1 117	11,162	11,162	1,1

C24D6+35	13AS		370	SI	1	205	5,6042	5,6042	0,8
C24D6+30	14AS		375	SI	1	143	4,1199	4,1199	0,7
C24D6+25	27AS		380	SI	1	29	2,1592	2,1592	0,5
C24D6+20	15AS		385	SI	1	330	11,8049	11,8049	1,1
C24D6+15	24AS		390	SI	1	138	3,9533	3,9533	0,7
C24D6+10	12AS		395	SI	1	285	7,6462	7,6462	0,9
C24D6+5	1AS		400	SI	1	43	1,2602	1,2602	0,4
C24D7+60	GAP		413	-	1-	-	-	-	#¡VALOR!
C24D7+55	GAP		418	-	1-	-	-	-	#¡VALOR!
C24D7+50	GAP		423	-	1-	-	-	-	#¡VALOR!
C24D7+45	GAP		428	-	1-	-	-	-	#¡VALOR!
C24D7+40	GAP		433	-	1-	-	-	-	#¡VALOR!
C24D7+35	16AS		438	SI	1	59	4,0489	4,0489	0,7
C24D7+30		11	443	SI	1	327	33,0565	33,0565	1,5
C24D7+25		12	448	NO	1	0	0,40	0,40	0,1
C24D7+20		13	453	NO	1	0	0,40	0,40	0,1
C24D7+15		14	458	SI	1	45	2,5685	2,5685	0,6
C24D7+10		17	463	SI	1	148	4,0861	4,0861	0,7
C24D7+5		3	468	SI	1	6	0,4605	0,4605	0,2
C24D8+60	25AS		481	SI	1	474	15,6359	15,6359	1,2
C24D8+55	5AS		486	SI	1	565	15,3125	15,3125	1,2
C24D8+50	19AS		491	SI	1	267	9,9491	9,9491	1,0
C24D8+45	17AS		496	SI	1	365	29,5487	29,5487	1,5
C24D8+40	22AS		501	SI	1	767	32,8675	32,8675	1,5
C24D8+35	29AS		506	SI	1	182	4,6796	4,6796	0,8
C24D8+30	10AS		511	SI	1	469	9,6869	9,6869	1,0
C24D8+25	8AS		516	SI	1	454	10,0083	10,0083	1,0
C24D8+20	4AS		521	SI	1	320	1,6884	1,6884	0,4
C24D8+15	26AS		526	SI	1	178	6,2161	6,2161	0,9
C24D8+10	6AS		531	SI	1	89	2,3294	2,3294	0,5
C24D8+5		15	536	SI	1	338	17,2458	17,2458	1,3
C24D9+60		1	549	SI	1	65	7,3404	7,3404	0,9
C24D9+55		2	554	SI	1	175	13,738	13,738	1,2
C24D9+50		4	559	SI	1	26	12,0381	12,0381	1,1
C24D9+45		5	564	SI	1	60	7,0149	7,0149	0,9
C24D9+40		6	569	SI	1	61	2,6661	2,6661	0,6
C24D9+35		7	574	SI	1	57	3,5536	3,5536	0,7
C24D9+30		8	581	SI	1	20	6,9137	6,9137	0,9
C24D9+25		9	586	SI	1	61	3,8866	3,8866	0,7
C24D9+20		10	591	SI	1	47	1,1564	1,1564	0,3
C24D9+15		18	596	SI	1	220	7,1673	7,1673	0,9
C24D9+10		36	601	SI	1	93	2,8411	2,8411	0,6
C24D9+5		35	606	SI	1	315	20,1232	20,1232	1,3

