

**Anexo 1****Sensores paleoclimáticos del último milenio preservados en los sedimentos del Pantano La Bramadora, Sopetrán, Colombia.****Paleoclimatic sensors of the last millennium preserved in the sediments of the Pantano La Bramadora, Sopetrán, Colombia.****María Teresa Flórez Molina¹✉, Luis Norberto Parra Sánchez²✉; Gonzalo Abril Ramírez²✉; Carlos Albeiro Monsalve-Marín³✉**¹Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia²Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia³Investigador independiente, Medellín, Colombia**Citación:** Flórez Molina, M.T., Parra Sánchez, L.N., Abril Ramírez, G. y Monsalve Marín, C.A. (2023). Sensores paleoclimáticos del último milenio preservados en los sedimentos del pantano La Bramadora, Sopetrán, Colombia. Boletín Geológico, 50(2). <https://doi.org/10.32685/0120-1425/bol.geol.50.2.2023.711>**1. Anexo 1. Descripción detallada del Núcleo 14 (N14)**

Se inician las descripciones de techo a base, entre 0 y 950 cm, con la caracterización del material desde el punto de vista pedológico, litológico y geoquímico (Figura 1). Dado que, en el núcleo, los materiales se intercalan variando en sus características y espesores, se hace la interpretación ambiental deducida de dichas características, logrando así, ubicarlas cronológicamente y relacionarlas con eventos locales o globales, tales como volcanismo y/o eventos Niño y Niña, esencialmente.

Segmento entre 0-50 cm. Toda la serie está marcada el suelo actual en el techo y paleosuelos turbosos en la base.

Entre 0-18 cm, se encuentra el suelo actual que tiene alrededor de 18 cm de espesor, pero varía en el color y textura así: de 0-7 cm, horizonte Ah, de color 7.5Y4/2, pardo y la textura limosa (L); de 8-11 cm, horizonte Btg de color 2.5Y3/2, pardo grisáceo, la textura es arcillosa (Ar), presencia de arcilla iluvial, y entre 12-

18 cm, un horizonte BCg del color es 5Y7/2 gris claro y textura arcillosa (Ar). La estructura tiende a bloques finos, débiles (Bfd) en los dos primeros horizontes, en el tercero no tiene. Son

abundantes las fibras orgánicas, de espesor medio (2 a 5 mm). Presenta laminación muy fina de 4 mm, muy marcada por un cambio en el color de las láminas y entre ellas se alinean minúsculos trozos de carbón (1 o 2 mm). Clasificado como un *Typic Endoaqualfs* (Soil Survey Staff (SSS), (2014).

Entre 18-50 cm, hay un paleosuelo con abundante materia orgánica (MO), aún reconocible, especialmente fibras gruesas, medias y finas; hojas, tallos, raíces, semillas de tamaños variables, algunas de las cuales, en avanzado estado de descomposición, otras muy oxidadas. Internamente, este paleosuelo cambia en textura y color así: de 18-26 cm, el color es 2.5Y3/2 pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillo arenosa (ArA), estructura migajosa. De 26-30 cm, el color es 2.5Y3/3 pardo oliva oscuro, Ar, fibroso, con MO muy oxidada. Igualmente, entre 30-50 cm, el color es 2.5Y3/2 pardo grisáceo muy oscuro, textura ArL, estructura migajosa, MO muy oxidada.

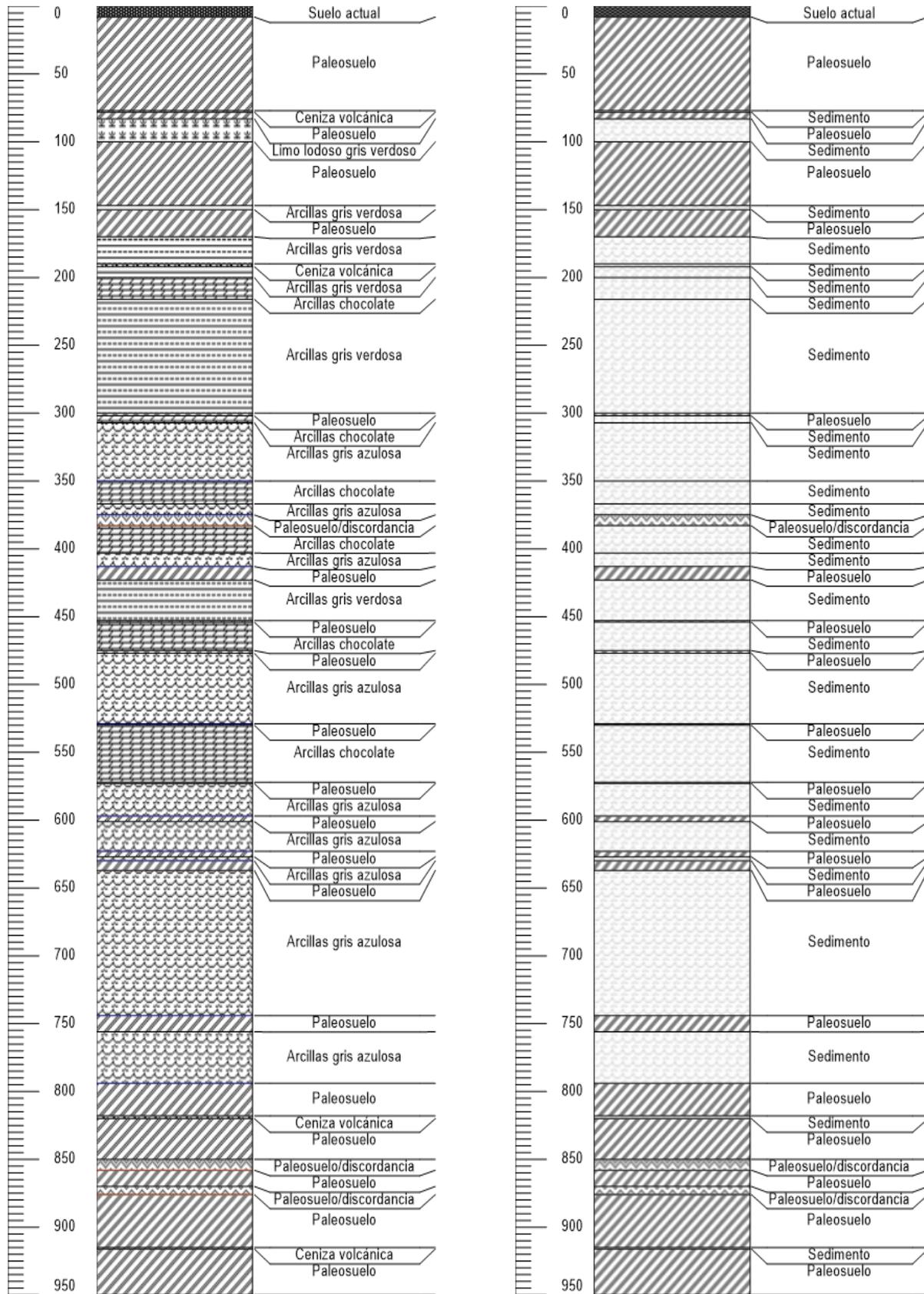


Figura 1 del Anexo 1. El perfil de la Izquierda es la descripción completa que incluye la lito, la tefro y la pedostratigrafía y en el de la derecha se resalta fundamentalmente la pedostratigrafía.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Cu, Ni, Zn, Sn, Ti, Pb, K, Zr, Ca, Mn, S, P, Mg, Cl, Rb, Yb, Eu, Ga, Sr, Ir, Re y Au. El Si, con valores ligeramente altos en el techo (6,898%, 7,264% y 6,288%, primeros 3 cm, respectivamente) y en la base (2,128%, 1,654% y 2,633%, últimos 3 cm, respectivamente), pero en este caso, alrededor de la mitad de la concentración reportada en el techo; este comportamiento lo presenta el Fe y el Al, siendo los valores del Fe casi la mitad de los del Si, y los del Al casi la mitad de los del Fe. Se reporta Au en 41, 42, 45 y 46 cm, Ta en 19 y 26 cm, mientras que B a los 32 cm con un valor extremadamente alto (96,41%). Al, está muy correlacionado con Si. En 3 y en 13 cm se registran valores muy variables en las concentraciones elementales y son relativamente bajas.

La curva del LOI (%), corrobora la presencia del suelo actual, constituido por tres horizontes minerales y la presencia los tres paleosuelos entre 19-26 cm, 27-37 cm y 40-50 cm, los cuales se diferencian entre sí por cambios de color, y los valores del LOI (%), y en el caso, el de los dos últimos, además, por la presencia de la criptotefra entre ellos. A los 16 cm se registra el valor más alto del LOI (90%). El promedio del LOI en todo el segmento es de 52.1% y el $R^2=0.8193$ de tendencia lineal.

El clima es cálido seco, ambiente es pantano arbóreo y pequeñas manchas con pantano de hierbas con déficit de agua atmosférica. Tasa de sedimentación de 0.81 cm/año (entre 1-142 cm, 177 años), equivalente entre 2022 y 1845 AD.

Segmento entre 50-100 cm. Esta serie comprende tres paleosuelos muy fibrosos, ligeramente húmedos, con abundante MO reconocible especialmente fibras gruesas, medias y finas, tallos, hojas y semillas.

Entre 50-57 cm, un paleosuelo conformado por dos horizontes bien definidos, el primero de 4 cm de color 2.5Y3/2 pardo grisáceo muy oscuro, textura Ar, estructura migajosa, MO muy oxidada. Le subyace un horizonte de 3 cm, de color G6/10Y gris verdoso de textura limosa (L), húmedo.

Entre 57-77 cm, otro paleosuelo de 20 cm de color 2.5Y3/2 pardo grisáceo muy oscuro, textura ArA, estructura migajosa, abundante MO, aún reconocible.

Entre 77-79 cm, se observa una capa arenosa de 2 cm de espesor con líticos volcánicos (posiblemente basaltos Cretáceos).

Entre 79-100 cm, otro paleosuelo con dos horizontes, el superior entre 79-83 cm, de color 2.5Y3/3 pardo oliva oscuro, textura ArA y fibroso. El inferior entre 83-100 cm, de textura limosa, muy húmedo, el color es G6/10Y, gris verdosa, abundantes fibras orgánicas más finas y muy oxidadas.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Cu, Sn, Ni, Zr, Zn, Cr, K, V, Ca, Mn, S, P, Rb, Ti, Cl, Mg, Eu, Pb, Yb, Ga, As, Sr, Ir, Re y Au. En esta serie, Si y Fe, son los elementos que presentan valores más altos. Todos siguen un patrón de comportamiento más o menos similar, guardando las proporciones como la que describe el Si, inicia con un valor bajo (1,959% y 0,891%, para los primeros 2 cm de esta serie), entre 53 y 58 cm, aumenta la concentración de este elemento pero de manera fluctuante formando dos picos importantes uno en 54 cm (8,864%) y otro en 57 cm (5,573%), luego los valores bajan y entre 58 y 77 cm forman un valle amplio, después del cual aumentan y disminuyen formando entre 77 y 100 cm, 7 picos continuos, en el más alto se reporta un valor de 8.9%. En 78 cm todas las concentraciones elementales aumentan coincidiendo con la criptotefra. A los 100 cm el Fe decae notoriamente (1,927%). Se reporta Au en 63, 67, 70 y 80 cm (en todos los casos 0,1%).

La curva del LOI, muestra un comportamiento contrario al que se observa a nivel geoquímico, a excepción de los primeros 3 o 4 cm, donde el LOI es bajo al igual que las concentraciones elementales. A partir de los 4 cm, los valores aumentan y son bien marcados en la zona que se describió como “valle” para el Si y los demás elementos donde las concentraciones bajan. En 77 y 78 cm su valor baja de 75% a 57,14% y 60%, respectivamente, coincidiendo con un valor alto en S (0.693%), en 78 cm. Entre 77-100 cm los valores bajan con respecto a los valores anteriores y donde los elementos suben el LOI baja y viceversa. A los 74 cm se registra el máximo valor del LOI (85.71%), y entre 92-96 cm el más bajo (14,29%). Este comportamiento refleja bien la presencia de paleosuelos y horizontes turbosos o muy mineralizados. El promedio del LOI en todo el segmento es de 42,126% y el $R^2=0.615$ de tendencia lineal.

Segmento entre 100-150 cm. Esta serie presenta entre 100-145 cm un paleosuelo con abundantes fibras y materia orgánica reconocible; en la base un estrato mineral arcilloso.

Entre 100-145 cm, un paleosuelo de 45 cm de espesor, el cual, internamente presenta algunas particularidades como son: entre 100-105 cm, el color es 2.5Y4/2 pardo grisáceo oscuro, con estructura migajosa, textura limo arenosa (LA); en la parte media, de 105-107 cm, la textura se vuelve ArA, el color cambia ligeramente a 2.5Y5/1, gris verdoso, la estructura es en bloques finos (Bf), contiene trocitos de carbón de hasta 0.3 cm; entre 107 y 114 cm, el color es 2.5Y4/2 pardo grisáceo oscuro, con estructura migajosa, textura LA. De 114 a 118 cm, la textura se vuelve ArA, el color es 2.5Y5/1, gris verdoso, la estructura en Bf. Entre 119 y 145 cm, el paleosuelo es de color es 2.5Y4/2 pardo grisáceo oscuro, con estructura migajosa y textura ArA, en la parte media y en la base abundantes trocitos de carbón de hasta 0.5 cm de espesor. Son reconocibles tallos gruesos y fibras.

Entre 145-150 cm, se observa una capa de arcilla mineral, de color G/5G6/1 gris verdosa, micro laminado (1-2 mm). Entre 100 y 114 cm las fibras son muy gruesas y reconocibles y se observan carbones milimétricos hasta de 3 mm. Entre 114 y 143 cm hay tallos gruesos mayores de 3 cm y restos de carbón de varios milímetros.

En todo el segmento se observa abundante MO, fibras gruesas en la parte superior aun reconocibles y fibras más delgadas en la parte central y en la base; al interior restos de carbón oxidados, bien conservados, más finos en el techo (<2 mm), medianos (1.24 cm) en el centro y de más de 3 cm en la base.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Al, Fe, K, S, Sm, Ca, Ni, Sn, Cu, Zr, Mg, Cr, Zn, P, Na, Ti, V, Mn, Yb, Cl, Pb, Rb, Eu, Ga, Te, As, Re, Sr, Ir, y Au. El valor más alto de Si (11,904%), se reporta en 127 cm, el más bajo (0,329%), en 146 cm. El Al, el valor más alto (3,824%), está en 127 cm y el más bajo (0,163%), en 146 cm. En el caso del Fe el valor más alto (4,868%) en 149 cm y el más bajo (0,271%), en 146 cm. Para el Ca el más alto (1,375%) en 149 cm y el más bajo (0,143%) en 146 cm. En 127 y 146 cm muchos otros elementos aumentan y

disminuyen respectivamente, p.e. el S. En 146 cm se marca el límite entre los paleosuelos y la capa arcillosa mineral. Entre 146 y 150 cm, las concentraciones porcentuales de algunos elementos disminuyeron, en otros la señal fue tan débil que no fueron reportadas por el equipo.

En todo el segmento los componentes proporcionan diversos patrones de distribución y ello permite visualizar cierta ciclicidad geoquímica, la cual, está dispuesta así: entre 101-104 cm y 105-107 cm, se registran dos ciclos geoquímicos con valores bajos, luego, otro ciclo con una distribución cuasi normal, entre 108-112 cm. Entre 113-117 cm, y entre 118-120 cm, tres ciclos geoquímicos donde los porcentajes bajan. Luego, entre 121-127cm y 128-132 cm, de nuevo con una distribución cuasi normal, otros dos ciclos geoquímicos. Finalmente, entre 133-140 cm tres picos casi iguales insinúan una distribución lineal mientras que entre 141-145 cm y 146-150 cm.

La curva del LOI, presenta valores relativamente bajos, sin embargo, en 113 cm se registra el más alto (83,33%) y en 149 el más bajo (10,53%). Entre 100-118 cm los valores son superiores al 40%, mientras que entre 119-141 cm, bajan no superando el 38,46%, luego suben entre 142-145 cm y bajan de nuevo de manera abrupta entre 145-150 cm. Estos valores de LOI, estarían indicando la presencia de paleosuelos con contenidos de MO bajos o no tan altos como en las dos series anteriores. Los altos valores en la curva del S, registrados en toda la secuencia, estaría implicando la presencia de un azufre pedogénico. Los valores de S más altos se observaron en 110 cm (1,049%), 118, 119 cm (2,341% y 2,161%), 121, 122, 123 cm (1,781%, 2,099% y 1,647%), 130, 131 cm (1,193%, 1,035%), 133 cm (1,171%), y los más bajos en los últimos 5 cm de todo el segmento 146-150 cm (0,010%, 0,024%, 0,030%, 0,029% y 0,016%), lo cual coincide con la Estrato mineral arcilloso. El promedio del LOI en todo el segmento es de 38,139% y el $R^2=0.4075$ de tendencia lineal.

El ambiente corresponde a un pantano arbóreo desarrollado bajo un clima cálido seco (entre 100-145 cm), y hacia la base Pantano de hierbas bajo un clima cálido húmedo (entre 145-150 cm).

Desde la superficie hasta 144 cm, se registra bien el inicio del clima contrastado y estacionalmente deficitario en agua que

imperera hoy día en el Pantano, marcado por fuerte acumulación de materia orgánica, valores altos de Azufre (S) y desarrollo de suelo. Predominan las condiciones de un clima es cálido seco, ambiente es pantano arbóreo con déficit de agua atmosférica.

Segmento entre 150-200 cm. En esta serie se observa la presencia de un paleosuelo, una criptotefra y estratos minerales de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas, su descripción es como sigue.

Entre 150-160 cm, un paleosuelo de 10 cm de espesor, en los primeros 4 cm el color 2.5Y4/1 gris oscuro, con estructura en bloques subangulares (Bsa), finos, fuertes, textura ArA, y en los siguientes 6 cm es Ar y su color es 2.5Y5/1 gris, bandeado muy fino menor de 2 mm, MO altamente descompuesta en ambos horizontes y muchas fibras delgadas y oxidadas; en los límites inferiores de los dos horizontes hay fragmentos de carbón de entre 2 y 5 mm.

Entre 160-188 cm, un estrato mineral arcilloso, conformado por arcillas secas y ligeramente duras, bandeadas y/o laminadas, con bandas y láminas de entre 2 mm y 5 cm, que se alternan entre “arcillas gris verdosas” con colores entre 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso, “arcillas chocolate” con tonos entre 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro, y “arcillas gris azulosas” con colores entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido, que contienen fibras delgadas transparentes. Esta secuencia arcillosa es como sigue:

Entre 160-170 cm, arcillas gris verdosas con carboncitos de hasta 1 mm alineados a las bandas y/o láminas

Entre 170-188 cm, arcilla gris verdosa.

Entre 188-189 cm, se encuentra una criptotefra.

Entre 189-200 cm, arcillas bandeadas y/o laminada de diversos colores que se alternan entre verdosas, azulosas y chocolate, estas últimas son las que predominan. Los espesores de las bandas y/o laminas varían entre 1 y 3 cm. En todos los casos las arcillas son plásticas y ligeramente pegajosas.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de B, Si, Fe, Al, Au, K, Ca, Rb, Yb, Zr, Cr, Cl, Ga, Mn, Sn, Ti, S, Mg, Cu, Ni, Sr, V, Eu, P, Zn, Pb, Y, Lu, R, As, Ir, Sm. El B (99,876%) se registró en 167

cm. El valor más alto de Si (19,285%), está en 189 cm, el más bajo (0,147%), en 163 cm. El Al tiene el valor más alto (7,932%) en 189 cm y el más bajo (0,121%) en 162 cm. En el caso del Fe en toda la serie tiene un comportamiento cíclico muy definido, el valor más alto (4,178%), está en 189 cm y el más bajo (0,230%), en 165 cm. Au fue detectado con una concentración de 0,1% en 152, 162, 164 y 166 cm y con una concentración de 6,882% en 189 cm; igualmente, el S, a esta misma profundidad presenta valores altos (1,989%). Esta geoquímica advierte valores bajos de todos los elementos desde 151-200 cm, excepto para el Fe que es muy alto hasta 162 cm y el Si que a partir de esta profundidad y hasta los 200 cm es el elemento que tiene una mayor concentración, sin tener en cuenta el B. El Si marca una ciclicidad geoquímica que coincide con el bandeamiento y/o laminación del estrato mineral. Se destacan valores extremadamente bajos de todos los elementos en 167 cm y muy altos en 189 cm, y es en esta última fracción donde se ubica la criptotefra.

Los valores medidos del LOI permiten corroborar la presencia del paleosuelo entre 150-160 cm con valores relativamente altos; entre 160-188 cm, con valores más bajos el estrato mineral arcilloso con una caída fuerte (6,67%), en 171 cm; entre 189-190 cm la criptotefra, y entre 191-200 cm el otro estrato mineral arcilloso con una caída de esta variable (6,25%) en 200 cm. La curva del LOI, en esta serie, presenta valores relativamente bajos (<45%), una media de 24,371%, y el $R^2=0.6103$ de tendencia lineal.

Entre 150-170 cm, el ambiente corresponde a un clima cálido seco, ambiente de pantano arbóreo mientras que entre 170-200 cm a un clima cálido húmedo pantano de hierbas. La tasa de sedimentación de 0.7 cm/año entre 143-189 cm. Aproximadamente, 30 años, equivalente en AD, entre 1845 y 1815.

Segmento entre 200 y 250 cm. Toda la serie, es un estrato mineral arcilloso, bandeado y laminado. Las bandas y/o láminas alternan en color y espesor, entre una “arcillas chocolate” con tonos 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro y “arcillas gris verdosas” con colores 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso gris. Las bandas y/o láminas varían entre 2 mm y 5 cm de espesor.

Internamente, presenta algunas variaciones como se describen a continuación:

Entre 200-210 cm, arcillas chocolate preferencialmente, bandeada y/o laminada y/o laminadas con bandas y/o láminas de espesor entre 0.2 y 0.5 cm, plásticas, ligeramente pegajosas.

Entre 210-216 cm, un estrato mineral arcilloso con evidencias de pedogénesis, pseudo estructura, textura arcillosa, color 2.5Y4/1 gris oscuro, seco, de consistencia fuerte, con fibras finas y trocitos de carbón.

Entre 216-250 cm, un estrato mineral arcilloso, similar al del techo, aquí las bandas y/o láminas varían con una moderada ciclicidad así: de 216-220 cm, predomina la arcilla gris verdosa; de 220-228 cm, lo hace las arcillas chocolate; de 228-239 cm, tanto arcillas chocolate como gris verdosas tienen la misma expresión en alternancia como en espesor, este último menor de 2 cm. Entre 239-244 cm, una arcilla gris verdosa de 3,5 cm de espesor seguida de una arcilla chocolate de 2,5 cm. Entre 244-250 cm, se repite de nuevo la secuencia de arcillas gris verdosas y chocolate, ambas son similares en alternancia y espesor.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Ca, K, S, Sn, Ti, Mg, Yb, Eu, Zr, Cl, Ni, Rb, P, Pb, Cr, V, Mn, Y, Sr, Cu, Ga, Ir, Zn, Lu, Os. El Si, en toda la serie tiene un comportamiento cíclico muy definido, cuyos puntos de menor inflexión (204, 206, 210, 214, 223 y 245 cm), están por debajo de 1.7%; el valor más alto (15,352%), está en 237 cm, y el más bajo (1,256%), en 204 cm. En comportamiento geoquímico elemental se ve bien acoplado al carácter de los materiales, al color y al espesor de las bandas y/o láminas.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas chocolate, los valores del LOI son más altos que los de las arcillas gris verdosas y a la descripción estratigráfica. En conjunto, entre 201 y 236 cm, el valor más bajo (6,25%) está en 201 cm, el más alto (60%) en 238 cm. El LOI tiene una media de 20,1%, y el $R^2=0.6709$ de tendencia lineal.

Clima cálido húmedo, ambiente es un pantano de hierbas.

Segmento entre 250 y 300 cm.

Toda la serie es un estrato mineral arcilloso, bandeado. Las bandas y/o láminas alternan en color y espesor, entre una “arcillas chocolate” con tonos 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro y “arcillas gris verdosas” con colores 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso. Internamente, presentan variación en color y espesor, tal como se describen:

Entre 250-262 cm, predominan “arcillas gris verdosas” bandeada y/o laminada y/o laminadas que alternan entre 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso gris y el espesor de las bandas y/o láminas entre 5 mm y 1.5 cm. Estas arcillas son plásticas y ligeramente pegajosas, ligeramente consistentes, algo húmedas.

Entre 262-285 cm, son esencialmente “arcillas chocolate” con tonos 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro y “arcillas gris verdosas” con colores 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso gris. Las bandas y/o láminas de 2 mm y 5 cm de espesor. Las arcillas son plásticas, húmedas y pegajosas, no tan consistentes como en el estrato anterior. En 270, 280 y 285 cm, se deforman y esto se debe a la presencia de arcillas chocolate que muestran más humedad y desconfinamiento.

Entre 285-300 cm, predominan “arcillas gris verdosas” con colores 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso gris, y “arcillas chocolate” con tonos 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro y el espesor de las bandas y/o láminas entre 2 mm y 3 cm de espesor. Estas arcillas son plásticas y pegajosas, ligeramente húmedas. En los sitios donde aparecen bandas y/o láminas chocolate presentan deformación interna, pero no tan fuerte como en el segmento anterior, en el cual, las bandas y/o láminas son de más espesor.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Ca, Al, Mg, Sn, Eu, K, Ti, S, Zr, Cl, Pb, V, Ni, Sr, Cu, Mn, Yb, Cr, Rb, Ga, P, Y, Zn, Re, Lu, Ir, Os, Au. En 266 cm, la composición cambia completamente, las concentraciones de Si, Fe, Al, P, S, Ca, Ti y Mn bajan ostensiblemente, solo el Cl sube un poco, otros elementos como Mg, V, Cr, Ni, Cu, entre otros, no son reportados. Aquí podría colocarse un límite dado por un cambio en la composición geoquímica, mas no lito o pedo estratigráfico puesto que la laminación o el bandeamiento mantiene una ciclicidad.

El conjunto de datos geoquímicos para esta serie muestra tres tendencias: 1) entre 250-62 cm, donde se puede observar el predominio del Si sobre los demás elementos y la tendencia de todos en ese rango es negativa; 2) entre 262-266 cm, marcada por el dominio del Si, que al igual que los demás elementos su comportamiento es dual, sube-baja-suben en un tramo y luego toma una tendencia positiva, y 3) entre 267-300 cm, en este último rango, se observa una mayor uniformidad composicional y está directamente relacionada con el bandeamiento físico del estrato, los valores más altos los dibujan el Si y el Fe, seguidos por el Ca, esto indica bien el estrato mineral laminado, al menos, al “centímetro”. Sin embargo, en toda la serie, se visualiza esta laminación que es constante pero diferenciada en color y espesor de las láminas.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas chocolate, los valores del LOI son más altos que los de las arcillas gris verdosas. El valor más bajo del LOI (7,14%) está en 280 cm, y el más alto (60%) en 264 cm. El LOI tiene una media de 22,569% y el $R^2=0.4778$ de tendencia lineal.

Segmento entre 300 y 350 cm. La serie es un estrato mineral arcilloso, arcillas bandeadas y/o laminada y/o laminadas y laminadas, con bandas y/o láminas finas de 0.2 hasta 1 cm, que varían en color desde G/5G6/1 gris verdoso, 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro. Las láminas gris verdosas predominan sobre las láminas gris y gris oscuro, en estas últimas, se observan evidencias de pedogénesis incipiente, algunas tienen abundantes fibras o raíces finas muy oxidadas y se desconforman fácilmente dentro de toda la serie arcilloso. En 320 cm se detectan abundantes raíces delgadas y muy oxidadas, al igual que granos de arena gruesos (3 mm) en 323 cm, y entre 337-343 cm. Todo el estrato es húmedo y las arcillas son plásticas y muy pegajosas.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de B, Si, Fe, Ca, Al, Mg, Sn, Eu, K, Ti, Cl, S, Zr, Ni, Sr, V, Pb, Mn, Cu, Y, Ga, Yb, Zn, Cr, P, Rb, Te, Re, Ir, Lu, Os. De esta composición elemental se destaca la presencia de B (69,211%) en 328 cm, al que le siguen el

Si, Fe, Ca y Al, estos cuatro elementos son más o menos constantes en magnitud en toda la serie, pero El Si y el Fe, presentan varios puntos de inflexión donde sus valores caen fuertemente. El Si presenta valores más o menos cercanos que varían entre 17,854% y 9,422%, sin embargo, en los puntos de inflexión la concentración porcentual cae hasta valores por debajo de 2%, en 310, 315, 320, 323, 340, 341 y 343 cm, hecho que determina “cierta ciclicidad geoquímica” que también es notoria con el Fe, en este caso, se presentan más puntos de inflexión, algunos de los cuales, coinciden con los 3 primeros del Si. De acuerdo con la descripción estratigráfica en 320, 323 y 343 cm se reporta un cambio en las características de los materiales que podría explicar la caída de estos valores.

Los datos geoquímicos para esta serie muestran una variación composicional cíclica, tanto para los cuatro elementos (Si, Fe, Ca y Al) que tienen los valores más altos como para el resto de los elementos, con valores más bajos, pero igual de contenidos. Esta ciclicidad está reflejando la relación entre la composición geoquímica de los materiales geológicos con el bandeamiento físico del estrato. Los valores más altos los dibujan el Si y Fe, seguidos por Ca y Al, que marcan bien el estrato mineral laminado, al menos, al “centímetro”. El espesor y color variado y alternado que tienen las bandas y/o láminas es el reflejo de esta variación geoquímica y cíclica versus tiempo (cm/año).

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas grises o gris oscuras, los valores del LOI son más altos que los de las arcillas gris verdosas. En 306 cm se encuentra el valor más alto (66,67%), el cual está relacionado con uno de los valores bajos de Fe. El valor más bajo del LOI (4,76%), está en 325 cm. El LOI tiene una media de 15,44% y el $R^2=0.4908$ de tendencia lineal.

Todo el estrato se formó bajo un clima cálido húmedo, bajo ambiente pantano de hierbas. Restrepo *et al.* (2004), realizó una datación entre 334 y 342 cm, que arrojó una edad equivalente a 1662 y 1670 AC.

Segmento entre 350 y 400 cm. Esta serie está conformada por estratos minerales arcillosos, bandeados, con bandas

y/o láminas que se alternan en color y espesor, un paleosuelo y dos capas de dos capas de criptotefra en 368 y 378 cm. La descripción es como sigue:

Entre 350-355 cm, las arcillas bandeadas y/o laminada y/o laminadas alternan en color entre 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor de las bandas y/o láminas entre 2 mm y 1 cm. Las arcillas son plásticas y muy pegajosas, ligeramente húmedas. Entre 355-368 cm, el material es mineral arcilloso, varía su color entre 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso, y las arcillas chocolate con tonos entre 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro que son las que predominan. Las arcillas están más secas pero las de color chocolate presentan irregularidades superficiales como huecos y grietas, estructuralmente se desconfinan y crean superficies negativas.

Entre 368-369 cm, se presenta una capa de criptotefra.

Entre 369-377 cm, hay un paleosuelo, fibroso, de 3 cm, sin estructura, son de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro. El primero, de 3 cm, presenta abundantes fibras muy finas, de hasta 5 cm de largo, muy oxidadas, así restos orgánicos reconocibles y tallos de hasta más de 3 cm, todo este material orgánico esta extremadamente oxidado y llega a constituir un 80% de todo el espesor. Rasgos pedogenéticos incipientes, MO muy evolucionada y esta le imprime a la serie una irregularidad muy similar a lo que pasa con las arcillas chocolate.

Entre 377-378 cm, presenta una capa de criptotefra.

Entre 378-381 cm, paleosuelo de 3 cm, sin estructura, de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro. Presenta abundantes fibras muy finas, de hasta 5 cm de largo, muy oxidadas, así como restos orgánicos reconocibles y tallos de hasta más de 3 cm, todo este material orgánico esta extremadamente oxidado y llega a constituir un 80% de todo el espesor. Rasgos pedogenéticos incipientes, MO muy evolucionada y esta le imprime a la serie una irregularidad muy similar a lo que pasa con las arcillas chocolate.

Entre 381-400 cm, hay arcillas bandeadas y/o laminada y/o laminadas plásticas, ligeramente pegajosas, ligeramente secas y brillantes que alternan en color y espesor entre 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso, que predomina sobre las de color 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro, y G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor de estas bandas y/o láminas varían entre

0.5 a 3 cm. Entre 395 y 400 cm, bandas y/o láminas están ligeramente inclinadas casi 15°. Como en los estratos arcillosos que le anteceden, las arcillas chocolate también presentan irregularidades.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Na, Si, Au, Fe, Ca, Al, Mg, K, Ti, Eu, Zr, Sn, S, Lu, Cl, Ni, V, Pb, Zn, Rb, Y, Sr, Yb, Cu, Ga, Mn, P, Cr, Ir, Re, Os. De esta composición elemental se destaca la presencia de Na y el Au que en concentración porcentual acompañan al Si, Fe, Ca y Al, con valores altos en varios sitios de serie, siendo los más importantes los reportados en 368 y 378 cm, ya que, en estos puntos, a diferencia de los demás de la serie, también aumentan su concentración otros elementos en ambos casos, los cuales se referencian a continuación dada su importancia:

1) En 368 cm: Si (31,796%), Fe (22,868%), Ca (14,786%), Na (8,680%), Al (8,113%), Au (7,7583%), K (1,895%), Ti (1,770%), Mg (1,553%), Mn (0,410%), y P (0,361%), y 2) En 378 cm: Si (31,612%), Na (17,968%), Fe (15,580%), Au (11,626%), Al (8,679%), Ca (7,721%), Ti (1,950%), K (1,734%), Mg (1,128%), Zn (0,680%), S (0,588%), P (0,434%) y Sr (0,150%).

Si, Fe, Ca y Al, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, en algunos casos, son puntos de inflexión positiva como en 368 y 378 cm en los que aumenta la concentración elemental; en los puntos de inflexión negativa como en 356, 357, 363, 373, 377, 382, 390 y 391 cm, la concentración porcentual decae en todos los elementos, o algunos, no aparecen en el espectro.

Este comportamiento de las concentraciones elementales podría corresponder a un "ciclicidad geoquímica" y estar relacionada con las láminas, a su color y espesor.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas grises o gris oscuras, los valores del LOI son más altos que los de las arcillas gris verdosas. En 306 cm se encuentra el valor más alto (66,67%), el cual está relacionado con uno de los valores bajos de Fe. El valor más bajo del LOI (5,88%), está en 370, 376 y 394

cm. El LOI tiene una media de 17,149% y el $R^2=0.7576$ de tendencia lineal.

El clima es contrastante entre un cálido húmedo-cálido seco-cálido húmedo, predominando un ambiente de pantano de hierbas. Restrepo *et al.* (2004), realizó una datación entre 361-392 cm, una edad equivalente a 1579 y 1611 AC.

Segmento entre 400 y 450 cm. Esta serie contiene dos paleosuelos que separan dos estratos minerales arcillosos. La descripción es como sigue.

Entre 400-403 cm, un paleosuelo de color 2.5Y4/1 gris oscuro, sin estructura, de textura Ar, con escasas evidencias de pedogénesis, algunas fibras finas y muy oxidadas.

Entre 403-412 cm, un estrato mineral de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas que alternan en color y espesor de las bandas y/o láminas entre arcillas verdosas y azulosas; las de color gris verdoso varían entre un 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso. Las gris azulosas varían entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 1 o 2 mm hasta 2 cm, estos dos aspectos se observan en todo el segmento. Estas bandas y/o láminas se intercalan entre sí; las arcillas chocolate que presentan fibras muy finas y oxidadas. Las arcillas son plásticas, pegajosas y están ligeramente húmedas, hecho que hace que se desconformen. Las zonas más oscuras presentan apariencia irregular, superficialmente se forman irregularidades que dan un relieve negativo

Entre 412-423 cm, un paleosuelo, de textura Ar, con evidencias de pedogénesis, hay fibras oxidadas y una pseudo estructura migajosa débil, textura Ar, presencia de MO muy oxidada y valores altos en Si y B, en 417 cm y boro.

Entre 423-450 cm, otra serie de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas gris verdosas y gris azulosas que se alternan entre sí, como las descritas en la parte inicial del segmento, pero se diferencia de las anteriores es que no tienen fibras.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de B, Si, Fe, Au, Ca, Al, Mg, K, Ti, Eu, Zr, Sn, S, Cl, Sr, V, Mn, Rb, Ni, Yb, Y, Zn, Ga, Pb, Cu, P, Cr, Ir, Te, Re, Os. De esta composición elemental se

destaca la presencia de B y el Au que en concentración porcentual acompañan al Si, Fe, Ca y Al con valores altos en varios sitios de serie, siendo los más importantes los reportados en 436 y 439 cm, ya que, en estos puntos, a diferencia de los demás de la serie, también aumentan su concentración otros elementos en ambos casos, los cuales se referencian a continuación dada su importancia:

1) En 436 cm: Si (35,500%), Fe (29,139%), Ca (14,717%), Al (9,288%), Au (4,881%), Ti (1,910%), K (1,874%) Mg (1,861%), Mn (0,653%), Sr (0,580%), y P (0,447%), y 2) En 439 cm: Si (35,298%), Fe (24,825%), Ca (13,612%), Al (9,740%), Au (9,920%), K (2,760%), Mg (2,178%), Ti (1,892%), Zn (0,660%), Mn (0,514%) y P (0,416%).

Si, Fe, Ca y Al, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, en algunos casos, son puntos de inflexión positiva como en 436 y 439 cm en los que aumenta la concentración elemental; en los puntos de inflexión negativa como en 401, 417, 421, 431, 443, 445 y 445 cm, en algunos elementos bajan las concentraciones, especialmente de Fe.

Este comportamiento de las concentraciones elementales podría corresponder a un "ciclicidad geoquímica" y estar relacionada con las láminas, a su color y espesor.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más altos que los de las arcillas más claras. En 420 cm se encuentra el valor más alto (42,86%). El valor más bajo del LOI (5,88%), está en 449 cm. El LOI tiene una media de 21,334% y el $R^2=0.6486$ de tendencia lineal.

El clima es contrastante entre un cálido húmedo-cálido seco-cálido húmedo, predominando un ambiente de pantano de hierbas. Ambiente en los paleosuelos es de pantano arbóreo en las arcillas de pantano de hierbas.

La tasa de sedimentación calculada para el segmento entre 189 y 450 cm fue de 1.01 cm/año. Aproximadamente, 360 años, equivalente a 1815 y 1455 AC.

Segmento entre 450 y 500 cm. Todo el segmento está conformado por arcillas bandeadas y/o laminadas verdosas y azulosas que se alternan entre sí, tanto en color como en espesor. Las arcillas verdosas varían desde un 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso, mientras que las azulosas varían entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 1 o 2 mm hasta 2 cm, estos dos aspectos se observan en todo el segmento. Estas arcillas son pegajosas y están ligeramente húmedas.

Entre 450-467 cm, predominan las arcillas bandeadas y/o laminada y/o laminadas verdosas cuyas bandas y/o láminas varían en color desde 2.5Y5/1 gris a G/5G6/1 gris verdoso, y en espesor de 5 mm hasta 2 cm. Las arcillas son plásticas, ligeramente húmedas y pegajosas; consistentes, excepto en el caso de las bandas y/o láminas oscuras, las cuales se desconforman creando superficies negativas (oquedades), aspecto que se hace más notorio entre 459-462 cm, dicha zona, además, contiene fibras delgadas y MO muy oxidada, no hay evidencias de pedogénesis, pero si MO muy mineralizada.

Entre 467-500 cm, predominan arcillas azulosas que varían entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor varía entre 5 mm y 5 cm. Las arcillas son plásticas, ligeramente húmedas y pegajosas; consistentes, excepto en el caso de las bandas y/o láminas oscuras, las cuales se desconforman creando superficies negativas, aspecto más notorio entre 475-477 cm, con MO muy alterada, y algunas evidencias de pedogénesis incipiente, p.e., tendencia estructura y algunas fibras delgadas oscuras. En 494 cm, se registra un cambio en el color, este se torna más oscuro, tiene raíces oxidadas y olor putrefacto.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Ca, Al, Sn, K, Cl, Eu, Mg, S, Zr, Ti, Lu, Sr, Ni, Zn, Y, Mn, V, Rb, Cu, Ga, Yb, Cr, Ta, P, Re, Ir, Os. Se destaca la presencia de Si, Fe, Ca y Al con valores altos en varias profundidades de la serie: Si (15,248%) en 454 cm, Fe (12,710%) en 487 cm, Ca (5,530%) en 475 cm y Al (4,276%) en 454 cm, en algunos de estos puntos también aumenta la concentración de otros elementos o disminuye, y puede o no estar relacionada estos cambios con la

presencia o no de MO oxidada o una incipiente pedogénesis como ocurre 454, y entre 475-477 cm. Si, Fe, Ca y Al, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión (+ o -), precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, pero son el Si y el Fe (disminuyen) marcan puntos de inflexión negativa, para el Si en: 456, 460, 488, 489, 497 y 498 cm, con valores porcentuales menores de 2.0%; para el Fe, en: 452, 456, 458, 463, 466, 483, 489 y 494 cm, que al igual como en la Si coincide con presencia de MO oxidada o muy alterada, para el Fe los valores están igualmente por debajo de 2%, excepto en 452 cm que es ligeramente más alto. Entre estos dos elementos hay coincidencia en 456 y 489 cm. Este comportamiento de las concentraciones elementales podría corresponder a un “ciclicidad geoquímica” y estar relacionada con el bandeamiento (laminación), a su color y espesor.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más altos que los de las arcillas más claras y tiene una correspondencia con algunos de los puntos de inflexión negativa observada especialmente para el Si y el Fe, p.e. en 452 cm (30%), 459 cm (37,5%), 473 cm (36,36%), 489 cm (30,77%) y 493 cm (30%). El valor más bajo del LOI (13,04%), está en 465 cm; tiene una media de 21,05% y el $R^2=0.6605$ de tendencia lineal.

Clima cálido húmedo, ambiente de pantano de hierbas.

Segmento entre 500 y 550 cm. Todo este segmento está conformado por arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas verdosas y azulosas que se alternan entre sí, tanto en color como en espesor. Las arcillas verdosas varían desde un 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso, mientras que las azulosas varían entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 1 o 2 mm hasta 2 cm, estos dos aspectos se observan en todo el segmento. Estas arcillas son pegajosas y están ligeramente húmedas.

Entre 500-512 cm, predominan las arcillas bandeadas y/o laminada y/o laminadas verdosas cuyas bandas y/o láminas

varían en color desde 2.5Y5/1 gris a G/5G6/1 gris verdoso, y en espesor de 5 mm hasta 2 cm. Las arcillas son plásticas, ligeramente húmedas y pegajosas; consistentes, excepto en el caso de las bandas y/o láminas oscuras, las cuales se desconforman creando superficies negativas y grietas que llegan a afectar algunas láminas inferiores o superiores. Esto está muy relacionado con la presencia de fibras muy oxidadas que se encuentran dentro de las láminas arcillosas creando una disrupción en toda la laminación o bandeamiento, no hay evidencias de pedogénesis. Entre 512-528 cm, se observa el mismo bandeamiento descrito antes, pero en este caso, ligeramente más húmedas, lo cual crea una superficie brillante y la presencia de protuberancias redondeadas milimétricas que crean un relieve irregular.

Entre 528-550 cm, predominan arcillas azulosas que varían entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido. El espesor de 5 mm hasta 5 cm. Las arcillas son plásticas, ligeramente secas y pegajosas; consistentes, excepto en el caso de las bandas y/o láminas oscuras, las cuales se desconforman creando superficies negativas como huecos, con fibras oxidadas.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, S, Sn, Eu, Ti, Cl, Zr, Lu, Yb, Sr, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, V, Y, Ga, Rb, P, Ir, Re, Os. De esta composición elemental se destaca la presencia de Si, Fe, Al y Ca con valores altos en varios sitios de serie, siendo los más importantes los reportados para Si (17,959%) en 548 cm, Fe (13,350%) en 539 cm, Al (5,784%) en 548 cm y, Ca (4,795%) en 516 cm, en algunos de estos puntos también aumenta la concentración de otros elementos. Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, pero son el Si y el Fe quienes mejor marcan los cambios cíclicos por puntos de inflexión negativa, para el Si en: 501, 509, 518, 530 (también baja el Mg y el Al). En 535 cm aumenta el S y disminuyen las concentraciones de Si, Ca y Fe; para este mismo elemento (S) en 548 cm las concentraciones porcentuales aumentan al igual que las del Si y el Al, mientras que disminuyen para el Fe y en ambos casos para el Fe con las más bajas concentraciones (0.633% y 1.353%,

respectivamente). El Fe en 503 y 511 cm coincide con el más alto porcentaje del LOI (52%), además en 514, 517, 519, 525, 535 cm. Con respecto al Si, este aumenta mientras el Fe disminuye en 541 y 548 cm. Este comportamiento de las concentraciones elementales podría corresponder a un “ciclicidad geoquímica” y estar relacionada con el bandeamiento o laminación, a su color y espesor.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más alto que los de las arcillas más claras. El valor más alto (52%) del LOI está en 511 cm y el más bajo (9,52%) se ubica en 549 cm. Tiene una media de 19,945% y el $R^2=0.5933$ de tendencia lineal.

Clima cálido húmedo, ambiente de pantano de hierbas.

Segmento entre 550 y 600 cm. El segmento está constituido por dos estratos minerales arcillosos, que están separados por una capa de criptotefra y en la base del todo la serie, un paleosuelo. Su descripción es:

Entre 550-573 cm, estrato mineral arcilloso que varía entre “arcillas gris azulosas” con colores entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido y “arcillas chocolate” con tonos entre 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro, aquí predominan las arcillas gris azulosas sobre las arcillas chocolate. Las bandas y/o láminas, tienen espesores variables (1 a 5 cm); son plásticas, ligeramente húmedas y pegajosas; consistentes.

Entre 573-574 cm, se localiza una criptotefra.

Entre 574-597 cm, predominan arcillas “arcillas chocolate” sobre las “arcillas gris azulosas”. En ambos casos son bandeada y/o laminada y/o laminadas; las bandas y/o láminas presentan espesores mayores a las del tramo anterior, este varía 2 mm hasta 5 cm. Son plásticas, ligeramente húmedas y pegajosas; consistentes, excepto en el caso de las bandas y/o láminas oscuras, las cuales se desconforman un poco formando grietas verticales y alguno que otra oquedad.

Entre 597-600 cm, paleosuelo, de textura Ar, color 2.5Y4/1 gris oscuro, con estructura tendiente a migajosa, y algunos rasgos de pedogénesis incipiente. Podría ser un paleosuelo.

La composición geoquímica elemental, consta,

básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, Sn, Yb, Ti, Eu, S, Zr, Ni, Cl, Sr, V, Mn, Zn, Rb, Pb, Y, Cr, Cu, Ga, P, Ir, Re, Os, Lu. De esta composición elemental se destaca la presencia de Si, Fe, Al y Mg con valores altos en varios sitios de serie, siendo los más importantes los reportados para Fe (11,443%), en 571 cm y para Si (25,87%), Al (6,921%) Mg (1,868%) en 576 cm, en algunos de estos puntos también aumenta la concentración de otros elementos o disminuye, y puede o no estar. Si, Fe, Al y Mg, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, pero son el Si y el Fe los que mejor marcan los cambios cíclicos ya sea por puntos de inflexión negativa, para el Si en 560, 588 y 593 cm y para el Fe, en 551, 558, 574, 576 y 590 cm. Los valores más altos de algunos elementos se observan en 576 cm, que a diferencia del Fe aumentan ostensiblemente su concentración como es, en orden de magnitud, Si, Al, Mg, K, Cr, Zn, P; en este punto el Fe baja su concentración. Los valores más bajos se concentran en 593 cm y decrecen en el siguiente orden Si, Fe, Ca, Al, Ti, Mg, V, Mn y P. Este comportamiento de las concentraciones elementales podría corresponder a un “ciclicidad geoquímica” y estar relacionada con las láminas, a su color y espesor.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más alto que los de las arcillas más claras y tiene una correspondencia con algunos de los puntos de inflexión negativa observada especialmente para el Fe, donde la concentración de este elemento baja, sube la del LOI. El valor más bajo del LOI (7,69%), está en 577 cm, el más alto (33,33%) en 583 cm. La media es de 18,145% y el $R^2=0.6739$ de tendencia lineal.

El clima es contrastado cálido húmedo para las arcillas con un ambiente de pantano de hierbas y un clima cálido seco para el paleosuelo, con un ambiente de pantano arbóreo.

Segmento entre 600 y 650 cm. Este segmento contiene dos paleosuelos interceptados por sendas capas minerales

arcillosas, localizadas antes, inter y debajo de ellos de la siguiente forma:

Entre 600-623 cm, un estrato mineral de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas verdosas y azulosas que se alternan entre sí. Las arcillas verdosas varían desde un Gley 28/10BG gris verdusco claro y un G/10BG gris verdusco. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 0.5 a 6.2 cm. Estas arcillas son plásticas, ligeramente secas, y algo pegajosas.

Entre 623-627 cm, un paleosuelo de color 2.5YR3/2, rojo oscuro, textura ArA, estructura en Bsa, finos, moderados. MO aún reconocible, principalmente tallos y raíces.

Entre 627-630 cm, un estrato arcilloso de 3 cm de espesor, el color es Gley 2G/5B, gris azulosa. Estas arcillas contienen fibras y pedacitos de tallos y de carbón, no tienen evidencia de pedogénesis, pero sin MO reconocible.

Entre 630-636 cm, un paleosuelo de color 2.5YR2.5/2, rojo muy oscuro, textura ArA, estructura en Bsa, finos, moderados. MO aún reconocible, principalmente hojas y tallos.

Entre 636-650 cm, un estrato mineral de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas que se alternan en color desde un 2.5Y5/1 gris y G/5G6/1 gris verdoso, y Gley2G/5B, gris azulosa. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, en el techo es milimétrico, pero aumenta hacia la base desde 0.5 a 2 cm. Estas arcillas plásticas y son más secas que las del techo.

Dada la lito y pedo estratigrafía, reconocida en todo el segmento se sacó la composición elemental promedia de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, Sn, Yb, Ti, Eu, S, Zr, Ni, Cl, Sr, V, Mn, Zn, Rb, Pb, Y, Cr, Cu, Ga, P, Ir, Re, Os, Lu, para cada sección, ya fuera estrato mineral arcilloso o paleosuelo, así:

Entre 600-623 cm, estrato mineral arcilloso, su composición elemental promedio y por orden de magnitud porcentual es Si (16,473%), Fe (8,194%), Al (4,858%), Ca (2,689%), y Mg (1,137%), las concentraciones en cada elemento se mantienen más o menos iguales en todo el estrato. Este comportamiento podría corresponder a una “ciclicidad geoquímica” y estar relacionada con las bandas y/o láminas, a su color y espesor. Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de esta, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión, precisan dichos cambios que son acentuados por el LOI cuyo valor promedio fue de

(19,043%).

Entre 623-627 cm, paleosuelo, su composición elemental promedio y por orden de magnitud porcentual es Si (16,833%), Fe (6,411%), Al (4,725%), Ca (2,666%), y Mg (1,174%), las concentraciones en cada elemento se mantienen más o menos iguales en todo el estrato. El promedio del LOI fue de (42,5%), se incrementó, corroborando la presencia del paleosuelo.

Entre 627-630 cm, estrato mineral arcilloso, su composición elemental promedio y por orden de magnitud porcentual es Si (18,023%), Fe (5,209%), Al (4,910%), Ca (3,110%), K (1,125%) y Mg (0,988%), las concentraciones son muy variables dentro del estrato. Este comportamiento podría corresponder a una “ciclicidad geoquímica” y estar relacionada con las bandas y/o láminas, a su color y espesor. Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de esta, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión, precisan dichos cambios que son acentuados por el LOI cuyo valor promedio fue de (33,333%).

Entre 630-636 cm, paleosuelo, su composición elemental promedio y por orden de magnitud porcentual es Si (10,845%), Fe (3,153%), Al (3,164%), Ca (1,89%), S (0,719%) y Mg (0,707%), las concentraciones de caso todos los elementos reportados bajaron. El promedio del LOI fue de (53,611%), se incrementó, corroborando la presencia del paleosuelo.

Entre 636-650 cm, estrato mineral arcilloso, su composición elemental promedio y por orden de magnitud porcentual es Si (15,407%), Fe (6,382%), Al (4,601%), Ca (2,689%), S (1,043%) y Mg (0,930%), las concentraciones en cada elemento se mantienen más o menos iguales en todo el estrato. Este comportamiento podría corresponder a una “ciclicidad geoquímica” y estar relacionada con las bandas y/o láminas, a su color y espesor. Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de esta, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión, precisan dichos cambios que son acentuados por el LOI cuyo valor promedio fue de (25,925%).

De 601-623 cm, el clima es cálido húmedo, ambiente pantano de hierbas. De 624-636 cm, clima cálido seco, ambiente de pantano arbóreo. De 637-650 cm, clima cálido húmedo, ambiente pantano de hierbas. Entre 601-623 cm y entre 636-650 cm, clima es cálido húmedo, ambiente pantano de hierbas. Todos los

estratos minerales arcillosos son laminados o bandeados y cíclicos. La tasa de sedimentación de 1.0 cm/año entre 450-623 cm. Aproximadamente, 173 años, equivalente en AC entre 1338 y 1224.

En esta investigación se realizó una datación en el intervalo 623 y 636 cm, la cual equivale a una edad entre 1325 y 1338 AC. Estos paleosuelos “mellizos”, están justo en la mitad del intervalo del Calentamiento Medioeval (1200-1450 AC), lo cual, también coincide con dos eventos de sequía (entre 4 o 5 años cada uno), mediados por un clima ligeramente más húmedo, registrado en Colombia.

Segmento entre 650 y 700 cm. Todo este segmento está conformado por un estrato mineral de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas verduscas y chocolate que se alternan entre sí, tanto en color como en espesor. Las arcillas verduscas varían entre Gley 2 8/10BG gris verdusco claro y un G/10BG gris verdusco, mientras que las arcillas chocolate tienen tonos entre 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro. Todas ellas pegajosas y están ligeramente húmedas. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 1 o 2 mm hasta 5 cm, estos dos aspectos se observan en todo el segmento.

Entre 650-669 cm, predominan arcillas verduscas, bandeada y/o laminada y/o laminadas, bandas y/o láminas finas y gruesas que se alternan tanto en espesor como en color. A los 654 cm, una arcilla chocolate de 1 cm de espesor interrumpe la serie, esta presenta huecos que dan un aspecto irregular que contrasta con las arcillas verdosas que la contienen. Le sigue a esta, la misma serie de arcillas verduscas, que tienen intercalaciones de menos de 1 cm de arcillas chocolate con las mismas características ya descritas, en algunos puntos marcan una discontinuidad fuerte en el bandeamiento, especialmente en 668 y 669 cm.

Entre 669-688 cm, estrato arcilloso, las bandas y/o láminas alternan en color y espesor entre un gris verdusco y un chocolate y el espesor entre 0.5 -5 cm. Esta delimitado tanto en el techo como en la base por arcillas chocolate, en ambos casos, con espesores ligeramente mayores a 1 cm, presentan oquedades y grietas verticales al bandeamiento general. Las arcillas contenidas

dentro de estas, de color verdusco, varían desde un gris verdusco a un gris verdusco claro, estas últimas son de menor espesor (0.5-1.5 cm).

Entre 688-700 cm, estrato arcilloso bandeado, las bandas y/o láminas alternan en color y espesor entre un gris verdusco y un chocolate y el espesor entre 0.5 -5 cm. Entre 688 y 696 predominan arcillas gris verduscas cuyas bandas y/o láminas más oscuras son de mayor espesor (3 cm) que las más claras que solo alcanzan 0.2 cm. Entre 696 y 700 cm, se conforma una serie de arcillas chocolate – arcillas verduscas - arcillas chocolate; las arcillas chocolates de 2 cm de espesor mientras que la verdusca de 1 cm. En este caso, las arcillas chocolate no presentan tantas irregularidades como las descritas en los estratos superiores de esta serie.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Sn, Eu, Yb, Lu, Ni, Ti, S, Cl, Zr, Sr, V, Mn, Cu, Zn, Rb, Ga, P, Cr, Re, Ir, Os. De esta composición elemental se destaca la presencia de Si, Fe, Al y Ca con valores altos en varios sitios de serie, siendo los más importantes los reportados para Si (21,868%), Fe (9,657%), Al (6,350%), Ca (4,987%), Mg (1,618%), en 657 cm, sin embargo, otros elementos también a esta profundidad presentan valores altos. Valores bajos de Si (15,960%), Fe (8,413%), Al (5,420%), Ca (3,230%), Mg (0,890%), en 668 cm, a esta profundidad otros elementos también disminuyen su concentración. Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, los valores altos o bajos, entendidos como puntos de inflexión precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, pero son el Si y el Fe quienes mejor marcan los cambios cíclicos por puntos de inflexión negativa, para el Si en: 651, 654, 668,670,671, 694 y 698 cm (también baja el Mg y el Al). Para el Fe las más bajas concentraciones (3,138%, 3,733%, 3,655%, 2,199%, y 1,732%) se presentan en 653, 655, 680, 681, 683 y 690 cm, respectivamente. Estos valores bajos de Fe coinciden con valores altos del LOI, excepto en 683 cuyo valor del LOI es uno de los más bajos reportados para esta serie mineral. Este comportamiento geoquímico marca bien una “ciclicidad geoquímica”, relacionada con el bandeamiento o laminación, a su color y espesor.

La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más altos que los de las arcillas más claras. En 665 cm se encuentra el valor más alto (36,364%); el más bajo (5,882%), está en 674 cm. El LOI tiene una media de 17,117% y el $R^2=0.7285$ de tendencia lineal.

El clima es cálido húmedo, el ambiente de pantano de hierbas. Arcillas laminadas y cíclicas.

Segmento entre 700 y 750 cm. Todo este segmento está conformado por un estrato mineral de arcillas y en los últimos 16 cm un paleosuelo. Las arcillas son bandeadas y/o laminada que varían entre bandas y/o láminas verduscas y bandas y/o láminas chocolate que se alternan entre sí, tanto en color como en espesor. Las arcillas verduscas varían entre Gley2 8/10BG gris verdusco claro y un G/10BG gris verdusco, mientras que las arcillas chocolate tienen tonos entre 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro. Todas ellas pegajosas y están ligeramente húmedas. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 1 o 2 mm hasta 5 cm, estos dos aspectos se observan en todo el segmento.

Entre 700-717 cm, predominan arcillas verduscas, esencialmente, bandeada y/o laminada y/o laminadas, bandas y/o láminas finas de entre 0.5 y 1 cm que se alternan tanto en espesor como en color con arcillas chocolate con las mismas características ya descritas, pero su espesor es mayor, entre 1 y 5 cm. Aunque plásticas están más secas y con excelente consistencia. Entre 717-735 cm, las bandas y/o láminas alternan en color y espesor entre un gris verdusco y un chocolate que se alternan conformando un bandeamiento bastante regular ya que en ambos casos las bandas y/o láminas mantienen espesores muy similares entre 0.3 y 1 cm. Las bandas y/o láminas chocolate presentan muchas irregularidades superficiales, tales como oquedades y grietas verticales y son menos consistentes que las verduscas. En todo este segmento mineral, se observó una ligera inclinación de las bandas y/o láminas, como entre 10 y 15°. Entre 735-744 cm, las bandas y/o láminas alternan en color y espesor entre un gris verdusco y un chocolate y el espesor entre 0.5 -5 cm. Entre 735-744 cm, predominan

arcillas gris verduscas sobre las arcillas chocolate y estas últimas, presentan espesores milimétricos, mientras que las verduscas pueden alcanzar hasta 0.7 cm. Las arcillas de este estrato son consistentes y en ellas también se observa la ligera inclinación de alrededor 10° .

Entre 744-750 cm, un paleosuelo, de color 2.5YR2.5/2, rojo muy oscuro, textura ArA, estructura en Bsa, medios, débiles. MO aún reconocible pero muy oxidada, internamente se observan algunas fibras finas y trocitos de carbón de hasta 0.5 cm. El paleosuelo también se observa ligeramente inclinado y esta ligeramente seco.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedio de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Sn, Yb, Eu, Zr, Ti, S, Cl, Ni, Rb, Sr, V, Mn, Cu, Pb, Ga, Zn, Y, P, Cr, Ir, Re, Os. De esta composición elemental se destaca la presencia de Si, Fe, Al, Ca y Mg, con valores altos en varios sitios de serie, siendo, en promedio, los más importantes los reportados para Si (15,963%), Fe (7,559%), Al (4,950%), Ca (3,728%), Mg (1,114%). Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, además, son los que tienen las más altas concentraciones porcentuales, en todos los demás indicados, las concentraciones son regulares, y excesivamente bajas. Si, Fe, Al, Ca, presentan en toda la serie valores altos y bajos y son ellos, entendidos como puntos de inflexión los que precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, pero son el Si y el Fe, los que mejor marcan los cambios cíclicos o la presencia de paleosuelos, en este caso, o criptotefras.

Entre 715-717 cm, los únicos valores que son altos son los del Si y Ca, los demás, son extremadamente bajos, principalmente el Fe. Aquí se marca un punto de inflexión negativo, lo que estaría indicando el límite entre dos estratos minerales arcillosos (700-717 cm y 717-735 cm) que presentan amplias diferencias en su sedimentación, lo cual podría precisar geoquímicamente una transición geo ambiental interesante entre un ambiente de pantano arbóreo y un ambiente de pantano de hierbas desarrollados en un clima contrastado entre un cálido seco y un clima cálido húmedo. Entre 734-735, cm también baja la concentración elemental y aumenta el LOI, coincidiendo con un límite

litoestratigráfico.

Los valores más bajos en la concentración elemental o puntos de inflexión negativa, para el Si, Al, Ca y Mg, se presentan entre 744-750 cm; para el Fe, las concentraciones son relativamente bajas, pero no tanto como para los anteriores elementos. En este paleosuelo los valores promedios de la concentración elemental son: Si (9,521%), Fe (7,1053%), Al (3,51%), Ca (1,592%), Mg (0,427%) y el LOI (21,89%).

En toda la serie, donde disminuye la concentración elemental aumenta el LOI y viceversa. Entre 727-728 cm, decae mucho el LOI. El comportamiento de las concentraciones elementales correspondería a una "ciclicidad geoquímica" y/o al bandeamiento o laminación, a su color y espesor para el caso de los estratos minerales arcillosos. La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más alto que los de las arcillas más claras entre 700 y 744 cm, para el paleosuelo, entre 744 y 750 cm marca muy bien la presencia de MO, de hecho, la tendencia lineal así lo muestra como así mismo, el valor del $R^2=0.6769$, de tendencia lineal. En 749 cm, se observa una caída del LOI (7.69%) pero el valor promedio (21, 89%).

De 700-744 cm, el clima es cálido húmedo y ambiente de pantano de hierbas, arcillas laminadas cíclicas, entre 744-750 cm, el clima sería cálido seco y el ambiente de pantano arbóreo.

Segmento entre 750 y 800 cm. Todo este segmento está conformado por dos paleosuelos localizados en el techo y en la base y al interior de ellos un estrato mineral de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas verduscas y chocolate que se alternan entre sí, tanto en color como en espesor. Las arcillas verduscas varían entre Gley2 8/10BG gris verdusco claro y un G/10BG gris verdusco, mientras que las arcillas chocolate tienen tonos entre 2.5Y5/1 gris y 2.5Y4/1 gris oscuro. Todas ellas pegajosas y están ligeramente húmedas. El espesor de las bandas y/o láminas también es variable, desde 1 o 2 mm hasta 5 cm, estos dos aspectos se observan en todo el segmento.

Entre 750-756 cm, un paleosuelo, de color 2.5YR2.5/2, rojo muy oscuro, textura ArA, estructura en Bsa, medios, débiles. MO

aún reconocible pero muy oxidada, internamente se observan algunas fibras finas y trocitos de carbón de hasta 0.5 cm.

Entre 756-795 cm, se presenta un estrato de arcillas bandeada y/o laminada y/o laminadas verdosas, azulosas y arcillas chocolate que se alternan entre sí. Las arcillas verdosas varían desde un Gley2 8/10BG gris verdusco claro a un G/10BG gris verdusco; las azulosas varían entre G/5G6/1 gris verdoso y G7/5G.2 gris pálido y las arcillas chocolate son de color 2.5Y5/1 gris. Las bandas y/o láminas tienen espesores entre 0.2 y 4 cm y son de menor espesor las bandas y/o láminas de arcillas chocolate. Dentro de este estrato se separaron tres secciones de arcillas chocolate que presentaron un mayor espesor (1 a 3 cm) y algunos rasgos pedogenéticos como fue la presencia de fibras oxidadas y una pseudo estructura incipiente, tienen grietas verticales y oquedades y son menos confinadas que las arcillas gris verduscas con las que alterna. Estos fueron: 758-760 cm, 772-775 cm y 787-791 cm.

Entre 795-800 cm, un paleosuelo de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro, textura Ar, estructura en Bsa, medio, moderado. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas y trocitos de carbón de hasta 1 cm en el techo bien estructurado.

La composición geoquímica elemental, consta, básicamente, por orden de magnitud promedia de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, S, Sn, Yb, Eu, Ni, Sr, Cl, Mn, Cr, Zn, Rb, Ti, Cu, Ga, Pb, Y, P, As, Re, Ir. De esta composición elemental se destaca la presencia de Si, Fe, Al, Ca y Mg, con valores altos en varios sitios de serie, siendo, en promedio, los más importantes los reportados para Si (14,699%), Fe (7,143%), Al (4,854%) y Ca (3,245%). Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en todo el estrato, además, son los que tienen las más altas concentraciones porcentuales. En todos los demás indicados, las concentraciones son regulares, y excesivamente bajas. Si, Fe, Al, Ca, presentan en toda la serie valores altos y bajos y son ellos, entendidos como puntos de inflexión los que precisan los cambios significativos entre las láminas o bandas y/o láminas, y/o entre límites de estratos o paleosuelos; pero son Si y Fe, los que mejor marcan los cambios cíclicos, la presencia de paleosuelos, en este caso, o de criptotefras.

Entre 750-756 cm y 795-800 cm, que corresponden a los dos

paleosuelos en techo y base, respectivamente, todas las concentraciones elementales disminuyeron con respecto a las reportadas para las arcillas, pero dicha disminución fue más fuerte en el paleosuelo del techo. En el primer y último cm de toda la serie, los valores del Si fueron extremadamente bajas 7,354% en el techo y 1,770% en la base.

Entre 756-795 cm, se presentan tres series en donde se puede observar, de manera contundente como estos cuatro elementos, Si, Fe, Al y Ca, en especial, precisan cambios estratigráficos, límites entre capas o paleosuelos y/o concentraciones anómalas de algún elemento. En este estrato mineral arcilloso se visualizó bien estos aspectos en: 758-760 cm, 772-775 cm y en 787-791 cm, en estas series, la mayoría de las concentraciones elementales bajaron ostensiblemente, mientras que el LOI, tuvo un comportamiento variable (bajo-subió-bajo), en cada serie.

El comportamiento de las concentraciones elementales en los estratos minerales arcillosos podría corresponder a un "ciclicidad geoquímica" y estar relacionada con el bandeamiento o laminación, a su color y espesor para el caso de los estratos minerales arcillosos. La curva del LOI, en esta serie, también se acopla a las características del material mineral, en el caso de las arcillas con colores oscuros el LOI es más alto que los de las arcillas más claras, para el paleosuelo, localizados en el techo y en la base, marca muy bien la presencia de MO. El valor promedio del LOI (21,89%), el $R^2=0.6769$, de tendencia lineal.

De 750-756 cm, el clima es cálido seco y el ambiente de pantano arbóreo muy evolucionado. De 756-794 cm el clima es cálido húmedo y el ambiente de pantano de hierbas. De 794-800 cm, el clima es cálido seco y el ambiente de pantano arbóreo muy evolucionado.

Segmento entre 800 y 850 cm. En este segmento, se presentan dos paleosuelos mediados por una criptotefra de 2 cm de espesor, el paleosuelo del techo es la continuación del que se localiza en la base de la serie inmediatamente superior. En todo el segmento, los dos paleosuelos presentan un bandeamiento tenue ligeramente inclinados; sin embargo, tienen evidencias pedogenéticas claras como son: el color, el desarrollo de estructura, la

presencia de MO aún reconocible y los trozos de carbón.

Entre 800-818 cm, se localiza un paleosuelo que está dividido en dos horizontes, el superior entre 800-809 cm, de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro, textura Ar, estructura en Bsa, medio, moderado. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas y trocitos de carbón de hasta 1 cm, alineados en su base, lo cual, define el límite entre los dos horizontes. El horizonte inferior entre 809-818 cm, el color es 2.5YR2.5/2, rojo muy oscuro, textura ArA, estructura en Bsa, medios, débiles. MO aún reconocible pero muy oxidada, internamente se observan algunas fibras final y trocitos de carbón de hasta 0.5 cm.

Entre 818-820 cm, se encuentra una criptotefra que tiene pedacitos de carbón estructurado de 0.5 cm.

Entre 820-850 cm, un paleosuelo presenta textura Ar, estructura en Bsa, medios, fuertes. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas y trocitos de carbón de hasta 1 cm. En el techo tiene una fuerte oxidación la MO. Ligeramente seco. Internamente presenta variaciones en color, principalmente, que pueden estar referidas a horizontes o cambios internos a nivel mineralógico o geoquímico, estas se presentan así: 1) entre: 820-825 cm y 825-832 cm, para ambas el color es 2.5YR2.5/2 rojo muy oscuro, pero la primera tiene más trozos de carbón, abundante MO aún reconocible; 2) entre 832-834 cm, 834-839 cm, 839-840 cm, color 2.5Y4/2 pardo grisáceo oscuro, abundante MO y algunos trozos de carbón, y 3) entre 841-850 cm, color 2.5YR2.5/2 rojo muy oscuro, con abundante MO aún reconocible, trozos de carbón en la base y ligeramente más seco.

La composición geoquímica elemental, en general, consta, básicamente, de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, S, Sn, Yb, Eu, Ni, Sr, Cl, Mn, Cr, Zn, Rb, Ti, Cu, Ga, Pb, Y, P, As, Re, Ir, Te, Lu, Y; pero como todo el serie está constituido por dos paleosuelos separados por una criptotefra, se destacan los valores promedios más significativos para cada uno de estos, así: La composición promedia, por orden de magnitud del paleosuelo localizado entre 800-818 cm, de los elementos más relevantes es: Si (10,755%), Fe (6,436%), Al (3,283%), Ca (1,516%), K (1,132%), S (1,095%), y Mg (0,465%). La de la criptotefra localizada entre 808-820 cm, de los elementos más relevantes es: Si (16,608%), Fe (6,389%), Al (4,420%), Ca (1,681%), K (1,727%), S

(0,636%), y Mg (0,477%). La del paleosuelo localizado entre 800-818 cm, de los elementos más relevantes en toda la serie es: Si (13,622%), Fe (5,741%), Al (4,019%), Ca (1,640%), K (1,639%), S (0,516%), y Mg (0,462%). Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en toda la serie, además, son los que tienen las más altas concentraciones porcentuales de todos los referidos. Ellos permiten comprobar las delimitaciones estratigráficas descritas tanto separando los paleosuelos de la criptotefra como al interior de los paleosuelos, unos posibles horizontes. Del mismo modo lo hacen los valores del LOI (MO%), que complementan y precisan lo dicho, el valor promedio de este parámetro para el paleosuelo superior fue de 26,870%, para la criptotefra fue de 16,518% y para el paleosuelo de la base fue de 23,420%. La grafica del LOI en todo el segmento, mostró un comportamiento de tendencia lineal con un $R^2=0.7205$.

El clima es cálido seco y el ambiente de pantano arbóreo muy evolucionado.

Segmento entre 850 y 900 cm. En este segmento, se presentan dos discordancias leves y dos paleosuelos. Los paleosuelos presentan un tenue bandeamiento y una ligera inclinación; sin embargo, poseen rasgos pedogenéticos claros como son: el color, el desarrollo de estructura, la presencia de MO aún reconocible y los trozos de carbón.

Entre 850-825 cm, se ubica la primera discordancia estratigráfica, morfológicamente, es un paleosuelo fuertemente agrietado tanto en sentido vertical como diagonal, formando superficies triangulares (no cuñas). El color es 2.5YR2.5/2 rojo muy oscuro, de textura Ar. Presenta MO altamente descompuesta y ligeramente oxidada, al igual que trozos de carbón de hasta 1 cm, ligeramente estirados y con fractura astillada como “destrozados”. Los límites superior e inferior son muy irregulares y abruptos.

Entre 858-870 cm, hay un paleosuelo de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro, textura Ar, estructura en Bsa, medio, fuerte. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas y trocitos de carbón de hasta 1 cm. Este paleosuelo parece contener dos

horizontes, uno superior entre 858-867 cm, pardo grisáceo oscuro, con carbón cerca al techo; el inferior entre 867-870 cm, gris azulado, con trozos de carbón y MO, especialmente fibras.

Entre 870-876 cm, se presenta otra discordancia, similar a un paleosuelo fuertemente agrietado, con grietas verticales y muy largas, de color 2.5YR2.5/2 rojo muy oscuro, textura Ar. Abundante MO altamente oxidada, al igual que trozos de carbón de hasta 1 cm, estirados y con fractura astillada como “destrozados”. Los límites superior e inferior son muy irregulares y abruptos.

Entre 876-900 cm, un paleosuelo de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro, textura Ar, estructura en Bsa, medio, fuerte. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas y trocitos de carbón de hasta 1 cm. En 882 cm un tronco de madera de 1.2 cm muy bien conservado. Este paleosuelo, internamente, parece estar dividido en tres horizontes, uno entre 876-882 cm, tiene como límite superior la discordancia y como límite inferior una línea de carboncitos, en ella se observó un tronco de 1.2 cm; otro que le subyace, entre 882-890 cm, con un límite superior muy definido (descrito antes) y el inferior transicional, dentro de este se marcan algunos puntos que muestran un ligero cambio en el color (885, 887 y 889 cm), el tercero entre 890-900 cm, de color 2.5Y4/2 pardo grisáceo oscuro, ligeramente más seco y con algunas grietas verticales hacia la base.

La composición geoquímica elemental, en general, consta, básicamente, de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, S, Sn, Yb, Eu, Ni, Sr, Cl, Mn, Cr, Zn, Rb, Ti, Cu, Ga, Pb, Y, P, As, Re, Ir, Te, Lu, Y; pero como toda la serie está constituido por dos paleosuelos y dos discordancias estratigráficas, se destacan los valores promedios más significativos para cada uno, así:

1) La composición promedia, por orden de magnitud de la discordancia localizada entre 850-825 cm, de los elementos más relevantes es: Si (8,325%), Fe (6,364%), Al (3,358%), Ca (1,800%), K (0,930%), Mg (0,512%) y S (0,479%). Se resalta la disminución que presenta el Si en 853 y 854 cm; 2) La composición promedia, por orden de magnitud del paleosuelo localizado entre 858-870 cm, de los elementos más relevantes es: Si (6,559%), Fe (6,112%), Al (2,571%), S (1,043%), K (0,9333%), Ca (0,727%) y Mg (0,332%). Se resalta la disminución que presenta el Si en 860, 865 y 867 cm, y 3) La composición promedia,

por orden de magnitud de la discordancia localizada entre 870-876 cm, de los elementos más relevantes es: Si (9,136%), Fe (6,214%), Al (2,903%), S (1,223%), K (1,019%), Ca (0,816%) y Mg (0,297%). Se resalta el comportamiento del Si en 882, 885, 887, 889 y en 890 cm; en cada uno de estos puntos aumenta y disminuye su concentración rítmicamente, y 4) La composición promedia, por orden de magnitud del paleosuelo localizado entre 876-900 cm, de los elementos más relevantes es: Si (7,818%), Fe (4,743%), Al (2,965%), Ca (1,248%), K (1,180%), S (0,403%) y Mg (0,365%). El Si, se comporta de manera regular en toda la serie.

Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en toda la serie, además, son los que tienen las más altas concentraciones porcentuales de todos los referidos. Ellos permiten comprobar las delimitaciones estratigráficas. Del mismo modo lo hacen los valores del LOI (MO%), que complementan y precisan lo dicho, el valor promedio de este parámetro fue: para la discordancia del techo 28,582%, para el paleosuelo que la subyace 45,903%; para la segunda discordancia 42,250% y para el segundo paleosuelo en la base de la serie, 32,039%. En las dos discordancias su valor es ligeramente menor. La grafica del LOI en todo el segmento, mostró un comportamiento de tendencia lineal con un $R^2=0.6518$.

De 800-850 cm el clima es cálido seco y el ambiente de pantano arbóreo muy evolucionado. Tasa de sedimentación de 1.0 cm/año entre 623 y 870 cm. Aproximadamente, 247 años, equivalente en AC, entre 1282 y 1035. Entre 870-882 cm, se efectuó, en esta investigación la datación realizada permite dar una edad entre 1053 y 1095 AC.

Segmento entre 900 y 916 cm. En este segmento se presentan dos paleosuelos mediados por una criptotefra de 1 cm de espesor.

Entre 900-915 cm, se localiza un paleosuelo de color 2.5Y4/2, pardo grisáceo oscuro, textura Ar, estructura en Bsa, fino, moderado. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas.

Entre 915-916 cm, se encuentra una criptotefra que tiene

fragmentos líticos de basaltos.

De 900-916 cm, clima cálido extremadamente seco, ambiente de bosque terrestre.

La composición geoquímica elemental, en general, consta, básicamente, de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, S, Sn, Yb, Eu, Ni, Sr, Cl, Mn, Cr, Zn, Rb, Ti, Cu, Ga, Pb, Y, P, As, Re, Ir, Te, Lu, Y. La composición promedia, por orden de magnitud del paleosuelo localizado entre 900-915 cm, de los elementos más relevantes es: Si (6,776%), Fe (4,941%), Al (2,166%), Ca (1,457%), K (0,949%), Mg (0,615%) y S (0,510%). Para la criptotefra la composición promedia, por orden de magnitud de los elementos más relevantes es: Si (5,993%), Fe (4,722%), Al (1,869%), Ca (1,154%), K (0,896%), S (0,550%) y Mg (0,0%).

Si, Fe, Al y Ca, son los elementos marcadores de la ciclicidad geoquímica que se presenta en toda la serie, además, son los que tienen las más altas concentraciones porcentuales de todos los referidos. Ellos permiten comprobar las delimitaciones estratigráficas descritas tanto separando los paleosuelos de la criptotefra como al interior de los paleosuelos, unos posibles horizontes.

Del mismo modo lo hacen los valores del LOI (%), que complementan y precisan lo dicho, el valor promedio de este parámetro para el paleosuelo superior fue de 30,1%, para la criptotefra fue de 40% y para el paleosuelo de la base fue de 25,7%. La gráfica del LOI en todo el segmento, mostró un comportamiento de tendencia lineal con un $R^2=0.5058$.

Segmento entre 916-950 cm. Paleosuelo de textura Ar, estructura en Bsa, medios, fuertes. MO aún reconocible, abundantes fibras oxidadas y trocitos de carbón de hasta 1 cm. En el techo tiene una fuerte oxidación la MO. Ligeramente seco. Internamente presenta variaciones en color, principalmente, que pueden estar referidas a horizontes o cambios internos a nivel mineralógico o geoquímico, estas se presentan así: 1) entre: 916-926 cm, el color es 2.5YR2.5/2 rojo muy oscuro, textura Ar, abundante MO aún reconocible; 2) entre 926-940 cm, color 2.5Y4/2 pardo grisáceo oscuro, textura LA, abundante MO y trozos de carbón localizados en la base, y 3) entre 940-950 cm, color

2.5YR2.5/2 rojo muy oscuro, textura A, con abundante MO aún reconocible, trozos de carbón en el techo, ligeramente más seco, áspero al tacto, se observan macrominerales. En este paleosuelo se encuentra Anhidrita en abundancia, indicativa de ambiente árido y con base en la *Soil Survey Staff* (SSS) (2014), se clasifico como *Xeric argigypsids*.

La composición geoquímica elemental, en general, consta, básicamente, de Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Te, S, Sn, Yb, Eu, Ni, Sr, Cl, Mn, Cr, Zn, Rb, Ti, Cu, Ga, Pb, Y, P, As, Re, Ir, Te, Lu, Y. La composición promedia, por orden de magnitud del paleosuelo localizado entre 800-818 cm, de los elementos más relevantes en toda la serie es: Si (13,083%), Al (4,698%), Fe (4,523%), K (1,491%), Ca (1,185%), S (0,331%) y Mg (0,406%). Si, disminuye notablemente en 927, 934, 936, 940 cm, mientras que el Fe lo hace en 929, 932, 933, 935, 937, 938, 939, 945, 949 cm.

De 915-945 cm, clima cálido extremadamente seco, casi árido, ambiente de bosque terrestre; en los últimos 5 cm (945-950 cm), el clima cambia a un cálido húmedo, la presencia de arenas gruesas indica torrencialidad.
