



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL
TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LOS SUELOS DE LA
SUBCUENCA MANGLARALTO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
MODALIDAD: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR-TRABAJOS
EXPERIMENTALES**

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Edward Fabián González Balón.

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL
TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LOS SUELOS DE LA
SUBCUENCA MANGLARALTO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
MODALIDAD: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR-TRABAJOS
EXPERIMENTALES**

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor/a: Edward Fabián González Balón

Tutor/a: Ing. Daniel Antonio Ponce De León Lima

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **EDWARD FABIÁN GONZÁLEZ BALÓN** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/diciembre/2024 (Día, mes, año)



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ELOY
BALMASEDA ESPINOSA**

Ing. Verónica Cristina Andrade
Yucailla Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Carlos Eloy Balmaseda Espinosa
Ph.D.
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

DANIEL
ANTONIO
PONCE
DE LEON
LIMA

Firmado digitalmente
por DANIEL ANTONIO
PONCE DE LEON LIMA
DN: cn=DANIEL ANTONIO
PONCE DE LEON LIMA,
c=EC, o=QUITO, ou=BANCO
CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACIONES/CEICE
Motivo: Soy el autor de este
documento.
Ubicación:
Fecha: 2025-01-13
12:09:05:00



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Daniel Antonio Ponce De León
Lima Ph.D.
**PROFESOR TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos
Ph.D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON VIDAL
PERERO VERA**

Ing. Washington Perero Vera Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo extender mis más sinceros agradecimientos con el Ingeniero Daniel Ponce De León que desde el inicio de la carrera vi en el un excelente docente y profesional que me ha resuelto varias dudas a lo largo de la carrera, así como me ha acompañado en todo este proceso de titulación.

En segundo lugar, agradezco a mis compañeros de curso con quienes conté tanto para actividades dentro de este trabajo como para otras actividades académicas, compartiendo con ellos bonitas experiencias que las llevare en corazón. Quisiera extender mis agradecimientos hacia mi compañera y amiga Adamaris Pozo quien me ha acompañado no tan solo durante este proceso de titulación sino también que, durante toda la carrera, apoyándonos mutuamente en las diversas actividades, sumando en el proceso un sinnúmero de buenas y malas experiencias que compartí con esta excelente persona y las atesorare por siempre.

Por ultimo y no menos importante deseaba agradecer a quienes han sido mi pilar durante toda la carrera, mis padres quienes me han apoyado emocional y económicamente durante este proceso de manera que todo lo logrado y por lograr no hubiera sido si no contaba con ellos.

DEDICATORIA

Tal y como mencione en los agradecimientos, la persona que redactó este documento y que ha cursado durante estos cuatro años la carrera, no lo hubiera logrado de no contar con sus padres. De manera que este trabajo final se lo dedico a mi padre Wilfrido Gonzalez y a mi madre Silvia Balon, quienes a lo largo de estos 22 años me han enseñado lo que es el amor de una familia que ha sabido soportar los embates de la vida habiendo momentos donde hemos estado cerca del colapso, pero la fortaleza mental que ellos mostraron me ha servido de ejemplo para afrontar los retos de la vida.

RESUMEN

Las cuencas hidrográficas son sitios geológicos de vital importancia tanto para el área geológica como el área agrícola, por ello su estudio se hace necesario para dilucidar la naturaleza de estas, así como de encontrar datos que permitan un mejor manejo de la agricultura en estos sitios. El presente trabajo se llevó a cabo en el centro de apoyo Manglaralto el cual se encuentra en el tercer tercio de la subcuenca del río Manglaralto; se extrajeron 30 muestras de suelos distribuidas a largo de dos transectos los cuales se ubicaban perpendiculares al río, donde uno de ellos estaba sobre el área forestal y el otro en un área de cultivos. Las muestras fueron sometidas a un análisis de textura por el método de Bouyoucos con el cual se graficó la curva de distribución de partículas, densidad, Carbonatos de Calcio Equivalentes por el método volumétrico y una descripción de campo de cada perfil. Debido al constante comportamiento que tuvo la curva en todos los perfiles y a la presencia de un horizonte enterrado se logró determinar la dinámica sedimentológica de la zona como una dinámica aluvial; además gracias a este análisis se pudo determinar un posible proceso erosivo en los suelos del centro de apoyo, específicamente una erosión hídrica, por lo tanto, se recomendó la adopción de prácticas que permitan cuidar el suelo como el aumento de la cobertura vegetativa, la incorporación de abonos verdes y la labranza cero, además se sugiere no cultivar en la zona forestal del centro de apoyo, ya que esta área es susceptible a un proceso erosivo.

Palabras claves: Distribución de partículas de suelo, Textura, Subcuenca Manglaralto, Erosión

ABSTRACT

Hydrographic basins are geological sites of vital importance for both the geological and agricultural areas, therefore their study is necessary to elucidate the nature of these, as well as to find data that allow a better management of agriculture in these sites. In the present work, it was carried out in the Manglaralto support center which is located in the third third of the Manglaralto river sub-basin, 30 soil samples were extracted distributed along two transects which were located perpendicular to the river, where one of them was over the forest area and the other in a crop area. The samples were subjected to texture analysis by the Bouyoucos method with which the particle distribution curve, density, Calcium Carbonate Equivalents by the volumetric method and a field description of each profile were graphed. Due to the constant behavior of the curve in all profiles and due to the presence of a buried horizon, it was possible to determine the sedimentological dynamics of the area as an alluvial dynamic; Likewise, thanks to this analysis, it was possible to determine a possible erosive process in the soils of the support center, more precisely, water erosion, thanks to which the adoption of practices that allow the care of the soil was recommended, such as increasing the vegetative cover, incorporating green manures and zero tillage. In addition, it is urged not to cultivate in the forest area of the support center since it is susceptible to an erosive process.

Keywords: Soil particle distribution, Texture, Manglaralto sub-basin, Erosion

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LOS SUELOS DE LA SUBCUENCA MANGLARALTO**” y elaborado por **Edward Fabián González Balón**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Justificación	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Conceptos sedimentológicos	4
1.1.1 Procesos sedimentarios	4
1.1.2 Principios estratigráficos.....	4
1.1.3 Tipos de sedimentos.....	5
1.1.4 Tipos de depósitos sedimentarios	6
1.2 Terrazas aluviales	7
1.2.1 Definición	7
1.2.2 Ejemplos en el Ecuador	7
1.3 Distribución de partículas del suelo	8
1.3.1 Translocación de las arcillas	8
1.3.2 Carbonatos	9
1.3.3 Translocación de los carbonatos	9
1.3.4 Textura.....	10
1.3.5 Métodos de determinación de la composición de partículas de un suelo	12
1.3.6 Influencia de los tiempos de medición en el diámetro de partículas.....	15
1.4 Horizontes enterrados	15
1.4.1 Definición	15
1.4.2 Características de un horizonte enterrado	16
1.5 Cambio climático de finales del pleistoceno e inicios del holoceno	16
1.6 Subcuenca Manglaralto	17
1.6.1 Procesos aluviales en la subcuenca.....	18
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1 Caracterización del área	19
2.2 Materiales, equipos y reactivos	19
2.2.1 Material de campo para colecta de muestras	19
2.2.2 Material de laboratorio.....	19
2.2.3 Equipos de laboratorio	20
2.2.4 Reactivos.....	20
2.2.5 Libros.....	20
2.2.6 Software.....	20
2.3 Tipo de investigación	20
2.4 Diseño de investigación	21
2.4.1 Diseño no experimental	21
2.5 Manejo del experimento	21
2.5.1 Sitios de muestreo	21
2.5.2 Muestreo	22
2.5.3 Determinación de la conductividad hidráulica no saturada (cm/h).....	22
2.5.4 Preparación de las muestras	23
2.5.5 Determinación de densidad.....	23

2.5.6	Determinación de humedad	23
2.5.7	Determinación de la distribución de partículas de suelo.....	23
2.5.8	Determinación de carbonatos equivalentes (CCE g kg ⁻¹)	24
2.6	Parámetros evaluados	25
2.6.1	Físicos.....	25
2.6.2	Químicos.....	26
2.7	Análisis estadístico de los resultados.....	27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
3.1	Descripción de las transectas	28
3.1.1	Transecta forestal.....	28
3.1.2	Transecta de cultivos	36
3.2	Dinámica Sedimentológica.....	43
3.3	Degradación de suelos	47
3.3.1	Recomendaciones agrícolas	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		53
Conclusiones.....		53
Recomendaciones.....		53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		54
ANEXOS.....		59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación completa para partículas de suelos según la USDA	11
Tabla 2. Descripción del perfil MaS_01	28
Tabla 3. Resultados de pruebas de laboratorios correspondientes al perfil MaS_01	29
Tabla 4. Descripción morfológica del perfil MaS_02	30
Tabla 5. Resultados de laboratorio del perfil MaS_02	31
Tabla 6. Descripción del perfil MaS_03	32
Tabla 7. Resultados de laboratorio correspondientes al perfil Mas_03	33
Tabla 8. Descripción del perfil MaS_04	34
Tabla 9. Resultados de laboratorio correspondientes al perfil MaS_04	35
Tabla 10. Descripción del perfil MaS_05	36
Tabla 11. Resultados de pruebas de laboratorio de muestras del perfil MaS_05	37
Tabla 12. Descripción del perfil MaS_06	39
Tabla 13. Resultados de laboratorio del perfil MaS_06	40
Tabla 14. Descripción del perfil MaS_07	41
Tabla 15. Resultados de los análisis del perfil MaS_07	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triangulo textural según la USDA.....	12
Figura 2. Extensión de la subcuenca Manglaralto	17
Figura 3. Climograma de Manglaralto	19
Figura 4. Distribución de los puntos en el CA Manglaralto	21
Figura 5. Curva Acumulativa del perfil MaS_01	29
Figura 6. Curva Acumulativa del perfil MaS_02	32
Figura 7. Curva Acumulativa del perfil MaS_03	34
Figura 8. Curva Acumulativa del perfil MaS_04	36
Figura 9. Curva Acumulativa del perfil MaS_05	38
Figura 10. Curva Acumulativa del perfil MaS_06	40
Figura 11. Curva acumulativa del perfil MaS_07	43
Figura 12. Curvas acumulativas de los horizontes Ab	44
Figura 13. Curvas Acumulativas del horizonte A	44
Figura 14. Distribución de los limos y arcillas en los perfiles.....	46
Figura 15. Distribución de las arenas en los perfiles	46
Figura 16. Boxplot de la distribución de arcilla entre usos	48
Figura 17. Boxplot de la distribución de arenas entre usos	48
Figura 18. Curvas acumulativas entre Usos de tierra	49
Figura 19: Boxplot de la distribución de la Kfs entre usos	50
Figura 20. Boxplot de la distribución de la CCE entre usos.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fotografías del muestreo y análisis en laboratorios de los suelos

Fig. 1A. Extracción de muestras

Fig. 2A. Reacción al HCl

Fig. 3A. Toma del color del suelo

Fig. 4A. Determinación de la densidad

Anexo 2: Fichas de observación de campo de los perfiles

INTRODUCCIÓN

Los procesos geomorfológicos han sido los responsables de modificar la topografía del planeta a lo largo de toda su historia, dentro de este contexto los procesos fluviales, definidos por Gutiérrez (2008), como el conjunto de procesos que involucran tanto el flujo hídrico como el transporte y depósito de sedimentos, procesos que son capaces de transformar las formas del paisaje sobre el cual se encuentren, resultan de un particular interés debido a la influencia que pueden llegar a tener sobre las propiedades de los suelos, pese a que su estudio se limite a su caracterización debido a la naturaleza misma de estos procesos los cuales pueden tardar miles de años en concretarse.

El análisis granulométrico emerge como una herramienta invaluable para abordar cuestiones relacionadas con el suelo. Esto se debe a que la prevalencia de ciertos rangos de tamaño de partículas revela información crucial sobre la sedimentación, como el grado de selección de los sedimentos y los mecanismos de transporte. Este análisis se apoya en parámetros estadísticos, particularmente a través de la interpretación de la curva de acumulación de frecuencias, proporcionando así una comprensión más precisa de las características sedimentarias del suelo.

La subcuenca Manglaralto es un sistema hídrico que toma el nombre de su afluente principal, el río Manglaralto, el cual a su vez se encuentra abastecido por las aguas de los ríos Culebra y Pajiza quienes nacen a más de 700 msnm en la cordillera Chongón-Colonche. Su longitud aproximada es de 16.5 km y una anchura media de 3.5 km, resultando en un área total de 25.21 km², sobre esta cuenca se encuentran asentadas principalmente las poblaciones de Dos Mangas, Pajiza y Manglaralto, ubicándose las dos primeras en la cuenca alta del río mientras que la comuna Manglaralto se encuentra en la cuenca baja, depositándose aquí la mayor parte de los sedimentos del río (Amado, 1990).

Dentro de este contexto la caracterización de la distribución de partículas de los suelos del tercer tercio de la cuenca resulta vital para no tan solo determinar la dinámica sedimentológica de la cuenca sino también para diagnosticar posibles eventos de degradación que podrían estar aconteciendo a lo largo de la cuenca, degradación que afectaría al desarrollo de la agricultura la cual es una de las principales actividades de ingreso económico para las familias de la comuna Dos Mangas y Pajiza.

Problema Científico

¿Cómo ha influido la dinámica de sedimentación en la composición de los suelos de la cuenca baja del río Manglaralto?

Justificación

El presente estudio se centra en el análisis de muestras de suelo tomadas a cuatro profundidades distintas en dos transectas perpendiculares al río Manglaralto. La primera transecta abarco tres puntos de muestreo distribuidos en cultivos de ciclo corto y perenne. La segunda transecta se ubicó en un área forestal y estuvo compuesta por cuatro puntos de muestreo. Las muestras fueron sometidas a análisis de densidad, humedad, textura, conductividad hidráulica no saturada (Ks) y Carbonatos de Calcio Equivalentes (CCE). Estos estudios permitieron comprender la dinámica sedimentológica de la subcuenca del río Manglaralto, en especial a través del análisis textural, el cual, mediante la construcción de curvas granulométricas, permitió identificar la discontinuidad litológica y los posibles procesos de degradación que puedan estar afectando los suelos de la subcuenca. Estos procesos son cruciales para la toma de decisiones en cuanto a los cultivos que deben ser sembrados y el manejo adecuado que estos deben recibir. La comprensión de estas dinámicas contribuye a la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y a la conservación del suelo, asegurando un uso eficiente y responsable de los recursos naturales en la región.

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Caracterizar la distribución del tamaño de partículas en suelos del tercer tercio de la subcuenca del río Manglaralto y su relación con la dinámica sedimentológica

Objetivos Específicos:

1. Evaluar la distribución de partículas en los suelos en transectas.
2. Establecer una relación entre la dinámica sedimentológica a partir de la distribución de partículas en los suelos.
3. Generar recomendaciones para el manejo de los suelos orientadas a la mitigación de los posibles efectos adversos de la dinámica de sedimentación en zonas agrícolas

Hipótesis

El análisis de la distribución del tamaño de partículas en el suelo se ve influenciado por los procesos de sedimentación ocurridos en la cuenca baja del río Manglaralto

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 *Conceptos sedimentológicos*

1.1.1 *Procesos sedimentarios*

Los procesos sedimentación son aquellos que comprenden todas las fases que están involucradas dentro de la formación de sedimentos, estos procesos son: Meteorización y erosión, Transporte de sedimentos y depósito de sedimentos. La primera fase se caracteriza por ser un proceso largo que involucra la transformación de la roca como consecuencia de cambios de presión y temperatura (Aguilera *et al.*, 2023). Así mismo la erosión involucra el desgaste de la roca madre, ya sea por factores físicos como la temperatura, el viento, la humedad y las precipitaciones; factores químicos como la respuesta de las rocas a la presencia de determinados agentes químicos y el factor biológico. Todos estos factores en conjunto con la naturaleza de la roca madre determinaran el tipo y la selección de los sedimentos (Corrêa, 2021).

El siguiente proceso es el transporte de los sedimentos los cuales pueden llegar a ser transportados por aire hacia zonas bajas donde estos se acumulan o como generalmente ocurre, ser transportados por el agua a través de los cauces de los ríos recogiendo en su camino más sedimentos entre los cuales están arcillas, silicatos e hidróxidos (Giménez, 2023). Durante el transporte de estos sedimentos algunos de ellos se acumulan en los bordes de los ríos ya que los causes pueden tener formas serpenteantes de tal manera que se generan orillas de erosión y orillas de sedimentación o playas; los sedimentos restantes son transportados hasta las desembocaduras de los ríos donde se acumularan en deltas o estuarios.

1.1.2 *Principios estratigráficos*

La estratigrafía se define como la ciencia encargada de estudiar las diferentes capas de rocas de la corteza terrestre, así como la correlación entre ellas y la interpretación de cada una. do Vale Montoya & de Moraes (2021) expresa que la base de la estratigrafía descansa sobre seis principios los cuales son:

Principio de horizontalidad original: Los sedimentos se depositan de manera horizontal en su génesis, si esta horizontalidad se ve afectada, es decir existe un plegamiento o inclinación de la capa responde a una deformación por tectonismo luego de que fueron depositadas

Principio de la superposición de estratos: Los estratos superiores serán más recientes que los inferiores

Principio de continuidad lateral: Las capas serán horizontalmente continuas es decir corresponderán al mismo periodo.

Principio de la sucesión faunística: Cada intervalo cronológico de la tierra corresponde a un estrato diferente y con ello a fósiles de diferentes épocas

Principio de la sucesión de eventos: Los estratos pueden reflejar la existencia de algún evento geológico de gran magnitud.

1.1.3 Tipos de sedimentos

Los sedimentos como tal se clasifican según los procesos de meteorización, transporte por gravedad y la acción del agua; estos procesos a su vez también estarán involucrados en la consolidación de estos sedimentos y su posterior transformación a rocas. Miller & Juilleret (2020) definen cinco tipos de sedimentos los cuales son descritos a continuación:

Aluvio: Son sedimentos transportados y depositados por corrientes de agua y ríos principalmente, estos sedimentos son propios de valles fluviales, terrazas y llanuras de inundación, se caracterizan por contener gravas, arenas, limos y arcillas las cuales se encuentran muy bien seleccionados por acción del caudal del río.

Coluvio: Sedimentos ubicados generalmente en la base de las laderas o pendientes, transportados por acción de la gravedad con poca o nula intervención del agua, comúnmente deslizamientos de tierra y caída de rocas, debido a este origen es que estos sedimentos se encuentran compuestos por agregados de gran tamaño y muy mal clasificados.

Proluvio: Se encuentran generalmente en las bases de las montañas o colinas formando depósitos en forma de abanico, su origen obedece a un transporte por corrientes agua efímeras como riachuelos formados durante una tormenta. Están compuestos por distintos tamaños de agregados que van desde rocas grandes hasta arenas mal clasificadas.

Deluvio: Este sedimento tiene una naturaleza similar al proluvio debido a que su origen obedece al transporte de materiales por acción de corrientes efímeras, en este caso el deluvio se encuentra generalmente en laderas, está mal seleccionado y está compuesto a diferencia del proluvio, por agregados finos (arenas, limos y arcillas).

Eluvio: se define por eluvio al material que queda luego de un proceso erosivo, es decir, sucede cuando un estrato se descompone y se desintegra dejando generalmente estructuras minerales en su lugar, en caso de suelos estos se observan en lugares donde por acción de un clima lluvioso un horizonte acaba por quedarse solo con su esqueleto mineral que en la mayoría de las ocasiones son de cuarzo.

1.1.4 Tipos de depósitos sedimentarios

Se considera como depósitos sedimentarios al conjunto de sedimentos que han sido transportado hacia un lugar, el tipo de transporte que tuvieron además la granulometría, la forma, la disposición de estos determinará el tipo que tipo de depósito será. Ayala (2023) clasifica a los depósitos sedimentarios en:

Depósitos coluviales: Depósitos de un espesor de no más de 5 metros, compuestos por agregados rocosos muy mal seleccionados provenientes de los macizos rocosos de las laderas transportados gracias a la gravedad, su estabilidad es bajo especialmente en su zona basal debido a las presiones a los cuales se ven sometidos. Se dan normalmente en zonas húmedas o áridas

Depósitos aluviales: Agregados seleccionados los cuales fueron transportados por acción del agua, los agregados encontrados corresponden a arcillas, arenas, gránulos, guijarros, cantos y bloques. Cuando se trata de suelos, estos depósitos forman suelos irregulares y anisotrópicos. Depósitos propios de climas áridos y templados.

Depósitos lacustres: Los agregados encontrados son de grano fino es decir predominan las arcillas y limos en estos depósitos, además pueden llegar a tener un alto contenido de materia orgánica como suele ocurrir en regiones pantanosas. Su resistencia es baja.

Depósitos litorales: Depósitos caracterizados por la existencia de carbonatos en las capas superiores, se forman en deltas y estuarios de manera que están sujetos a las corrientes marinas, oleajes y mareas. Los agregados encontrados son arenas limos y arcillas de una consistencia blanda y muy blanda.

Depósitos glaciares: También conocidas como morrenas corresponden a agregados mal seleccionados compuestos por gravas de canto y bloque, los cuales fueron transportados por el hielo o el agua de deshielo. Se caracterizan por un tamaño de agregados variable, los cuales van decreciendo en tamaño a medida que se van alejando del glaciar.

Depósitos de climas tropicales: Suelos residuales formados gracias a humedades y temperaturas altas, se encuentran enriquecidos de hierros y aluminio dando lugar a lateritas.

Depósitos volcánicos: Propios de zonas volcánicas donde las eyecciones de material piroclástico (cenizas blandas, derrames lávicos y brechas) se acumulan y se superponen, estos depósitos pueden llegar a ser retransportados por medios lacustres o aluviales y su meteorización dará origen a suelos de la fracción arcilla y arenosa.

1.2 Terrazas aluviales

1.2.1 Definición

Las terrazas aluviales son formaciones sedimentarias que se acumulan en secuencias a lo largo del tiempo. Según explican Huggett & Shuttleworth (2022), estas terrazas se originan como parte de un ciclo erosivo. Cuando la erosión vertical de un río disminuye, los depósitos de sedimentos comienzan a acumularse a los lados del río, creando valles de inundación. Con el tiempo, cuando la erosión vertical se reanuda, la acumulación de sedimentos cesa, dejando como resultado la formación de una terraza aluvial.

1.2.2 Ejemplos en el Ecuador

En el Ecuador estudios geológicos han encontrado diversas cuencas con la presencia de terrazas aluviales, estos estudios se concentran mayormente en la Amazonia en donde por ejemplo, Feijoo *et al.* (2020) exponen que en la provincia de Zamora Chinchipe destacan las terrazas de los ríos Zamora, Jambue y Nangaritza debido a que sus depósitos son ricos en oro; en el río Yanganatza ubicado en la provincia de Morona Santiago se determinó la presencia de dos terrazas las cuales afloran en los flancos altos del río (Romero *et al.*, 2020).

En cuanto a la costa ecuatoriana se refiere Cobeña *et al.* (2022), describió la microcuenca del río Sarampión en Manabí, la cual está compuesta por mesetas, terrazas y colinas; las terrazas encontradas presentan una pendiente suave a muy suave de entre un 0 a 5% las cuales fueron formadas a partir de una llanura de inundación. La que es la cuenca más importante de la costa y de paso la más importante y grande del país, la cuenca del río Guayas también posee terrazas aluviales las cuales Burgos (2017), ubica en la parte norte de la cuenca baja del río.

1.3 Distribución de partículas del suelo

1.3.1 Translocación de las arcillas

Los componentes del suelo no son estáticos, más bien tienden a moverse en suelo según las condiciones fisicoquímicas presentes. La arcilla al ser de un tamaño bastante pequeño ($<2 \mu\text{m}$) es muy propensa a moverse, este movimiento es llamado traslocación y comprende el transporte de las partículas de arcillas llamado eluviación y el depósito de estas partículas en horizontes inferiores llamado iluviación.

Jones *et al.* (2005) declaran que una de las condiciones para que se dé la traslocación es que el pH debe estar entre 5 a 7, así mismo expone que este transporte sucede porque los agregados del suelo generalmente son tan débiles que tienden a liberar partículas de arcillas cuando se ven en contacto con el agua, estas partículas por acción del agua pueden moverse a través de los poros gruesos del suelo, otra manera de transportarse son las grietas las cuales generalmente se forman debido a los procesos de encogimiento y ensanchamiento del suelo por efecto de las estaciones secas y húmedas de la región.

Luego de ser transportadas las arcillas se acumulan en los sitios donde las grietas acaban o los poros son demasiados pequeños, dejando atrás un horizonte de lavado. Sánchez & Rubiano (2015) añaden otros mecanismos involucrados en la traslocación de las arcillas, los cuales son: migración de sales solubles y queluviación mediante formación de complejos órgano-minerales. Menciona además que estos procesos se ven influenciados por factores físicos como el clima, la presencia de horizontes arenosos o arcillosos y la densidad radicular; así como factores químicos como el pH, el potencial de oxidación, la pérdida de carga en arcillas y la concentración de Ca.

Otros factores por tomar en cuenta son la presencia de carbonatos y de materia orgánica pues los primeros pueden llegar a controlar el comportamiento de las arcillas en suelo pues la destrucción de carbonatos permite la movilidad de las arcillas más adelante cuando los carbonatos se hayan descompuesto en Ca y Fe esta movilidad se ve disminuida por la formación de complejos arcillo-húmicos. Por otra parte, y dependiendo del estado de oxidación del suelo la traslocación de las arcillas será directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica de manera que a mayor cantidad de materia orgánica mayor movimiento de arcillas y viceversa.

1.3.2 Carbonatos

Entre las diversas formas que el carbono inorgánico adopta en el suelo, una de las más significativas son los carbonatos CO_3^{2-} , los cuales son abundantes en climas áridos y semiáridos. Caracterizados por su capacidad de acumulación en el suelo, los carbonatos generalmente están compuestos de calcita, aunque también pueden contener dolomita, aragonito y siderita. Estos pueden ser clasificados según su origen en dos categorías principales: carbonatos litogénicos y carbonatos pedogénicos.

Los carbonatos litogénicos se forman a partir de la roca madre, que en su mayoría consiste en carbonatos de calcio. Por otro lado, los carbonatos pedogénicos se originan a través de la lixiviación del carbonato y se subdividen en carbonatos calcíticos y silícicos. Los carbonatos calcíticos provienen principalmente de la lixiviación de carbonatos de calcio derivados de carbonatos litogénicos, mientras que los silícicos se originan a partir de fuentes no calcíticas (Ovalle *et al.*, 2023)

En la provincia de Santa Elena, la presencia de carbonatos en el suelo es baja, según los hallazgos de Ponce de León *et al.* (2023). En su estudio, evaluaron la presencia de Carbonatos de Calcio Equivalentes (CCE) en tres cuencas diferentes de la provincia: Manglaralto, Javita y Zapotal. Los resultados indicaron que la cantidad de CCE en los primeros 30 cm del suelo era inferior al 5%, lo que sugiere que la presencia de carbonatos no representaba un problema significativo para los cultivos.

No obstante, dentro de este porcentaje, se observó que los suelos con mayor contenido de carbonato eran predominantemente de naturaleza aluvial. Estos suelos, debido a su propensión a inundarse, se convierten en lugares propicios para el transporte y la disposición de ciertos materiales edáficos.

Curiosamente, no se observaron diferencias significativas entre los suelos de Zapotal y Manglaralto, a pesar de las marcadas diferencias meteorológicas. Esta falta de divergencia plantea inquietudes, ya que inicialmente se esperaba que los niveles fueran distintos debido a las diferencias climáticas. Sin embargo, los resultados sugieren la posibilidad de un proceso de desertificación en Manglaralto, desertificación que no solo se estaría dando en la zona sino en toda la provincia.

1.3.3 Translocación de los carbonatos

El movimiento de los carbonatos en el suelo se simplifica en la destrucción o consolidación de estos, este proceso de destrucción es llamado descarbonatación y consiste

en el lavado de los carbonatos al punto de que estos salen totalmente del perfil del suelo; por otra parte el proceso inverso la carbonatación involucra un transporte más corto de manera que se depositan a cierta profundidad en forma de carbonatos, este último proceso ocurre generalmente en suelos de materiales permeables como los son los depósitos aluviales y coluviales (Badía & Fillat, 2008).

Estos procesos de carbonatación/descarbonatación se ven influenciados altamente por el clima pues en climas húmedos debido a la constante lámina de agua que cae sobre el suelo, se genera un intenso movimiento de agua hacia los mantos freáticos, movimiento que en su camino se termina llevando los carbonatos hacia estos eliminándolos prácticamente del suelo, esto suele ser un problema agronómico pues estos suelos generalmente son ácidos debido a que el agua no solo se lleva a los carbonatos sino también a otras bases. Por lo contrario, en climas secos la precipitación anual es insuficiente para lixiviar los carbonatos de manera que estas corrientes de agua solo lo movilizan hasta una mediana profundidad, en este proceso también se puede observar la presencia de una capa cementada debido a la acumulación de carbonatos en ese horizonte (LotusArise, 2021).

1.3.4 Textura

Navarro *et al.* (2022) explican que la textura o granulometría no es más que la expresión en porcentaje del peso que tiene un determinado tipo de partícula o dicho de otro modo la porción que ocupada una fracción mineral en específico. Estas fracciones minerales están divididas por tamaño y se clasifican en 3 grandes grupos: arenas, limos y arcillas, siendo las arenas las partículas de mayor tamaño y peso, mientras que las arcillas son las partículas más pequeñas y livianas. Debido a que un suelo nunca estará completamente compuesto solo por una fracción, la relación que exista entre los porcentajes de estas fracciones determinará el tipo de textura que tendrá el suelo.

El tamaño de partículas o granulometría resulta útil pues con él se pueden determinar distintas características en el suelo estudiado, cuestiones que van desde la capacidad que tiene este suelo para retener agua, así como nutrientes, hasta la facilidad que tiene para el laboreo, pasando por el riesgo de erosión tanto hídrica como eólica (Porta, 2008).

Las clases de partículas que conforman la textura son tres: arena, limo y arcilla. Existen diferentes gradaciones de esos rangos, pero el que es el propuesto por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), el más

usado en el ámbito agrícola, se muestra a continuación en la **Tabla 1**, se muestra la clasificación de partículas según la USDA:

Tabla 1. Clasificación completa para partículas de suelos según la USDA

Denominación	Diámetros aparentes μm
Arena gruesa USDA	1000-2000
Arena gruesa USDA sentido estricto	500-1000
Arena media USDA	250-500
Arena fina USDA sentido estricto	100-250
Arena muy fina USDA	50-100
Limo USDA	2-50
Arcilla	<2

Para objetivos prácticos la arena generalmente se reduce a una sola denominación con un diámetro aparente de entre 2000 a 50 μm , las cuales son partículas con poca capacidad de retener agua, esto debido al tamaño de los espacios que se genera entre ellas, es así como los suelos de naturaleza arenosa poseen un buen drenaje además de una buena aireación, así como una nula resistencia al laboreo.

Por otro lado, los limos son partículas de entre 2 a 50 μm de naturaleza irregular con una forma bastante variable rara vez lisa, en su composición domina el cuarzo y posee características similares a la arcilla como lo es la plasticidad, cohesión y adsorción, esto debido a que su área se encuentra recubierta por una fina capa de arcilla.

Finalmente, las arcillas son partículas de diámetro menores a 2 μm de una forma comúnmente laminar y que al contacto con el agua se vuelven plásticas y hasta pegajosas, esta particularidad hace que los suelos de naturaleza arcillosa y limosa, conocidos también como suelos pesados se vuelvan difíciles de trabajar debido a que al ser tan adhesivos el manejo necesite un poco más de trabajo, así también cuando se secan, pues los terrones que forman representan un problema a la hora de labrar por su dureza.

En cuanto a clases texturales se refiere a los tipos de textura que puede adquirir un suelo producto de la combinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla; un suelo para considerarse dentro de los suelos de tipo de arcilla deberá contar más del 20% de arcilla, para considerarse un suelo de la fracción limosa deberá con un 40% de limo, por último, para que se caracterice a un suelo dentro de la fracción arenosa este deberá de contar con un

44% de arena. La combinación de los diferentes porcentajes, así como la clase a la que representan se pueden observar en el triángulo textural USDA ilustrado en la **Figura 1**.

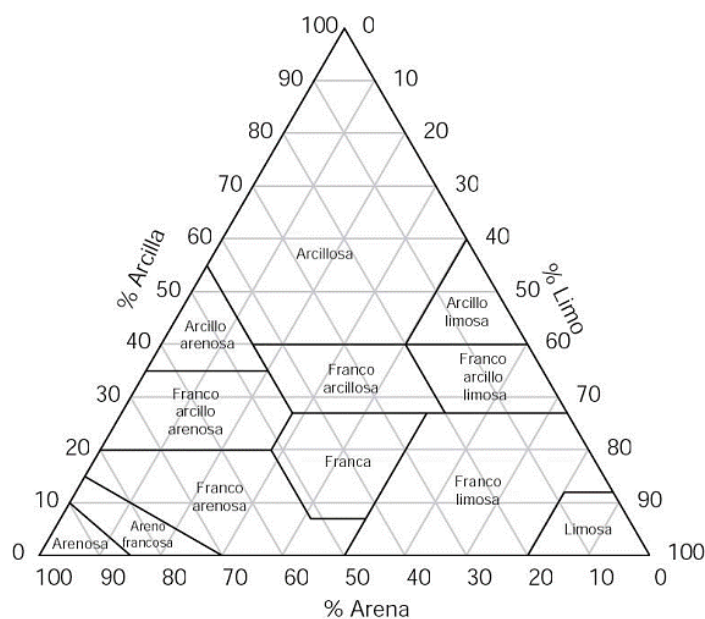


Figura 1. Triángulo textural según la USDA

1.3.5 Métodos de determinación de la composición de partículas de un suelo

Existen diferentes métodos para determinar la distribución de partículas de un suelo, pasando por métodos en el campo como el método del tacto hasta métodos de laboratorio.

Entre los métodos de laboratorio para la determinación de la distribución de tamaños de partículas, el más fiable es el método de la pipeta; no obstante, es comúnmente el método del hidrómetro el que goza de mayor popularidad debido a su facilidad de aplicación. Además de estos métodos mencionados, también se encuentran el método de difracción por rayos láser y el tamizado.

1.3.5.1 Método de Difracción por rayos laser

Este método implica la exposición de una muestra de suelo pulverizada en seco, suspendida en un gas o en un líquido, a un rayo láser. La imagen resultante permite determinar los diámetros de las partículas y su distribución. Anderson & Castro (2016) respaldan este enfoque basándose en la ley de Airy, que establece que "el ángulo de difracción es inversamente proporcional al tamaño de la partícula"

Antes de someter la muestra al equipo, esta pasa por un proceso de preparación que implica la molienda para luego pasar a través de un tamiz de malla 45 ABNT. Este paso se realiza para evitar una dispersión excesiva debido a partículas demasiado gruesas. En un

estudio similar Christofolletti & Moreno (2017) sumergieron la muestra en una solución de agua con tres gotas de hexametáfosfato de sodio al 10% como agente dispersante, aplicando ultrasonido con desplazamiento ultrasónico durante 15 segundos.

1.3.5.2 Método del tamiz

El método del tamiz implica colocar una muestra de suelo previamente tratada sobre una torre de tamices ordenados de manera descendente siendo el primero de ellos el de la mayor abertura de malla. La acción mecánica provoca que la muestra pase de un tamiz a otro, y luego, el peso correspondiente de cada porción retenida en los tamices determinará el porcentaje de partículas asociado a ese tamaño.

Rojas & García (2017) establecen que se deben tomar entre 50 a 200 gramos de muestra seca. Esta muestra se coloca sobre un tamiz de 4 mm, debajo del cual se disponen una serie de tamices de medidas descendentes hasta llegar al tamiz de 0.088 mm. Esta torre de tamices se coloca sobre un vibrador mecánico que se encarga de hacer pasar la muestra de tamiz en tamiz. Después de 15 a 20 minutos, las fracciones retenidas en cada tamiz se pesan para determinar el porcentaje que representan.

1.3.5.3 Método de la pipeta

Tanto el método de la pipeta como el del densímetro o hidrómetro se fundamentan en la aplicación de la ley de Stokes, ya que las mediciones se realizan según un tiempo predefinido de sedimentación de cada partícula. En particular, el método de la pipeta se distingue por emplear una pipeta para extraer la solución de agua y suelo después de un tiempo determinado.

Rodríguez *et al.* (2023) describen una serie de pasos para determinar la textura por este método. En primer lugar, se aplica un dispersante a una muestra de 20 gramos dentro de un matraz de 250 ml. A esto se le añaden 100 ml de agua y 10 ml de hidróxido de sodio o hexametáfosfato de sodio. Después de reposar durante una noche, la solución se agita y se vierte sobre una probeta de 1000 ml con un embudo en la parte superior, que a su vez tiene un tamiz de malla N° 270. La fracción atrapada se lava, se seca y se pesa, correspondiendo a la fracción arenosa del suelo.

Con el contenido restante en el embudo, se introduce una pipeta de 50 ml hasta los 5 cm, y el tiempo de esta operación dependerá de la temperatura registrada. La solución pipeteada se seca y se pesa, representando la fracción arcillosa. Finalmente, la diferencia entre estas dos fracciones y el peso inicial constituirá la fracción limo. Alcívar (2020) añade

además que se debe tener mucho cuidado con la interpretación de los resultados debido a los pretratamientos aplicados.

1.3.5.4 Método del hidrómetro

Este método se fundamenta en la ley de Stokes la cual se expresa de la siguiente manera:

$$X = \theta t^{-\frac{1}{2}}$$

Donde X es el diámetro de la partícula producto de la multiplicación del parámetro de sedimentación θ por la raíz cuadrada inversa del tiempo, a su vez θ se calcula por: $\theta =$

$$[18\eta h' / g(\rho_s - \rho_l)]^{1/2}$$

Donde η es viscosidad, $(\rho_s - \rho_l)$ es la diferencia entre las densidades del suelo con la densidad del medio líquido, g es la aceleración de la gravedad y por último h' es la profundidad efectiva de asentamiento del hidrómetro (García *et al.*, 2008).

En resumen, la ley de Stokes indica que a menor diámetro de partícula el tiempo que tarda en caer será mayor, es allí que se toma a la densidad como variable principal pues es la que indica el porcentaje medio de partículas en dispersión que se encuentren al momento de tomar la muestra, la metodología base y la cual se recomienda usar es la seguida por la SSSA, en donde se hacen mediciones de la densidad de la solución cada 0.5, 1, 10, 30, 60, 120 y 1440 minutos, comparando los valores entre una probeta con agua, dispersante y el suelo, y otra pipeta con la misma solución sin el suelo, siendo este el blanco.

El porcentaje medio de partículas en suspensión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{R - R_L}{m_s} 100\%$$

Donde $R - R_L$ corresponden a las mediciones de la solución con suelo y de la solución sin suelo y m_s corresponde a la masa del suelo. Para poder calcular el porcentaje de arcilla se usan las mediciones a los 90 y 1440 minutos mediante la siguiente expresión:

$$P_{2\mu m} = m \ln \left(\frac{2}{X_{24}} \right) + P_{24}$$

Que consiste en la suma del porcentaje medio a las 24 horas más el producto de entre el logaritmo natural de la pendiente entre los diámetros entre las 1.5 a 24 h, por la razón de 2 entre el diámetro de partículas a las 24 h.

De una manera similar se calcula el porcentaje de arena, pero con la particularidad de que se toman las lecturas entre 0.5 a 1 minuto. Finalmente, el porcentaje de limo no es más que la diferencia entre 100 y la suma de los porcentajes de arcilla y arena=

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$$

1.3.6 Influencia de los tiempos de medición en el diámetro de partículas

El método del hidrómetro ha demostrado ser eficaz para determinar la distribución de partículas en el suelo. Sin embargo, es importante destacar que los tiempos en los que se toman las mediciones influyen significativamente en los resultados respecto al tamaño de partícula presente en la solución. Acosta *et al.* (2021) llevaron a cabo un estudio comparativo utilizando el método de Bouyoucos con dos conjuntos de tiempos diferentes. El primero constaba de mediciones a los 40 segundos y a las dos horas, mientras que la metodología de Bouyoucos modificada consideraba tiempos de 0.5, 1, 3, 10, 30, 60, 90, 270 y 720 minutos. Esta comparación reveló clasificaciones texturales significativamente diferentes, con mayores fracciones obtenidas mediante el método de Bouyoucos modificado.

Este hallazgo fue respaldado por el estudio de García *et al.* (2008) que comparó cuatro métodos distintos. Los métodos incluyeron la metodología de la SSSA con tiempos de 0.5, 1, 10, 30, 60, 90, 120 y 1440 minutos; la metodología de la SSSA limitada hasta los 60 minutos; la Bouyoucos estándar con mediciones a los 40 y 120 minutos; y finalmente, la metodología de Bouyoucos simplificada que limita las mediciones hasta los 60 minutos. Los resultados indicaron una variabilidad significativa en el rango de partículas, con diferencias de hasta un 20% en algunos casos en comparación con el método de referencia, que era la metodología de la SSSA. Además, la clasificación textural también mostró diferencias, ya que el método de la SSSA reportó más clases texturales que los demás métodos. En conclusión, se evidencia que, al extender la duración de la observación, los diámetros de partículas se calculan de manera más precisa.

1.4 Horizontes enterrados

1.4.1 Definición

Ortiz & Gutiérrez (2014) explican que un suelo enterrado es:

...una secuencia de horizontes genéticos que está cubierto por un manto superficial de material de suelo nuevo de un espesor de 50 cm o más, un epipedón plaggen o una capa de material transportado por el hombre que tiene un espesor de 50 cm o más.

En otras palabras, son capas de suelo que no corresponden al proceso actual de pedogénesis pues pertenecen a un proceso anterior que se vio abruptamente interrumpido por alguna de las situaciones anteriormente mencionadas, de esta manera es que los suelos enterrados pueden o no corresponder al mismo material parental que la secuencia de horizontes superiores (FAO, 2009).

1.4.2 Características de un horizonte enterrado

Una de las características comunes de los horizontes enterrados es que la materia orgánica se encuentra dispersada por toda la matriz y no concentrada solo en los agregados y poros como suele suceder en un horizonte sombrero. Otra de las características propias de estos horizontes son la cantidad de carbono orgánico (en el caso de los horizontes correspondientes al holoceno), propiedades ándicas las cuales son definidas por Jaramillo (2009) como: “baja densidad aparente, una alta carga variable y una alta capacidad de retención de fosfatos y de humedad” y la saturación de bases (Ortiz & Gutiérrez, 2014).

Otra característica de estos suelos es que algunos de ellos se presentan en las zonas bajas debido a la predisposición que tiene estas áreas de recibir los materiales procedentes de las zonas altas. Estos suelos cuando se tratan de antiguos horizontes A, destacan por un elevado contenido de materia orgánica, contenido que no corresponde a la profundidad registrada generalmente estos horizontes son propios de suelos que llevan la porción fluv en su nombre y a los subgrupos Thaptic (Jaramillo, 2002).

1.5 Cambio climático de finales del pleistoceno e inicios del holoceno

El Pleistoceno fue una era caracterizada por múltiples periodos glaciares que en conjunto constituyeron la última era de hielo del planeta. El final de esta era estuvo marcado por un aumento sustancial de la temperatura (Salgado & Sastriques, 2009). Este periodo de calentamiento comenzó hace aproximadamente 18,000 años, cuando los casquetes polares empezaron a derretirse, provocando un aumento en la temperatura del agua y, en consecuencia, una mayor evaporación que incrementó la humedad atmosférica. Este proceso continuó hasta hace unos 11 000 o 10 000 años, con un último y breve periodo glacial conocido como Dryas III, que marcó el final del Pleistoceno. Con el fin de este último periodo frío, comenzó el Holoceno, caracterizado por un aumento de las temperaturas que hace unos 8 500 años, dio lugar a un periodo árido (Valdeolmillos, 2005).

Este breve periodo frío a finales del Pleistoceno, conocido como Dryas Reciente, es explicado por Aguilar (2021) como una respuesta a la repentina llegada de agua fría y dulce

al océano, lo que terminó por colapsar la corriente circular del Atlántico, provocando un descenso de las temperaturas a nivel global. En Sudamérica, los registros de este cambio climático son confusos. Placze *et al.* (2006) indican que mientras los indicadores biológicos no presentan cambios sustanciales, los registros de polen y la sedimentología amazónica sugieren un periodo árido en la zona.

Durante este periodo, el Ecuador estaba habitado por megafauna como milodontes, megaterios, mastodontes, ciervos, caballos andinos y paleollamas (Román & Lara, 2020). En cuanto a asentamientos humanos, específicamente en la provincia de Santa Elena, se reporta el asentamiento de la cultura Las Vegas, que se estima pobló la península desde hace 10,000 a 8,000 años (Stothert, 1988).

1.6 Subcuenca Manglaralto

La cuenca Manglaralto es un sistema hídrico que cubre parte de la parroquia Manglaralto delimitada al norte por la cuenca del río Olón y al sur por la cuenca del río Valdivia, a su vez, la cuenca Manglaralto se encuentra dividida en tres subcuencas: Manglaralto, Cadeate y Simón Bolívar, siendo la primera la más importante del sistema.

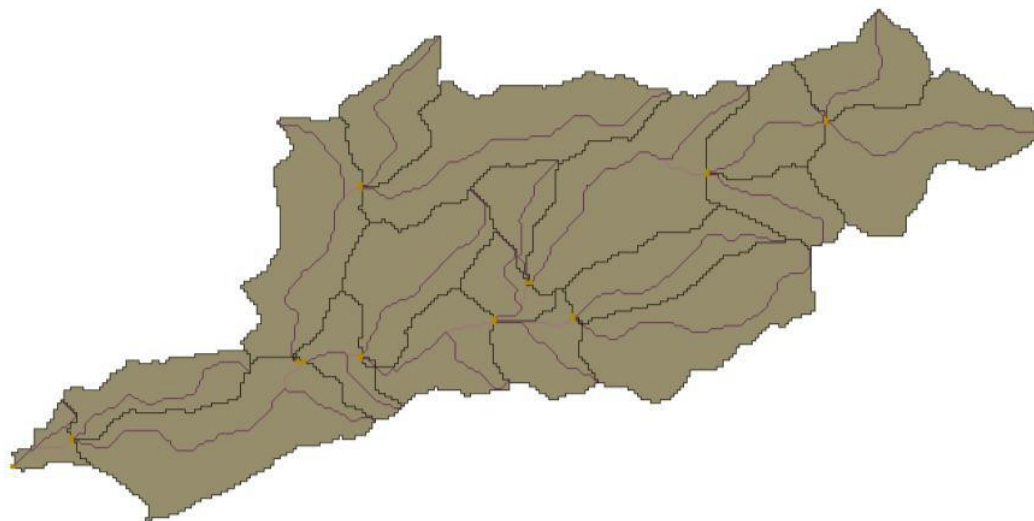


Figura 2. Extensión de la subcuenca Manglaralto

Fuente. (Catuto, 2020)

La subcuenca Manglaralto mostrada en la **Figura 2**, tiene por afluente principal al río Manglaralto el cual está alimentado a su vez por el río Culebra y el Pajiza, ambos sistemas nacen en la cordillera Chongón-Coloche aproximadamente a 700 msnm; el recorrido de este río es en dirección noroeste-suroeste desde su nacimiento en la cordillera hasta su delta en

la playa de la comuna Manglaralto, teniendo una trayectoria final de unos 18 km aproximadamente (Catuto, 2020).

La cuenca tiene una longitud aproximada de 16.5 km y anchura media de 3.5 km, aunque hay puntos donde alcanza valores picos de 5.5 km, por otro lado, el área que cubre es de unos 25.21 km² aproximadamente y un perímetro de 55.7 km. Además, se encuentra dividida en cuenca alta y baja, la cuenca alta se encuentra a los 180 msnm y se caracteriza por su alta humedad y su cobertura vegetal abundante, tal como se puede observar en las comunas de Pajisa y Dos Mangas; por su parte la cuenca baja se caracteriza por estar a nivel del mar y albergar a los depósitos aluviales toda la cuenca (Valencia, 2017).

1.6.1 Procesos aluviales en la subcuenca

La unidad aluvial de la cuenca baja está compuesta por limos, gravas y gravillas, destacándose los limos en los límites, estas formaciones proceden del holoceno tal como lo explica (Amado, 1990), las gravas y gravillas varían el tamaño de sus partículas a su el espesor de los horizontes que forman, probablemente por las diferencias en la capacidad de transporte del río. La grava es de subangular o redondeada de un diámetro variable entre 1 a 10 cm, por su parte de gravilla consta de diámetros de 0.03 a 1 cm, finalmente todos estos horizontes tienen una matriz arenosa

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El estudio se llevó a cabo dentro del Centro de Apoyo Manglaralto el cual se encuentra ubicado en el kilómetro 680 de la ruta del Spondylus en la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena a 60 kilómetros de la capital, el clima del lugar es del tipo Bwh (Desértico Cálido) según la clasificación de Köppen. Con un promedio anual de 795 mm de precipitaciones y una temperatura media de 23.1 °C. Siendo los meses de febrero y marzo los meses de mayor temperatura y precipitación como se observa en la **Figura 3**.

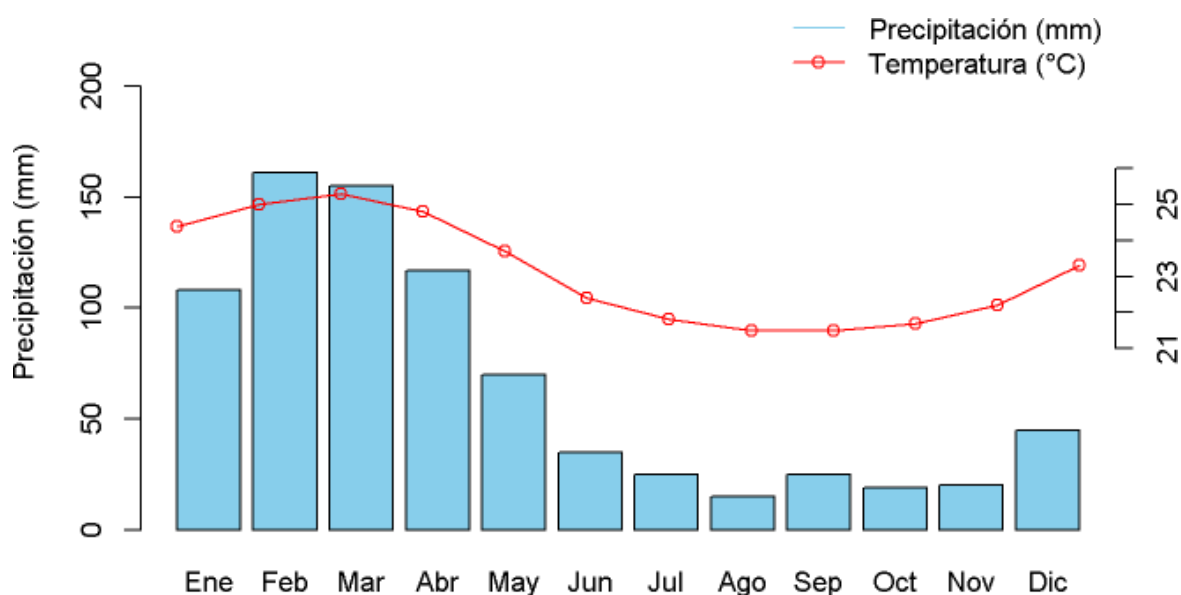


Figura 3. Climograma de Manglaralto

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 *Material de campo para colecta de muestras*

- Kit de muestreo de cilindros de suelo Eijkelkamp C53
- Cilindros diámetro 53 mm y alto 50 mm, volumen 100 ml \pm 0,5%
- Barrenas Edelman y Riverside 70 mm de diámetro.
- Infiltrómetro de minidisco
- Barreta
- Excavador
- Fundas Ziploc

2.2.2 *Material de laboratorio*

- Hidrómetro de Suelos Global Gilson, SA-2, ASTM-152H
- Cilindro de Sedimentación de 1000 ml Global Gilson, SA-5
- Tamiz de 2 mm de malla ASTM D7928 WS Tyler
- Tamiz de 1 mm de malla ASTM D7928 WS Tyler

- Tamiz de 0.5 mm de malla ASTM D7928 WS Tyler
- Tamiz de 0.2 mm de malla
- Varilla agitadora
- Pesafiltros de aluminio
- Matraces Erlenmeyer de 100 ml
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml
- Probeta de 100 ml
- Probeta de 250 ml
- Cristalizador de vidrio 80 mm
- Beaker de 250 ml
- Pequeños tubos de ensayo de 10 ml de capacidad
- Mortero de porcelana
- Bureta de 10 ml
- Pinzas
- Cajas Petri
- Papel Aluminio

2.2.3 *Equipos de laboratorio*

- Mezclador para dispersión de suelos Global Gilson, SA-14
- Calcímetro Eijkelkamp (rango de medida 0 - 200 g/kg). Norma NEN-ISO 10693. Determinación basada en el método volumétrico (Scheibler)
- Agitador Orbital Digital SK-O330 PRO
- Balanza de Precisión A&D, FX-300i
- Estufa Faithful, GX-125BE

2.2.4 *Reactivos*

- Hexametafosfato de sodio 50 g/l
- Ácido Clorhídrico (HCl) al 10%
- Peróxido de Hidrógeno H₂O₂
- Carbonato de calcio CaCO₃

2.2.5 *Libros*

- Guía de Descripción de Perfiles de Suelos de la FAO
- Prácticas de Edafología
- Tabla Munsell de colores suelo

2.2.6 *Software*

- Microsoft Excel 365
- Quantum GIS 3.38.3 'Grenoble'
- R Studio

2.3 Tipo de investigación

Hernández *et al* (2014) definen a la investigación cuantitativa no experimental como un estudio donde “se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en

la investigación por quien la realiza”, de tal manera que este trabajo encaja en un estudio de este tipo pues su objeto de estudio son las características físicas y químicas del suelo sin alterar su composición.

2.4 Diseño de investigación

El trabajo siguió un diseño no experimental

2.4.1 *Diseño no experimental*

El trabajo siguió un diseño transeccional descriptivo siguiendo el método geográfico comparativo, compuesto por dos transectas perpendiculares al río Manglaralto la primera transecta estaba subdividida en cuatro puntos de muestreo y la segunda transecta estaba dividida en tres puntos de muestreo.

2.5 Manejo de la investigación

2.5.1 *Sitios de muestreo*

El área de estudio se dividió en dos transectas las cuales se ubican perpendiculares al río Manglaralto como se observa en la **Figura 4**, la primera transecta se ubicó en un área forestal y estaba compuesta por cuatro puntos de muestreos los cuales seguían un sentido S-SO de una topografía casi plana. La segunda transecta se ubicó en un área que comprendía cultivos de pastos, cultivos perennes y cultivos de ciclo corto; los tres puntos contemplados dentro de esta transecta seguían un sentido SE-NO, de una topografía casi plana en los cultivos de pastos y perenne pero moderadamente ondulada en el área de cultivos de ciclo corto.



Figura 4. Distribución de los puntos en el CA Manglaralto

2.5.2 Muestreo

El muestreo consistió en la extracción de suelo a diferentes profundidades utilizando una barrena. El suelo extraído se depositaba sobre un plástico negro y se acumulaba hasta observar un cambio en el color del suelo. Una vez detectado el cambio de color, se introducía una cinta métrica en el agujero para medir y registrar la profundidad a la que ocurría el cambio.

El suelo extraído se guardaba en bolsas Ziploc correctamente identificadas por el código MaS_#número del perfil. Paralelamente, con la ayuda de la tabla de colores de suelos Munsell y la Guía de descripción de suelos de la FAO, se describían las características de color, estructura y consistencia del suelo, así como el contenido de carbonatos y materia orgánica utilizando una solución de HCl al 10% y H₂O₂. Este proceso se repetía hasta encontrar una discontinuidad litológica, correspondiente a un presunto suelo enterrado con características similares al horizonte superficial. Una vez encontrado este horizonte, se continuaba perforando hasta encontrar otro cambio de color, que indicaba el límite de este horizonte.

Además, en cada sitio se extrajeron tres cilindros del horizonte superficial utilizando una copa y un mazo para la posterior determinación de humedad y densidad. Los cilindros se colocaron en bolsas Ziploc correctamente codificadas.

2.5.3 Determinación de la conductividad hidráulica no saturada (cm/h)

La conductividad hidráulica no saturada (K_{sf}) se determinó utilizando un infiltrómetro de minidisco, siguiendo el método adaptado de Sinoga *et al.* (2003). Primero, se llenó la parte superior del equipo con agua corriente, retirando cuidadosamente el tapón superior. Luego, se volteó el infiltrómetro y, cubriendo la varilla de tensión con un dedo, se llenó la cavidad inferior con agua. Con el equipo en posición horizontal, se ajustó la varilla de medición según la textura del suelo: en 0.5 para suelos arcillosos y en 6 para suelos arenosos. A mayor peso del suelo, menor tensión se aplicó al equipo.

Una vez calibrado el infiltrómetro, se colocó en una zona plana sin hojarasca ni elementos que pudieran alterar las mediciones. Estabilizado el aparato, se inició el cronómetro y se tomaron lecturas a los 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 450, 480, 510, 540, 570 y 600 segundos. Este procedimiento se repitió cuatro veces por punto de muestreo para asegurar la precisión y consistencia de los datos.

2.5.4 Preparación de las muestras

El suelo extraído de cada horizonte de cada uno de los puntos fue secado al sol durante una semana, una vez seco el suelo fue macerado con ayuda de un mortero y luego pasado por un tamiz de malla 2 mm, el suelo que paso el tamiz fue devuelto a la funda listo para los posteriores análisis, mientras que los agregados mayores a 2 mm que quedaron por encima del tamiz fueron desechados.

2.5.5 Determinación de densidad

La densidad fue determinada en el laboratorio. Primero, se pesó y se anotó la masa de cada cilindro con suelo utilizando una balanza analítica. Luego, con la ayuda de una espátula, se depositó el suelo de cada cilindro en una funda Ziploc previamente pesada. Posteriormente, se pesó nuevamente el suelo y se registró el peso.

2.5.6 Determinación de humedad

De cada cilindro, se tomó una muestra de aproximadamente 20 gramos, las cuales se depositaron sobre pesafiltros de aluminio previamente pesados. Los pesafiltros con las muestras de suelo se pesaron y se registraron en una bitácora. Luego, los pesafiltros se colocaron en una estufa configurada a 105 °C durante 24 horas para secar el suelo. Una vez transcurridas las 24 horas, las cápsulas de aluminio se extrajeron y se colocaron en un desecador para enfriarlas sin que adquieran humedad. Una vez enfriadas, las cápsulas se pesaron y se registraron.

2.5.7 Determinación de la distribución de partículas de suelo

La textura se determinó mediante el método de Bouyucos adaptado Andrades *et al.* (2015). El procedimiento consistió en tomar 30 gramos de suelo y colocarlos, con ayuda de un embudo, en un matraz de 250 ml. A este matraz se le añadieron 100 ml de una solución de hexametáfosfato de sodio a 50 g/l, utilizando una probeta de 100 ml. Los matraces fueron correctamente etiquetados y colocados en un agitador orbital configurado a 200 revoluciones por minuto durante toda la tarde y noche.

Al día siguiente, la muestra de suelo, previamente empapada y agitada con hexametáfosfato de sodio, se transfirió a un vaso de batidora. Con ayuda de una piseta, se extrajo todo el suelo adherido a las paredes del matraz. El suelo se mezcló durante 5 minutos a velocidad media y luego se vertió sobre probetas de sedimentación, utilizando un tamiz de malla 0.2 en la boca para retener las arenas mayores a 200 μm . Con ayuda de la piseta, se

extrajo todo el contenido del vaso. Las arenas retenidas en el tamiz se depositaron en pesafiltros, los cuales se secaron en una estufa a 105 °C durante 24 horas.

Con el contenido de las probetas, se tomó la temperatura de todos los cilindros con muestras y de la solución blanco, compuesta por 100 ml de hexametáfosfato de sodio y 900 ml de agua destilada. Una vez estabilizada y registrada la temperatura, se procedió a ejecutar el ensayo. Primero, se introdujo el hidrómetro en el cilindro con la solución blanco; una vez estabilizado el hidrómetro, se tomó la lectura correspondiente a L0. Luego, en los cilindros con suelo, se agitó la solución con una varilla agitadora durante al menos un minuto. Al extraer la varilla, se comenzó a cronometrar el tiempo. Casi simultáneamente, se introdujo el hidrómetro, y se tomaron las lecturas a los 30 segundos, posteriormente a los 60 segundos, y luego a los 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 y 240 minutos. Todas estas lecturas, así como las temperaturas medidas en esos tiempos, se registraron.

Al día siguiente, las arenas secas se colocaron en una torre de tamices con mallas de 1 mm y 0.5 mm más una bandeja. Las arenas retenidas en cada tamiz fueron pesadas y registradas. Finalmente, se tomó una última lectura de los cilindros con suelo a los 1440 minutos.

2.5.8 *Determinación de carbonatos equivalentes (CCE g kg⁻¹)*

Para la determinación de carbonatos se utilizó el método volumétrico descrito en el manual de uso del Calcímetro de Bernard (Eijkkelkamp, 2021). Primero, se pesaron 2.5 gramos de cada muestra de suelo y se hicieron reaccionar con 1 ml de HCl. Dependiendo de la intensidad de la reacción, se ajustó la cantidad de suelo a 10, 5, 2.5 o 1 gramo; a mayor intensidad de la reacción, menor cantidad de suelo se usaba. Luego, se procedió a la calibración del calcímetro, para lo cual se pesaron 0.4, 0.3 y 0.2 gramos de CaCO₃, colocándolos en matraces Erlenmeyer de 250 ml junto con 20 ml de agua destilada en cada uno. Además, se prepararon dos matraces adicionales con 20 ml de agua destilada cada uno para usarlos como blancos.

Una vez listos los matraces, se llenaron las buretas del calcímetro con agua corriente a través de los recipientes tapón. Posteriormente, se ajustó el nivel de agua en las buretas a 80 ml para el primer blanco, 20 ml para el segundo y 3 ml para los matraces de calibración, colocando la perilla del calcímetro en posición de aireación. Simultáneamente, se añadieron 7 ml de HCl en tubos de ensayo de 10 ml, los cuales se colocaron dentro de los matraces con una pinza.

Después de estabilizar los niveles de agua, se colocaron los matraces en la base del calcímetro y se sellaron con el tapón del sistema. Con los matraces en su lugar, se volvió a colocar la perilla en posición de aireación para estabilizar nuevamente los niveles de agua. Luego, se giró la perilla a la posición de medición para iniciar la calibración, vertiendo el ácido contenido en los tubos de ensayo en un ángulo de 45 grados. El ácido reaccionó con el CaCO_3 , liberando CO_2 , el cual desplazó el volumen de agua en la bureta, y este valor se anotó.

Una vez calibrado el equipo, se procedió con el ensayo de las muestras de suelo. Las muestras se pesaron según la reacción observada inicialmente y se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 ml previamente llenados con 20 ml de agua destilada. Además, se añadió un tubo de 10 ml con 7 ml de HCl a cada matraz utilizando una pinza. Los matraces preparados se llevaron al calcímetro, se colocó la perilla en posición de aireación y se niveló el volumen de agua a 3 ml. Posteriormente, se vertió el ácido sobre el suelo y se agitó la solución hasta que no quedara ninguna reacción. Finalmente, se anotó el volumen de agua de cada bureta.

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Físicos

Conductividad Hidráulica no saturada: Las lecturas obtenidas en campo fueron introducidas a la hoja de cálculo Excel proporcionada por el fabricante del infiltrómetro en esta hoja además se elegía el método usado, la textura del suelo y la tensión aplicada, con ayuda de estos datos se obtuvo la conductividad hidráulica la cual se expresaba en cm/s, para posteriormente convertirlo a cm/h

Densidad: Los valores de los pesos del suelo sin cilindro fueron introducidos en una hoja de cálculo de Excel la misma que dividirá este valor con el volumen del cilindro el cual es de 100 cm^3 . La fórmula usada es:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ : Densidad aparente del suelo

m : Masa del suelo sin el cilindro

v : Volumen del cilindro

Humedad: Los pesos en húmedo y seco del suelo en los pesafiltros se introdujeron en una hoja de cálculo en donde se debía anotar el número del pesafiltro y el peso del suelo sin el pesafiltro (los pesos de cada pesafiltro vacío se encontraban dentro de la hoja y debían ser restados al peso de los pesafiltros con suelo). Una vez con estos datos colocados la hoja reflejaba los valores de humedad siguiendo la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso del suelo en húmedo} - \text{Peso del suelo en seco}}{\text{Peso del suelo en húmedo}} * 100$$

Textura: Las lecturas de densidad y temperatura, más los valores de las arenas pesadas fueron colocados dentro de una hoja de cálculo la cual arrojaba los valores de arenas, limos y arcillas mediante las siguientes formulas:

$$\% \text{ arenas} = 100 - \left(\frac{L_{1min} * 100}{Ps} \right)$$

$$\% \text{ arcillas} = 100 - \left(\frac{L_{60min} * 100}{Ps} \right)$$

$$\% \text{ limos} = 100 - (\% \text{ arenas} + \% \text{ arcillas})$$

Donde:

L_{1min} = Lectura del hidrómetro al minuto

L_{60min} = Lectura del hidrómetro a los 60 minutos

Ps = Peso del suelo menos las arenas

Así mismo la hoja de cálculo también calculaba el diámetro de partícula según el tiempo de lectura y el porcentaje pasante, valores con los cuales construía la curva granulométrica que permitió analizar el comportamiento de los sedimentos.

2.6.2 Químicos

Carbonatos equivalentes: Se calcularon mediante la siguiente formula:

$$\% \text{CaCO}_3 = 1000 * \frac{M_2 * (V_1 - V_3)}{M_1 * (V_2 - V_3)} * \frac{100 + w(\text{H}_2\text{O})}{100}$$

Donde: V_1 * V_2 * V_3 = 100

M_1 = Masa del suelo (g)

M_2 = Masa media de los tres padrones utilizados (g)

V1= Variación de volumen en la bureta con el matraz con la muestra de suelo

V2= Media de variación de volumen observada en las buretas con los matraces padrones

V3= Media de variación de volumen observada en las buretas con los blancos

w(H₂O)= Humedad del suelo expresado en peso del agua

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los resultados fueron procesados con ayuda del lenguaje de estadístico “R” (R Core Team, 2024) en donde fueron sometidos tanto a una estadística descriptiva usando paquete “summarytools” (Comtois, 2022) y a una prueba de Kruskal-Wallis para comparar las variables según el uso de suelo, como alternativa al ANOVA pues los datos obtenidos en este estudio corresponden a datos que no se ajustan a una curva de normalidad común.

Así mismo se realizó un análisis de correlacional con ayuda de la matriz de correlación de Spearman incluida dentro del paquete “Hmisc” ((Jr, 2024). Finalmente, las curvas de distribución de partículas se crearon con ayuda del paquete “ggplot2” (Wickham, 2016).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de las transectas

3.1.1 *Transecta forestal*

MaS_01

Descripción morfológica

Era el punto más alejado del río y poseía una abundante cobertura vegetal entre los cuales destacan árboles de guayacán, se encontraron cuatro horizontes los cuales guardan una consistencia casi similar, además el perfil en general en base a la reacción se deduce una presencia variable de carbonatos, la cual aumenta a partir del tercer horizonte, en cuanto a la materia orgánica esta se mantiene constante a lo largo del perfil, la descripción completa del perfil se encuentra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Descripción del perfil MaS_01

	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte Ab
Espesor (cm)	35	25	35	50
Estructura	Angular y subangular de tamaño fino			
Color en seco	10YR 5/3	2.5Y 5/3	10 YR 7/6	10YR 7/3
Color en húmedo	10YR 3/4	10 YR 4/3	10YR 4/4	10YR 4/2
Consistencia en seco	Duro	Dura	Dura	Dura
Consistencia en húmedo	Firme	Friable	Friable	Friable
Consistencia en estado sobresaturado	Adherente y plástico	No adherente y ligeramente plástico	Ligeramente adherente y ligeramente plástico	Adherente y ligeramente plástica
Reacción al HCl	Baja	Baja	Media	Media
Reacción al H₂O₂	Media	Media	Baja	Media

En cuanto a los resultados de las pruebas de laboratorio, estas arrojaron una clase textural relativamente homogénea, pues en las cuatro profundidades se determinó que era el tipo arcilloso, en cuanto a carbonatos estos se distribuyen de manera limitada en el suelo, con la particularidad de un menor contenido de CCE en el horizonte C, el resto de los resultados se muestra en la **Tabla 3**:

Tabla 3. Resultados de pruebas de laboratorios correspondientes al perfil MaS_01

Horizonte	H (%)	Da (g/cm ³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	19.57	12.803	Arcilloso	1.71	2,01
B			Arcilloso		3,01
C			Arcilloso		1,66
Ab			Arcilloso		1,91

La curva acumulativa para este perfil (MaS_01) como se muestra en la **Figura 5**, demuestra que existe un comportamiento casi similar para todos los horizontes, con pequeñas diferencias como la mostrada por el horizonte Ab el cual conservo un poco más sus valores de arena y arcilla para lugar caer casi al mismo nivel que el horizonte A en la fracción arcilla, fracción arcilla que fue la que más partículas retuvo.

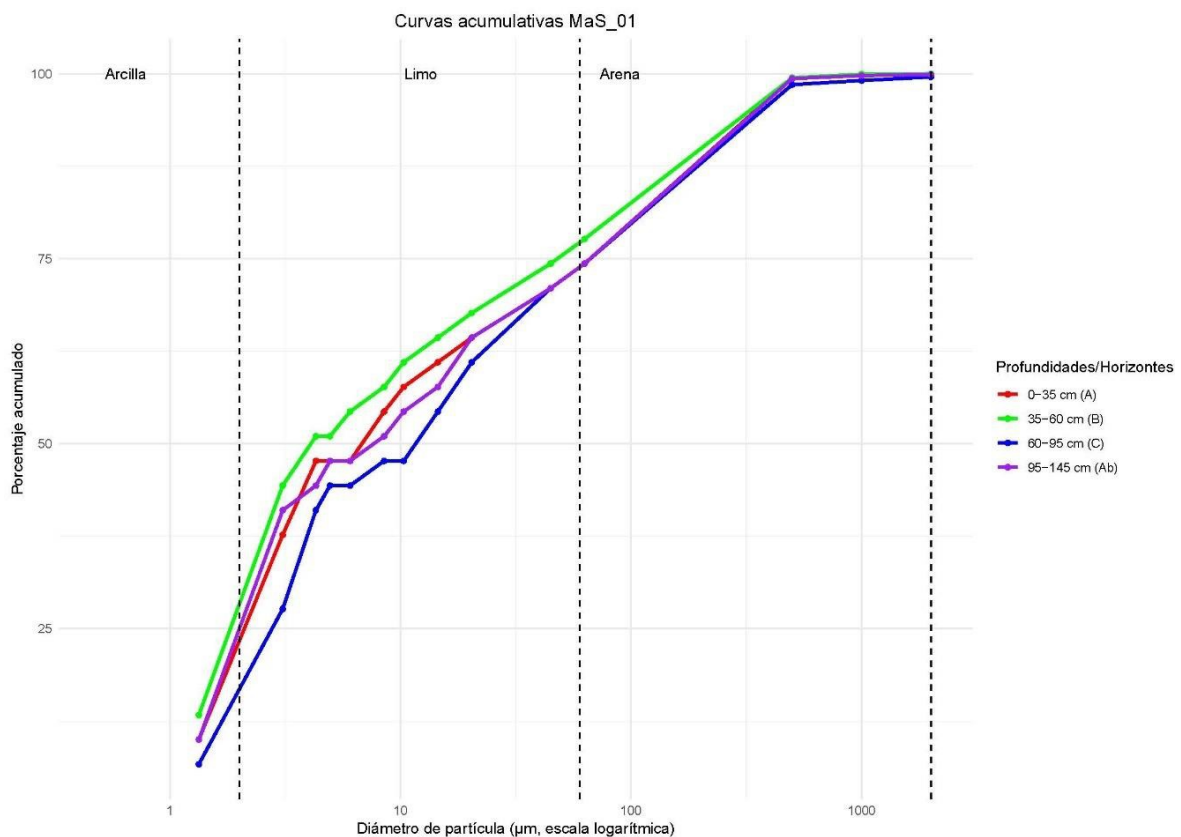


Figura 5. Curva Acumulativa del perfil MaS_01

MaS_02

En el punto MaS_02 se encontró en un área con poca cubierta vegetal pues se encontraba en un pequeño claro, durante la excavación se lograron encontrar cinco horizontes, la consistencia de este horizonte fue variable mucho más en cuando se sobresaturaba el suelo de agua. Gracias a las reacciones se dedujo que la presencia de carbonatos en el perfil era baja a excepción del último horizonte en donde se observó una reacción fuerte al HCl, por otra parte, la presencia de materia orgánica se mantuvo variable y obviamente disminuyó a medida que se iba profundizando en el perfil, por último, en el horizonte Ab se encontró un pedazo de vasija lo que podría indicar o ya sea el arrastre desde zonas más altas o una repentina deposición de material. La descripción de cada uno de los horizontes se observa en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Descripción morfológica del perfil MaS_02

	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte Ab	Horizonte Ck
Espesor (cm)	35	27	29	49	17
Estructura	Angular y subangular de tamaño fino				
Color en seco	2.5Y 4/4	2.5Y 4/3	2.5Y 6/4	2.5Y 6/4	2.5Y 6/4
Color en húmedo	10YR 3/2	10YR 3/5	10YR 4/3	2.5Y 3/3	2.5Y 4/3
Consistencia en seco	Muy dura	Muy dura	Dura	Muy dura	Suave
Consistencia en húmedo	Muy firme	Friable	Friable	Firme	Suelto
Consistencia en estado sobresaturado	Adherente y muy plástico	Adherente y plástico	Ligeramente adherente y ligeramente plástico	Ligeramente adherente y ligeramente plástico	No adherente y no plástica
Reacción al HCl	Nula	Baja	Baja	Muy débil	Alta

Reacción al Alta Media Baja Media Bajas
H₂O₂

La textura determinada resulto ser de la fracción franca mayormente franco arcilla en los tres primeros horizontes tal y como se observa en la **Tabla 5**, en cuanto a la Kfs (Conductividad hidráulica no saturada) la determinada en este perfil resulto ser la menor de todos los perfiles, finalmente los carbonatos al igual que en el anterior perfil se encontraron de manera limitada, con la sorpresa de que el ultimo horizonte el cual había mostrado una reacción fuerte no acabo por ser el horizonte con mayor cantidad de carbonatos.

Tabla 5. Resultados de laboratorio del perfil MaS_02

Horizonte	H (%)	Da (g/cm³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	9.55	1.49	Franco Arcillosa	0.59	2.31
B			Franco Arcillosa		2.01
C			Franco Arcillosa		3.36
Ab			Franco Arcillosa Arenosa		1.21
Ck			Franco Arcillosa Arenosa		1.51

El análisis granulométrico arrojó una similitud en el recorrido de las curvas a excepción del horizonte Ck el cual gradualmente disminuyó sus porcentajes de arena concentrando sus valores en las fracciones correspondientes al limo para finalizar en una cantidad pobre de arcilla a diferencia del resto de horizontes que conservan un porcentaje de arcilla marcadamente superior (**Fig. 6**).

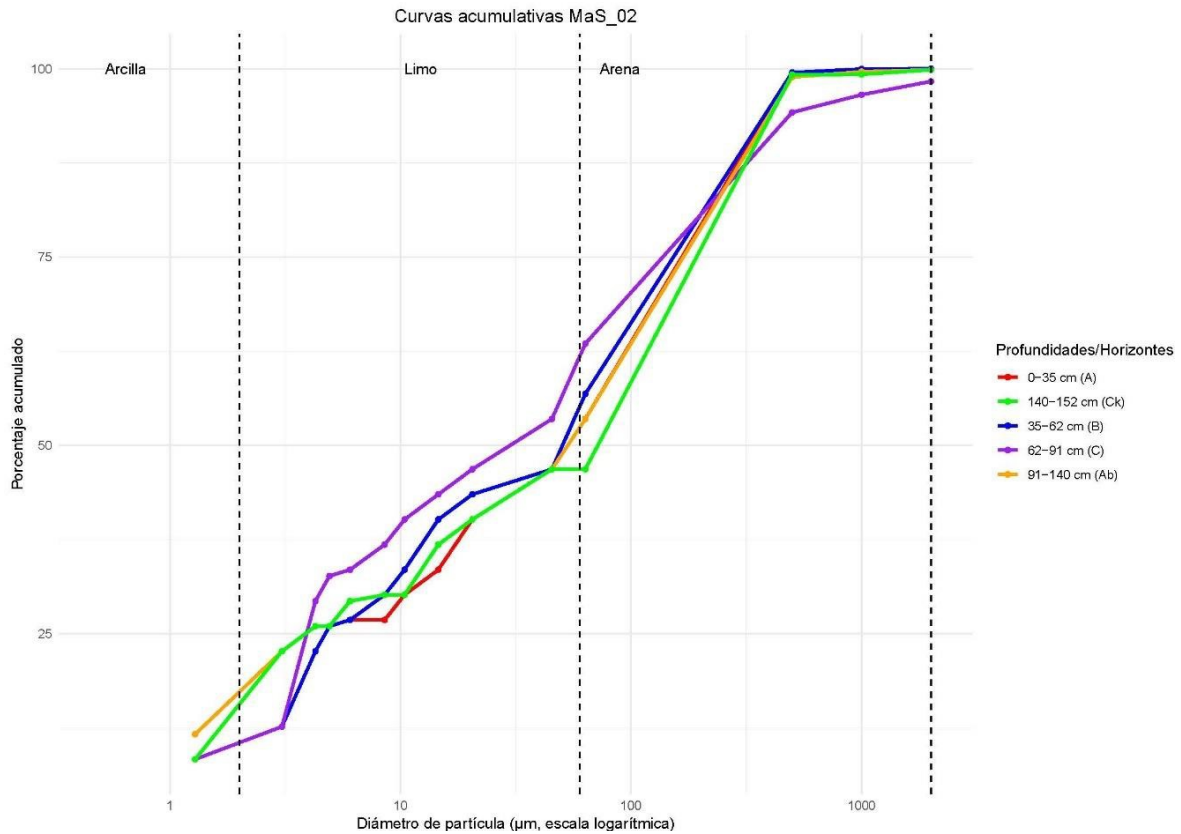


Figura 6. Curva Acumulativa del perfil MaS_02

MaS_03

La consistencia del perfil resultó ser particular pues los dos primeros horizontes presentan una consistencia firme en todos los estados, caso contrario al encontrado en los horizontes inferiores en donde se observó una consistencia mucho más débil, de manera similar sucedió con la posible presencia de carbonatos pues estos no se observaron en los dos primeros horizontes, al contrario de lo observado en los horizontes inferiores, por último la materia orgánica se mantuvo alta en todo el perfil. La descripción completa se muestra en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Descripción del perfil MaS_03

	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte Ab
Espesor (cm)	20	40	50	35
Estructura	Angular gruesa			
Color en seco	10YR 5/4	2.5Y 5/4	2.5Y 7/6	5Y 5/6
Color en húmedo	7.5YR 2.5/1	2.5Y 4/2	2.5Y 4/4	10YR 4/2

Consistencia en seco	Muy dura	Dura	Suave	Suave
Consistencia en húmedo	Friable	Firme	Friable	Friable
Consistencia en estado sobresaturado	Adherente y ligeramente plástica	Adherente y no plástica	Adherente y plástica	Ligeramente Adherente y ligeramente plástica
Reacción al HCl	Nula	Nula	Alta	Alta
Reacción al H₂O₂	Alta	Alta	Alta	Alta

La textura del perfil correspondió a la fracción arcillosa y al igual que en el primer perfil se registró una baja densidad, en cuanto a carbonatos estos correspondieron a las reacciones observadas en campo pues los dos primeros horizontes tuvieron muy pocos carbonatos, a diferencia de los dos horizontes más profundos los cuales registro un aumento sustancial de los carbonatos, de manera que el tercer horizonte quintuplico la cantidad de carbonatos del primer horizonte. Los resultados a detalle se muestran en la **Tabla 7**

Tabla 7. Resultados de laboratorio correspondientes al perfil Mas 03

Horizonte	H (%)	Da (g/cm³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	19.76	11.869	Arcilloso	2.77	0.8
B			Arcilloso		1.71
C			Arcilloso Limoso		5.72
Ab			Arcilloso		15.06

La curva acumulativa para este perfil reflejo un comportamiento similar para todos los horizontes en las fracciones correspondientes en las arenas, mas no así en las fracciones correspondientes a limo y arcilla, siendo el tamaño 20 µm el punto de inflexión de esta pues a partir de aquí la curva del horizonte C se empieza a distanciar del resto teniendo como resultado un decrecimiento de las arcillas como se observa en la figura 8. En cuanto a los porcentajes individuales se puede determinar que las fracciones de ~60 y <2 µm presentaron la mayor cantidad de porcentajes destacando el caso del horizonte b que mostro un porcentaje

mayor de partículas retenidas en la fracción <math> < 2 \mu\text{m}</math> la cual corresponde a las arcillas, otro caso a destacar como muestra la **Figura 7** es el del horizonte C el cual muestra un particular aumento de partículas retenidas en la fracción $\sim 10 \mu\text{m}$.

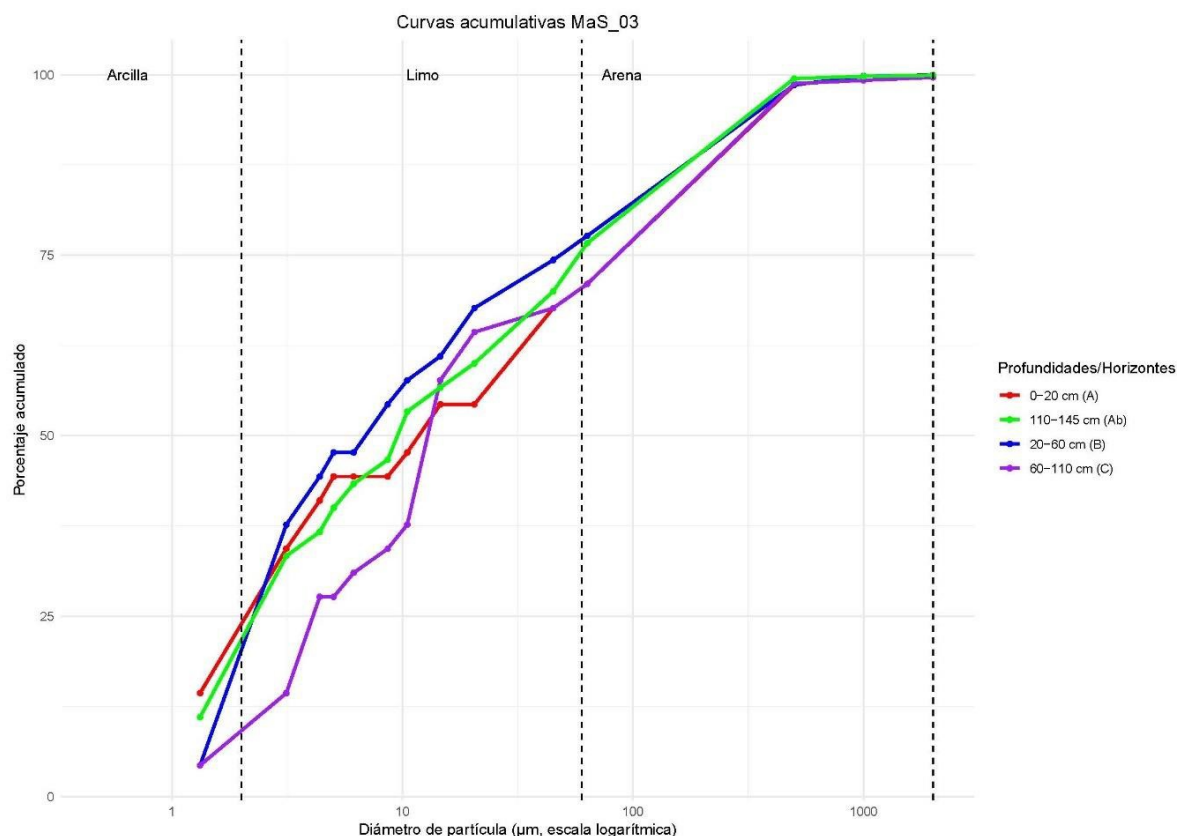


Figura 7. Curva Acumulativa del perfil MaS_03

MaS_04

Este perfil correspondió al más cercano del río en la transecta forestal, su cobertura vegetal era abundante compuesta por árboles de diferentes especies y arbustos tropicales, se registraron 4 horizontes en este punto, donde es de destacar la consistencia en seco de todos los horizontes la cual era bastante dura, consistencia que se mantenía en el estado húmedo, por último, la reacción al HCl permitió suponer una baja cantidad de carbonatos en el perfil. La descripción a detalle se muestra en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Descripción del perfil MaS_04

	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte Ab
Espesor (cm)	25	24	41	40
Estructura	Prismática columnar			
Color en seco	2.5Y 7/1	2.5Y 6/3	2.5Y 6/4	2.5Y 5/3

Color	en	10YR 3/3	2.5Y 4/5	2.5Y 4/4	2.5Y 3/1
Consistencia		Dura	Ligeramente dura	Dura	Muy dura
Consistencia		Friable	Muy firme	Firme	Firme
Consistencia		Ligeramente adherente y muy plástico	Ligeramente adherente y muy plástico	Adherente y plástica	Ligeramente Adherente y muy plástico
Reacción	al	Baja	Media	Media	Baja
Reacción	al	Alta	Alta	Media	Baja

Mediante pruebas de laboratorio se logró determinar que la textura predominante en los horizontes era la arcillosa, a excepción del horizonte B que tuvo una textura franco-arcillosa limosa, en cuanto al contenido de carbonatos los resultados arrojados coinciden con las reacciones hechas en campo pues se encontró un bajo contenido de carbonatos en el perfil, los resultados completos se muestran a continuación en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Resultados de laboratorio correspondientes al perfil MaS 04

Horizonte	H (%)	Da (g/cm³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	19.35	12.866	Arcilloso	2.39	2.01
B			Franco Arcilloso Arenoso		1.51
C			Arcilloso		1
Ab			Arcilloso		1.31

La curva acumulativa mostrada en la **Figura 8** arroja un compartimiento similar en el inicio de la misma para casi todos los horizontes a excepción del C el cual disminuye rápidamente sus porcentajes de arena, posteriormente las curvas se empiezan a diferenciar de tal manera que los horizontes A y Ab son los únicos que siguen una trayectoria más o menos similar; por último en cuanto a porcentajes individuales la fracción más alta es la

aquella que corresponde a $\sim 60 \mu\text{m}$ siguiéndole la fracción correspondiente a la arcilla ($>2 \mu\text{m}$).

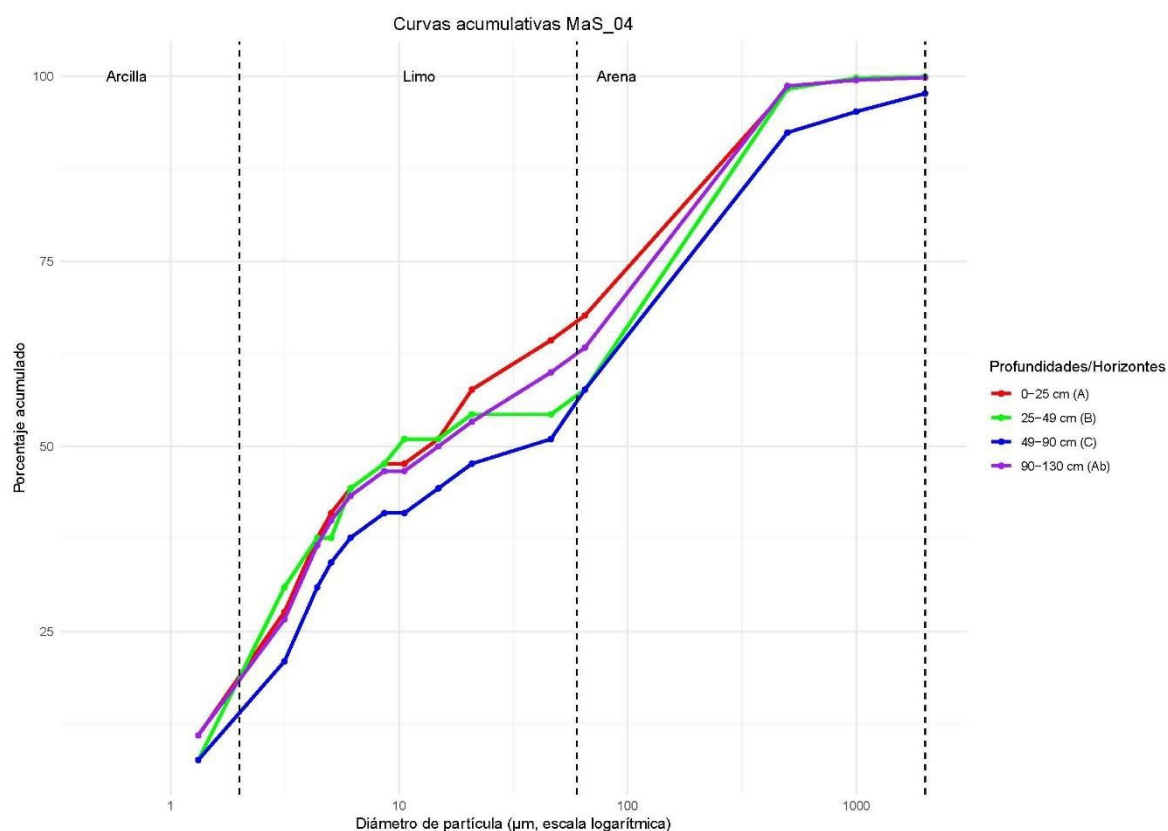


Figura 8. Curva Acumulativa del perfil MaS_04

3.1.2 Transecta de cultivos

MaS_05

Este fue el primer punto de los correspondientes al área de cultivos, en este caso este perfil se ubicó en el área agrostológica del centro de apoyo, en específico sobre un cultivo de pasto Tanzania (*Panicum máximum cv. Tanzania*), durante la extracción se reconocieron cuatro horizontes, en donde se destaca la consistencia la cual resulto bastante firme en todo el perfil, además se presume un bajo contenido de carbonatos distribuidos en el perfil pues se reportaron reacciones bajas al contacto del suelo con el HCl. Las observaciones a detalle están en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Descripción del perfil MaS_05

	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte Ab
Espesor (cm)	32	24	31	45

Estructura	Subangular de tamaño medio			
Color en seco	10YR 6/2	5Y 6/6	5Y 6/6	2.5Y 8/1
Color en húmedo	2.5Y 3/2	2.5Y 4/4	2.5 4/2	10YR 3/4
Consistencia en seco	Duro	Muy duro	Muy duro	Muy duro
Consistencia en húmedo	Muy Friable	Firme	Muy firme	Muy firme
Consistencia en estado sobresaturado	Ligeramente adherente y ligeramente plástico	Ligeramente Adherente y no plástico	Ligeramente Adherente y ligeramente plástica	Ligeramente Adherente y ligeramente plástico
Reacción al HCl	Nula	Baja	Baja	Media
Reacción al H₂O₂	Alta	Media	Media	Baja

Mediante los análisis de laboratorio se determinó que todos los horizontes pertenecían a la fracción franca, así mismo el Kfs del perfil resultó ser el segundo más alto de todos los puntos estudiados, por último los valores de CCE (carbonatos de calcio equivalentes) estuvieron acorde a las reacciones observadas en campo, los resultados con más detalle son plasmados en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Resultados de pruebas de laboratorio de muestras del perfil MaS_05

Horizonte	H (%)	Da (g/cm³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	51.58	16.299	Franco Arcilloso	2.46	0.9
B			Franco		0.9
C			Franco Arcilloso		0.7

La curva acumulativa de este perfil mostrada en la **Figura 9** se observa un comportamiento bastante particular en donde destaca el horizonte Ab el cual es el que mayor porcentaje de arena y limo, comportamiento que conserva hasta tener una abrupta caída en las fracciones más finas, de manera similar se muestra el horizonte A con la diferencia que su curva sigue más una forma lineal sin descender de manera abrupta en las fracciones finas como el horizonte Ab. El particular comportamiento del horizonte Ab se ve explicado porque la mayoría de las partículas de este horizonte se ven retenidas en la fracción $\sim 3 \mu\text{m}$ en cambio las partículas retenidas en la fracción $< 2 \mu\text{m}$ es muchísimo menor.

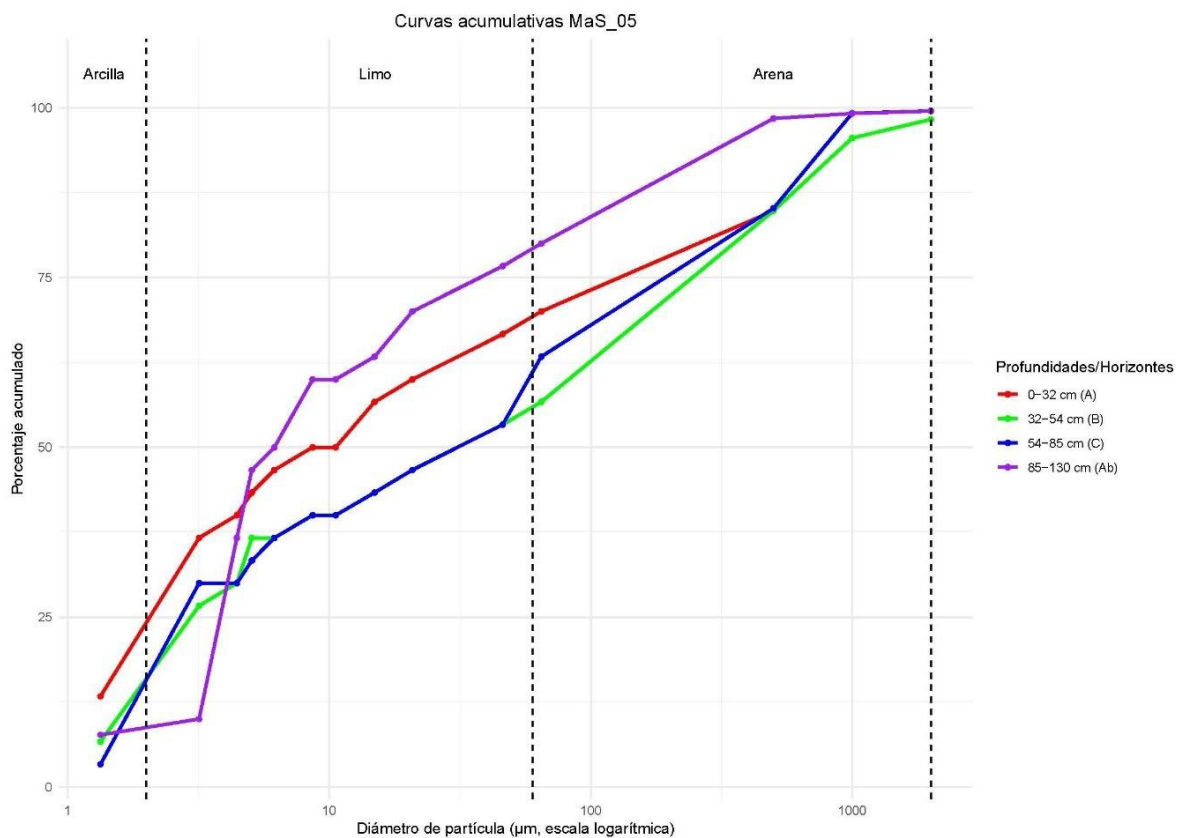


Figura 9. Curva Acumulativa del perfil MaS_05

MaS_06

Este punto se ubicó sobre un cultivo de limón (*Citrus limon*), específicamente la extracción se la hizo en el espacio entre hileras, durante la excavación se encontraron 4 horizontes, en los cuales destaca la consistencia en seco la cual era ligeramente dura hasta el

segundo horizonte, luego los dos horizontes siguientes tuvieron una consistencia suelta, hecho que pudiese estar sujeto a la propia naturaleza de los horizontes C los cuales carecen de una estructura definida. La presencia de carbonatos se mantuvo baja en casi todos los horizontes a excepción del último en el cual se observa una reacción fuerte al contacto con el HCl, por último, la materia orgánica se mantuvo estable entre valores medios a altos en todo el perfil. La descripción a detalle se muestra en la **Tabla 12**

Tabla 12. Descripción del perfil MaS_06

	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte Ab
Espesor (cm)	27	31	32	46
Estructura	Subangular de tamaño medio			
Color en seco	10YR 7/2	2.5Y 6/1	2.5Y 7/3	10YR 5/2
Color en húmedo	10YR 2/1	2.5Y 3/3	10YR 3/4	2.5Y 3/3
Consistencia en seco	Ligeramente Duro	Ligeramente Duro	Suave	Suave
Consistencia en húmedo	Friable	Friable	Friable	Muy Friable
Consistencia en estado sobresaturado	Muy adherente y ligeramente plástico	Adherente y plástico	Ligeramente Adherente y muy plástico	Ligeramente Adherente y muy plástico
Reacción al HCl	Baja	Baja	Nula	Alta
Reacción al H₂O₂	Alta	Media	Media	Alta

Al igual que el primer punto este punto resulto ser de una textura arcillosa en todos sus horizontes, otro dato a tomar en cuenta es la conductividad hidráulica del perfil, pues es la más alta de todos los puntos tomados, un valor que es de importancia sabiendo que el sistema de riego de ese cultivo en específico es por inundación tal y como se observa en la **Tabla 13**. Por último, tal y como adelantaron las reacciones en campo, el CCE resulto estar muy poco presente a excepción del último perfil en donde se ve un aumento sustancial del mismo.

Tabla 13. Resultados de laboratorio del perfil MaS_06

Horizonte	H (%)	Da (g/cm ³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	21.34	14.062	Arcilloso	2.67	1.49
B			Arcilloso		0.9
C			Arcilloso		0.7
Ab			Arcilloso		12.05

La curva acumulativa de este perfil (**Fig. 10**) mostro una acumulación de las partículas en la fracción limo, especialmente el horizonte A que fue las más partículas retuvo en esta fracción, situación opuesta a la observada con el horizonte C el cual incluso reporto una reducción sustancial de partículas entre las fracciones ~ 4 y ~ 3 μm .

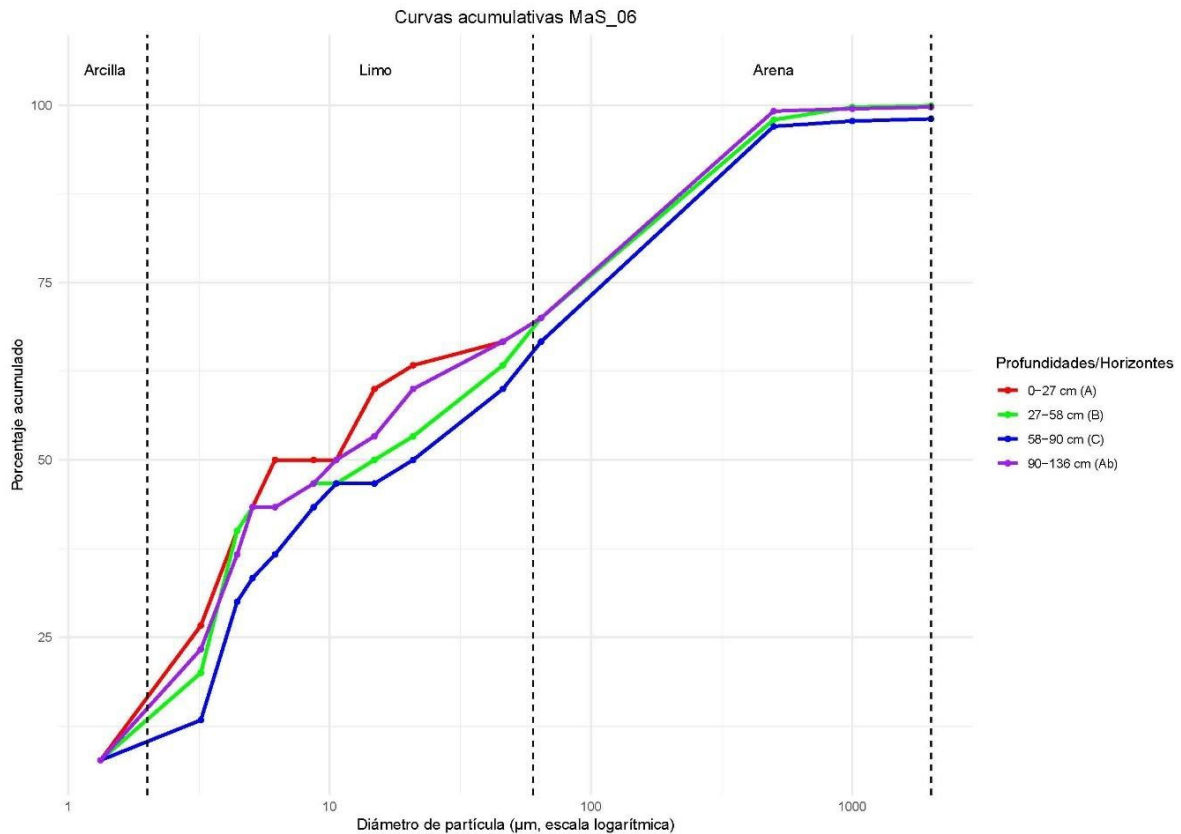


Figura 10. Curva Acumulativa del perfil MaS_06

MaS_07

Este perfil correspondió al último punto de la transecta de cultivos, este perfil se encontró en medio de un cultivo de yuca (*Manihot esculenta*) el mismo que se encontró encima de una pequeña cuesta pues el terreno era medianamente ondulado, por último, este perfil fue el más cercano al río de esta transecta. Durante la excavación se encontraron cinco

horizontes de los cuales el segundo parecía indicar que se trata de un horizonte eluvial por la cantidad de arenas encontradas en el mismo.

De igual manera que en el perfil MaS_06 la consistencia en seco parecería tener dos niveles donde los tres primeros horizontes presentan una consistencia dura a muy dura, mientras que los dos últimos presentan una consistencia suave. Las reacciones observadas en el perfil parecerían indicar una cantidad alta de carbonatos en el mismo, aunque con la particularidad de que estos no se encontrarían en el horizonte B, por otra parte, la materia orgánica parecería no tener cambios a lo largo del perfil a excepción del horizonte eluvial en donde no hubo reacción alguna al H₂O₂. Las descripciones de color, estructura y otros valores se encuentran en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Descripción del perfil MaS_07

	Horizonte	Horizonte	Horizonte	Horizonte	Horizonte
	A	E	B	C	Ab
Espesor (cm)	25	15	15	15	30
Estructura	Prismática columnar				
Color en seco	10YR 5/2	10YR 4/3	2.5Y 7/2	2.5Y 6/2	5Y 7/1
Color en húmedo	10YR 3/2	10YR 3/3	2.5Y 4/4	10YR 3/4	2.5Y 3/3
Consistencia en seco	Dura	Muy dura	Dura	Suave	Suave
Consistencia en húmedo	Firme	Friable	Muy Friable	Dura	Firme
Consistencia en estado sobresaturado	Ligerament e Adherente y muy plástico	Ligerament e Adherente y muy plástico	Ligerament e Adherente y muy plástica	Ligerament e adherente y muy plástica	Ligerament e Adherente y muy plástica
Reacción al HCl	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta
Reacción al H₂O₂	Alta	Nula	Alta	Media	Alta

En cuanto a los resultados de las pruebas de laboratorio el primer resultado que resulta particular son los valores de CCE pues estos son considerablemente mayores al resto

de los perfiles especialmente el primer horizonte con un valor de 65.58 g/kg, otro dato que se lleva la atención es el de Ksf pues con 1.65 cm/h este perfil obtuvo el valor más bajo de Ksf dentro de los puntos de cultivos y en general fue el segundo más bajo de todos. Los demás resultados a detalle se encuentran en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Resultados de los análisis del perfil MaS_07

Horizonte	H (%)	Da (g/cm ³)	Textura	Kfs (cm/h)	CCE (g/kg)
A	15	16.990	Franco Arcilloso	1.65	65.58
E			Franco Arcilloso- Arenoso		32.74
B			Franco Arcilloso		28.12
C			Franco Arcilloso- Arenoso		11.25
Ab			Franco Arcilloso		14.46

En cuanto a la curva acumulativa, la **Figura 11** muestra prácticamente dos comportamientos principalmente, el primero de ellos compartido por los horizontes C y Ab en donde la curva sigue una tendencia lineal sin más novedades, a diferencia de las curvas para los horizontes A y E los cuales sufren un abrupto cambio entre el porcentaje de arenas gruesas a arenas medias, a partir de aquí la curva decrece lentamente hasta empezar a caer en picada a partir de los limos finos. Se detalla también que las fracciones de 500 μm , $\sim 65 \mu\text{m}$ y $< 2 \mu\text{m}$ son en donde se retiene el mayor porcentaje de partículas, la fracción 500 μm cobra relevancia al observarse que tanto los horizontes A y E retienen la mayoría de sus partículas en esta fracción mientras que en la fracción siguiente retienen hasta menos de la mitad de las partículas retenidas en la fracción 500 μm de manera que se comprende el porqué de la abrupta caída mostrada en la curva acumulativa.

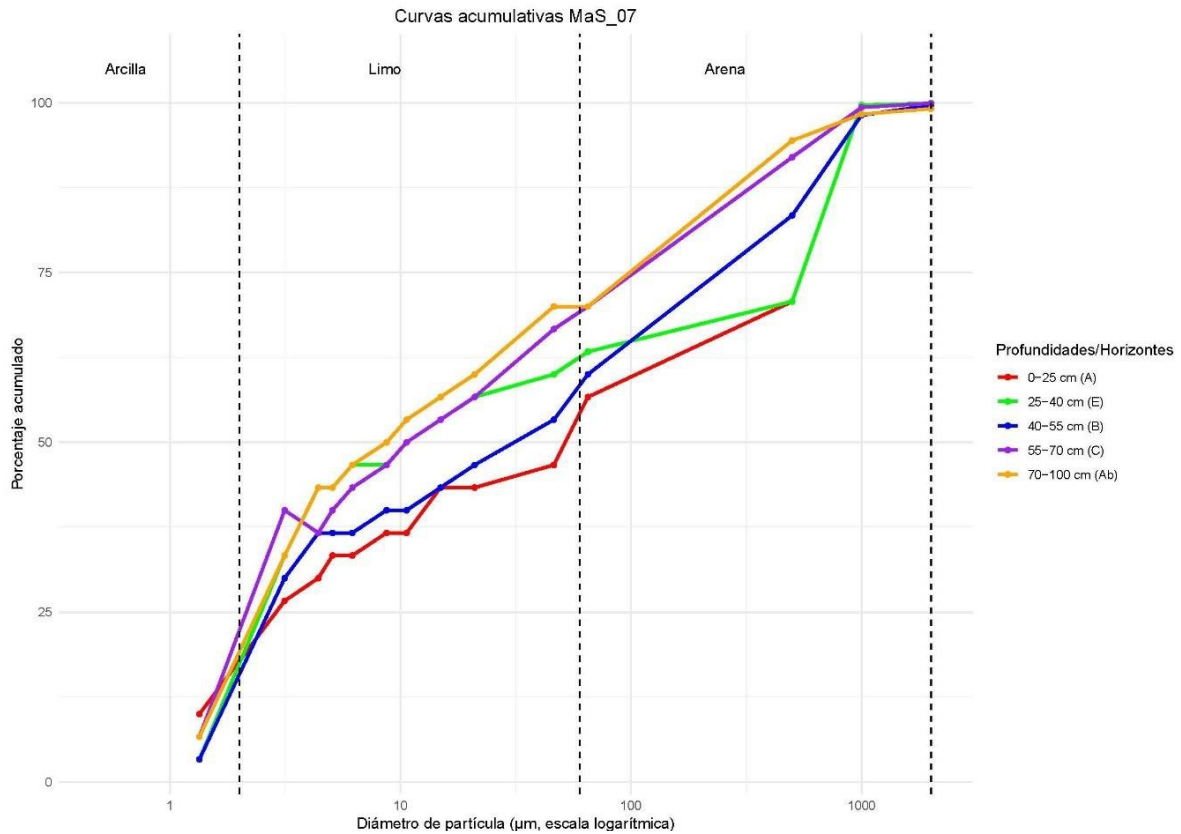


Figura 11. Curva acumulativa del perfil MaS_07

3.2 Dinámica Sedimentológica

La descripción morfológica de los perfiles así como sus curvas de distribución de partículas (CDP) confirman la existencia de un horizonte enterrado, este horizonte se encontró entre 90 a 110 cm de profundidad y tenía entre 30 a 50 cm de espesor, estas profundidades y espesores cumplían con las descritas por Ortiz & Gutiérrez-Castorena (2014) para la identificación de un suelo enterrado, adicionalmente parámetros como una textura arcillosa, un color oscuro y una reacción media a alta al contacto con H_2O_2 , hecho que supone un elevado contenido de materia orgánica, demostraron una marcada discontinuidad litológica lo que permite reafirmar la clasificación de este horizonte como un Ab pues sus características son similares al horizonte A superficial.

En cuanto a la CDP este mostro un comportamiento bastante similar entre el horizonte A y el Ab como se observa en las **Figura 12** y **Figura 13**, esta similitud permitiría confirmar el estado del cuarto horizonte como un Ab, de todas maneras, habría que mencionar el hecho que, si bien los comportamientos son similares, existen pequeñas diferencias que podrían llegar a sugerir ligeras diferencias en los procesos de formación de estos suelos.

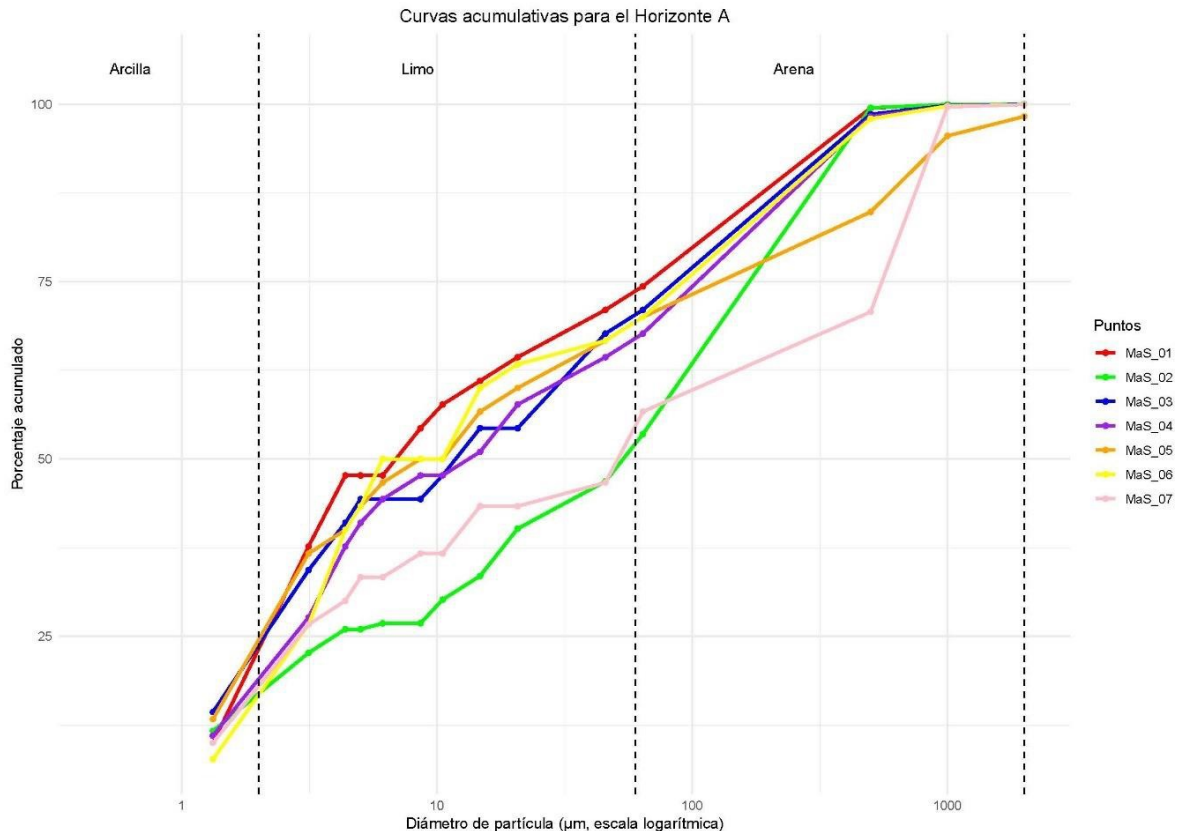


Figura 13. Curvas Acumulativas del horizonte A

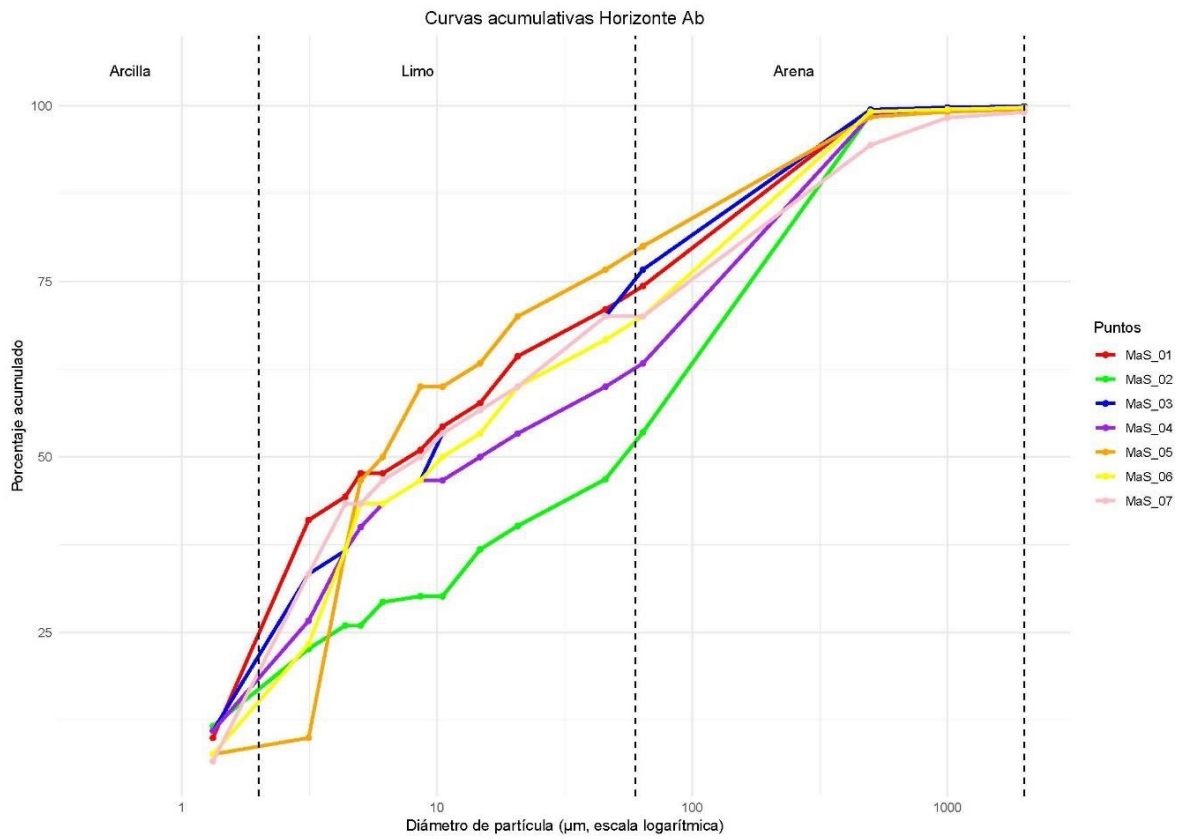


Figura 12. Curvas acumulativas de los horizontes Ab

La acumulación de CCE en el horizonte Ab se debería a las características secas del sitio pues como mencionan Ovalle *et al.* (2023) los climas con una precipitación anual menor a 750 mm son propicios para acumulación de carbonatos pues debido a que por la baja cantidad de precipitaciones, estas no son capaces de diluir completamente el CaCO_3 sino que solo lo movilizan hasta cierta profundidad en donde que por acción de la propia temperatura el agua se evapora y los carbonatos se acumulan, esta acumulación menciona que se da por debajo del metro de profundidad, hecho que coincide con los valores encontrados en este estudio en donde si bien se encontraron carbonatos entre 40-50 a 90-100 cm de profundidad, la mayor concentración de carbonatos efectivamente se encontró por debajo de los 100 cm.

La matriz de correlación de datos de Spearman arrojó entre otras relaciones, una relación de -0.9189562 entre la Conductividad Hidráulica no Saturada (Kfs) y la CCE, es decir que existe una relación inversamente proporcional entre estas dos variables de manera que si la Kfs aumenta disminuye el contenido de CCE, este hallazgo es también reportado por Konstantinou & Wang (2023) quienes mencionan que la Kfs puede llegar a verse disminuida a medida que la CCE aumenta mucho más si se está dando un proceso de cementación de carbonatos.

Otra de las correlaciones reportadas fueron el porcentaje de arenas (A) y arcillas (Ar) con la densidad aparente (Da), en el que caso de la relación A/Da esta fue de -0.8546 de manera que indicaría que la densidad aparente aumenta a medida que los porcentajes de arenas se reducen, caso contrario al de la relación Ar/Da en donde se reporta un valor de 0.9258 que supone una relación directamente proporcional entre ambas variables, estas relaciones tienen sus origen en la porosidad del suelo, pues la densidad aumenta a medida que los poros del suelo disminuyen y caso de las arenas estas debido a su tamaño provocan un amplio espaciamiento entre las partículas del suelo reduciendo así el peso del suelo y por ende su densidad, este argumento es tomado por Hossne (2008) quien establece una relación inversamente proporcional entre la porosidad del suelo y la densidad aparente. Por otra parte, Salamanca & Sadeghian K. (2006), reportaron el mismo sentido de correlación en su estudio, confirmando la relación que tienen estas fracciones con la densidad aparente del suelo.

En cuanto de fracciones se trata, se observó una notable predominancia de las fracciones finas (limo y arcilla), con medias de hasta 51% de arcilla en algunos puntos, en la **Figura 14** y **Figura 15** se observa la distribución de estas fracciones en todos los puntos,

en el caso de las arcillas estas predominan en casi todos los perfiles a excepción de los perfiles MaS_02, MaS_05 y MaS_07, en contraposición estos valores son cubiertos por la fracción arena y limo en el perfil MaS_02 y solo por la fracción arena en los puntos MaS_05 y MaS_07. Este comportamiento se ve asociado a la propia naturaleza de las cuencas pues Wang *et al.* (2022) expone que: “...a medida que aumenta la distancia de transporte, el diámetro promedio de las partículas disminuye y el grado de clasificación mejora.” Hecho que sucede en el sitio pues el centro de apoyo Manglaralto se encuentra en la cuenca baja del Rio Manglaralto a aproximadamente 12 km del origen del rio.

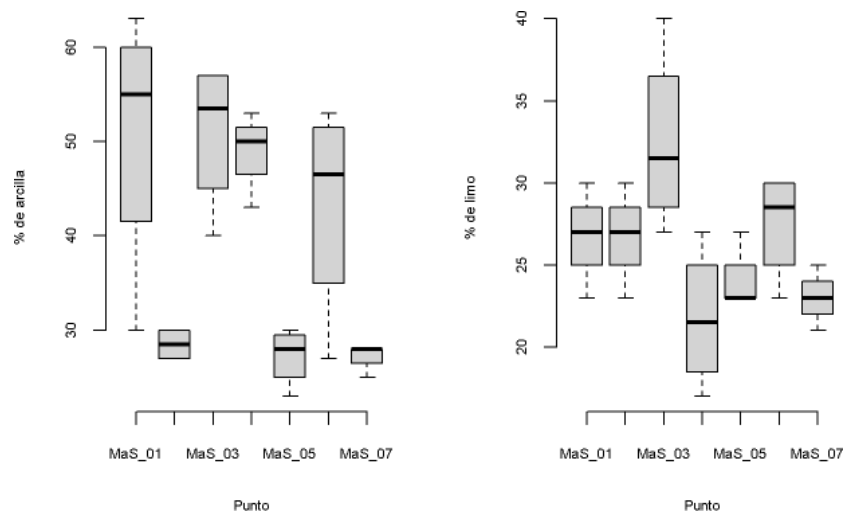


Figura 14. Distribución de los limos y arcillas en los perfiles

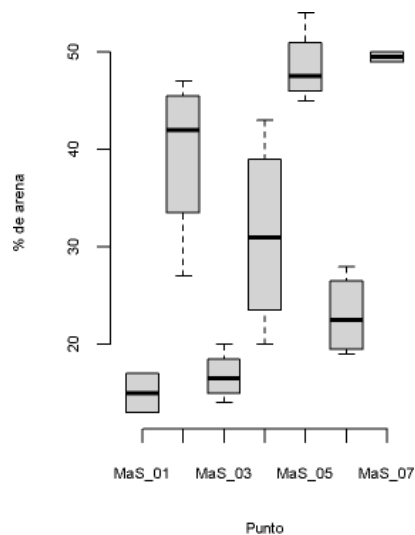


Figura 15. Distribución de las arenas en los perfiles

La naturaleza del suelo actual se puede cumplir con las CDP expuestas por González & Millán (2016) en su estudio graficaron distintas curvas para distintas zonas de la cuenca del río Portuguesa, de manera que las curvas obtenidas en su estudio se asemejan a las expuestas en este trabajo, aunque las curvas de los horizontes enterrados ligeramente tienen similitud con las graficadas para llanuras aluviales, lo que se podría interpretar a que si bien tienen el mismo origen, uno aluvial, el proceso de formación pudo haber sido distinto.

El material de origen de los sedimentos de la cuenca se encuentra en la cordillera Chongón-Colonche, la cual está compuesta por las formaciones: Cayo (compuesta por lutitas arcillosas, tobáceas y lutitas silicificadas), Javita (compuesta por calcarenitas), Ancón (compuesto por areniscas grauvaquicas), Tosagua (compuesta por lutitas) y sedimento aluvial datado del holoceno (Amado, 1990).

Cabe añadir la presencia de gravas redondeadas en el horizonte A en todos los perfiles, lo que es explicado por Toledo *et al.* (2020) quienes indican que estas gravas son naturales de las cuencas bajas de los ríos debido a la erosión que provoca el mismo, de manera que se reafirmaría origen fluvial de los sedimentos. Por último, la presencia de un fragmento de cerámica en el horizonte Ab del punto MaS_02 indica que en un momento histórico anterior constituía un horizonte superficial donde se desarrollaban las actividades de las culturas precolombinas de la península.

Este fragmento podría pertenecer a la cultura Las Vegas quienes Stothert (1988) relata que habitaron la península a principios del holoceno, sin embargo debido a lo controvertido de esta afirmación, este estudio se limita al reporte de este hallazgo.

3.3 Degradación de suelos

La agrupación de los puntos tomados por uso de tierra permitió diferenciar las variables por uso y en qué caso de haber diferencias diagnosticar posibles procesos de degradación tomando en cuenta al uso Forestal como sitio de comparación. Es así como una de las primeras variables en aparecer es el porcentaje de arenas y arcillas en ambos usos, porcentajes en los cuales se observó una notable diferencia entre los usos.

La arcilla vio una diferencia significativa (0.0308) y sustancial entre usos, para cultivos la media de arcilla ronda el 26% mientras que en el bosque la media casi que duplica este valor ubicándose en un 42% y teniendo máximos de hasta 57% de contenido de arcilla, en la **Figura 16** se aprecia de mejor manera estos valores, además se observa el amplio rango

de porcentaje que ocupa la arcilla en el bosque a diferencia de en el cultivo que ocupa un rango significativamente menor.

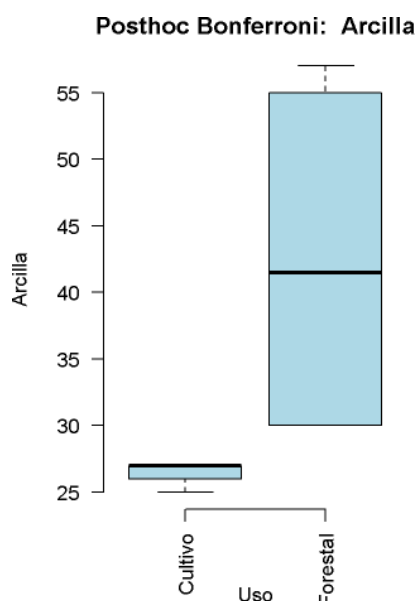


Figura 16. Boxplot de la distribución de arcilla entre usos

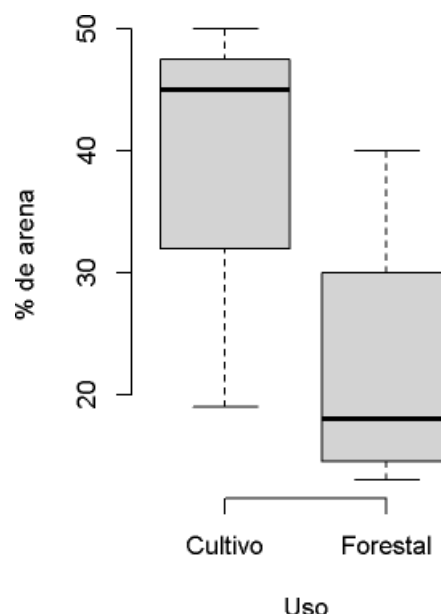


Figura 17. Boxplot de la distribución de arenas entre usos

Las arenas en cambio sufren una situación inversa pues es en los cultivos en donde se registra un mayor contenido de arenas teniendo una media de 38% en comparación al 22% obtenido en el uso forestal, en la **Figura 17** pese a esta notable diferencia matemática, no es lo suficientemente significativa estadísticamente.

La diferencia entre los porcentajes de arenas y arcilla podría llegar a indicar un proceso de degradación, posiblemente de erosión hídrica, esta hipótesis surge a partir de esta diferencia en donde el rango de porcentajes de arenas esta entre 13 a 20%, exceptuando al perfil MaS_02 el cual registro un porcentaje de 40, situación que será analizada más adelante; en cambio en los puntos de cultivos el rango de arena en el horizonte superficial oscila entre un 40 a un 62%.

Esta situación tiene su origen en la translocación de las arcillas las cuales se ven altamente representadas en el uso forestal, mas no en el uso de cultivos, y es que como menciona Ibañez & Moreno (2019) este proceso consiste en la iluviación de las partículas finas del suelo (arcillas y limos) hacia horizontes inferiores, este movimiento se da mayormente a la acción del agua quien en su proceso de infiltración se va llevando a su paso las partículas finas. Este proceso naturalmente sucede más en zonas húmedas con precipitaciones constantes, pero en el caso de Manglaralto el cual es un sitio de clima seco, la traslocación podría responder a un proceso de erosión hídrica pues como mencionan

Pizarro *et al.* (2023), la cobertura vegetal juega un rol importante en la protección del suelo pues no permite que las gotas de su lluvia impacten sobre el suelo erosionándolo en el proceso, pero en los puntos muestreados esta cobertura no existía.

De manera específica en el punto MaS_05 la cobertura era pobre y no cubría todo el lugar, además estas áreas se caracterizan por ser cortadas periódicamente para la alimentación del ganado, hecho que deja al suelo desprovisto de cobertura al menos durante el tiempo que el pasto tarda en cubrir de nuevo el suelo esto aunado al sistema de riego de esta zona que es mediante aspersión el cual de manera periódica no tan solo golpea al suelo con las gotas producidas por el aspersor sino que también provoca zonas de encharcamiento en donde se propicia la iluviación de las arcillas. De manera similar el punto MaS_07 el cual se asentaba sobre un cultivo de yuca registro valores altos de arena, esto se debería a la naturaleza del cultivo pues como declara el (IPC, 2010), este cultivo tarda hasta tres meses en cerrar su copa, es decir durante esos tres meses el suelo se desprovisto de vegetación quedando a la merced de las condiciones hídricas del lugar. Los casos particulares de los puntos MaS_02 y MaS_06, se debe a las condiciones de estos pues el primer perfil se encontraba en un claro dentro del bosque desprovisto de vegetación alguna, mientras que el segundo se encontraba en un cultivo de limón el cual le brindaba la protección necesaria al

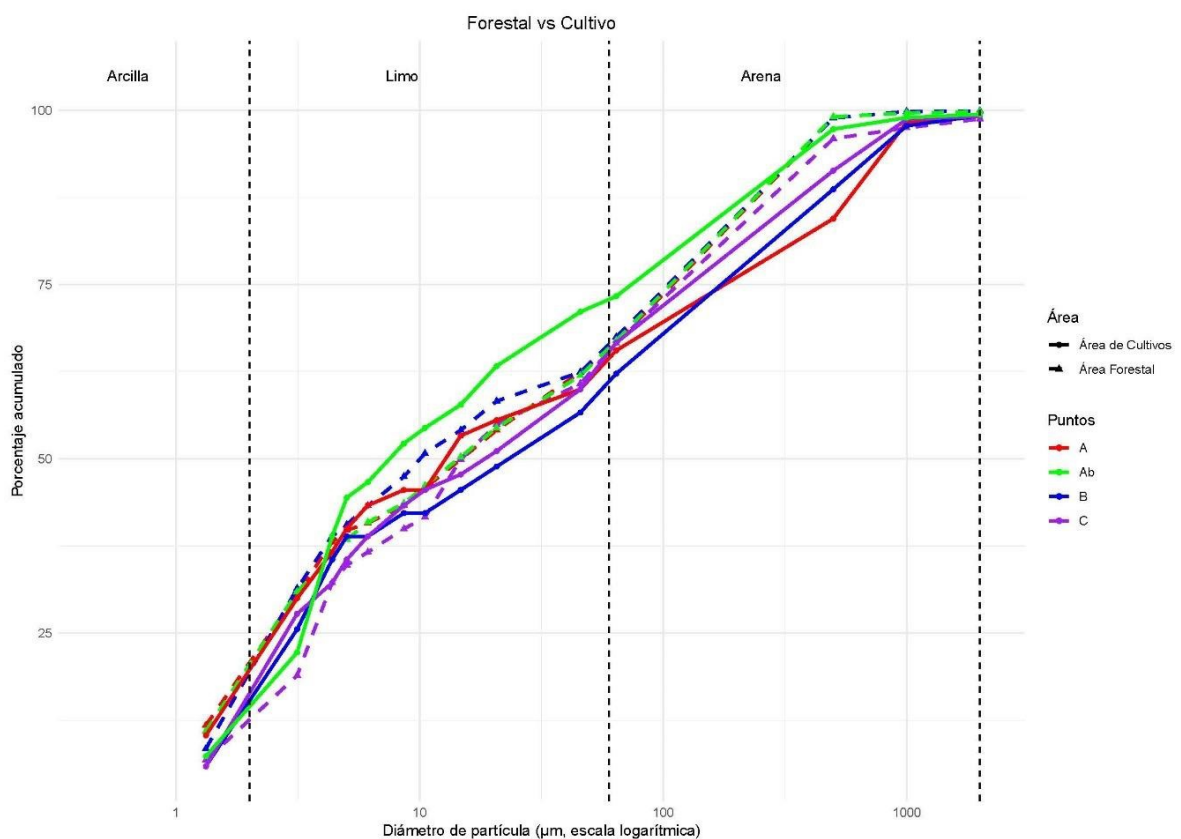


Figura 18. Curvas acumulativas entre Usos de tierra

suelo, en base a estos casos se determinaría la marcada sensibilidad que tendrían estos suelos a la erosión hídrica tomando al punto Mas_02 como prueba de ello.

Cerrando el análisis de las fracciones arcilla y arena, la CDTP muestra efectivamente una marcada diferencia entre el horizonte A de cultivos y el horizonte A de forestal, la curva mostrada en la **Figura 18**, proyecta que el uso forestal retuvo menos partículas en la fracción arena que el uso forestal, además observando los valores de arcilla de cada uno de los horizontes de los perfiles del uso de cultivos se visualiza un ligero aumento de la fracción arcilla a medida que se va profundizando en el perfil.

La conductividad hidráulica reportada no muestra diferencias significativas como se observan en la **Figura 19**, pese a ello cabe mencionar que si bien el uso forestal abarca un rango mayor al uso de cultivo, este último tiene valores más altos, valores que van de la mano con el porcentaje de arenas pues a mayor espacio entre poros mayor infiltración, cuestión totalmente contraria en caso de erosiones laminares que Wang *et al.* (2022) indica que suceden en ambientes de deforestación en donde aumenta la densidad del suelo y disminuye la infiltración de manera que la erosión aumenta también; descartando totalmente un proceso de compactación en el área de cultivos del centro de apoyo Manglaralto.

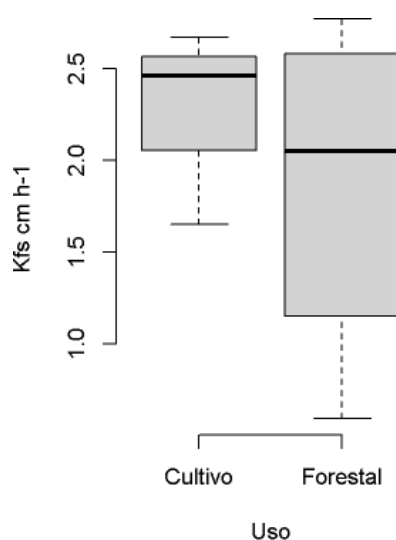


Figura 19: Boxplot de la distribución de la Kfs entre usos

Finalmente, el contenido de carbonatos si bien no mostro una diferencia estadística significativa entre usos tal y como se observa en la **Figura 20**, los valores obtenidos en el laboratorio y considerando solo el horizonte superficial se observó un mayor contenido de carbonatos en bosque, datos que coinciden con los encontrados por Rojas *et al.* (2022) en

comparación a los cultivos, a excepción del punto 07 en donde la concentración de carbonatos en el primer horizonte fueron marcadamente superiores.

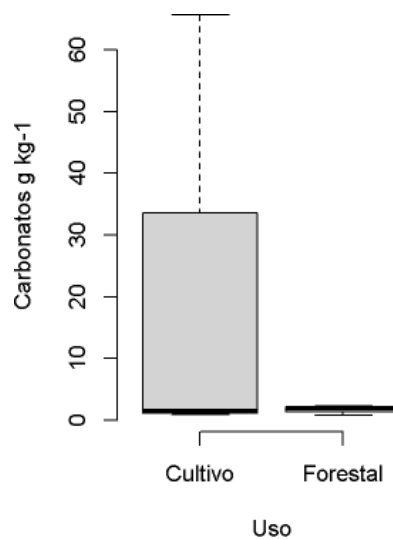


Figura 20. Boxplot de la distribución de la CCE entre usos

3.3.1 Recomendaciones agrícolas

Ante la existencia de un posible proceso erosivo se recomienda de manera general mejorar la cobertura del suelo evitando que este reciba directamente las gotas de agua producto de la lluvia o del riego por aspersión, ahora de manera específica al encontrarse dos casos con dos sistemas agrícolas distintos se procederá a hacer las recomendaciones según el sistema.

Estación agrostológica

La estación agrostológica del centro de apoyo está compuesta por diversos pastos de corte tanto rastreros como el pasto estrella (*Cynodon nlenfuensis*) y maní forrajero (*Arachis pintoii*), poáceas como *Panicum máximum* y *Pennisetum purpureum*, y especies forrajeras como *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. Ante esta situación y conociendo que los pastos no cubren la totalidad del área y que en el caso como por ejemplo de las gramíneas que tienen un periodo de corte de 60 días, existe una predisposición a la erosión hídrica por la falta de cobertura del suelo.

Por ello se recomienda primero procurar cubrir la mayor parte del área con pastos, así mismo al momento del corte hacerlo siguiendo un plan de corte y como indica López *et al.* (2013) el corte debe dejar mínimo un 30% de cobertura para evitar el efecto de las gotas de agua sobre el suelo, especialmente en los meses de enero hasta Abril donde se registran

la mayores precipitaciones en la localidad. Además, se debe trabajar en transformar la estación a largo plazo en una estación silvopastoril en donde se integren correctamente especies leñosas con especies gramíneas y rastreras, pues Reyna (2021) indica que este tipo de sistema puede reducir en un 90% la erosión en comparación a sistema convencional. Por último, este sistema es compatible con el sitio pues las especies cultivadas en la estación son indicadas por Grijalva & Ramos (2011) en su recomendación de especies para usarlas dentro de un sistema silvopastoril.

Cultivo de Yuca

En el área de siembra de la yuca (*Manihot esculenta*) se encontró la situación más particular de todas, con altos valores de arenas, el valor más bajo de infiltración y altas concentraciones de carbonatos, en base a estos resultados se recomienda para esta área desistir de la labranza convencional y empezar un proceso de transición hacia la labranza cero como lo sugiere Bolaños *et al.* (2024) sumado a la incorporación de abonos verdes para lograr un correcto manejo agroambiental del cultivo, Meza (2014) añade también la necesidad de asociar este cultivo con gramíneas y leguminosas para lograr una cobertura efectiva del suelo, en este caso en específico se podrían usar variedades de frijol debido a que su ciclo vegetativo tarda 40 días de manera que se cubra el suelo parcialmente hasta que los árboles de yuca lleguen a cerrar su copa.

Por otra parte, la alta concentración de carbonatos obliga a usar obligatoriamente fuentes ácidas para la fertilización de los suelos tal y como lo sugiere Castellanos (2010), ya que, por la alcalinización de los suelos debido a esta acumulación de carbonatos, la incorporación de fuentes alcalinas no provocaría más que una mayor alcalización del suelo convirtiendo con el paso del tiempo en su suelo no usable. Además, la fertilización debe ir enfocada en la incorporación de Fe, Zn, Mn y Cu ya que estos nutrientes tienden a inmovilizarse en medios alcalinos además de P el cual tiende a fijarse en presencia de valores de pH altos.

Bosque

Por último, debido a la presumible sensibilidad del bosque este no debe ser tomado en cuenta para futuros proyectos agrícolas pues su deforestación provocaría una erosión vertical en su matriz de suelo teniendo un resultado final similar a los observados en los puntos MaS_05 y 07.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se evaluó la distribución de partículas de suelos en dos transectas con textura Franco Arcillosa a Franca donde se obtienen texturas arcillosas, franco arcillosas, franco arcillosas arenosas y arcillosa limosa para la transecta forestal; y texturas Franco arcillosas, francas y franco arcilloso arenosas para la transecta de cultivos.

La distribución de partículas refleja la dinámica sedimentológica, pues a partir de la análisis de los datos de las Curvas de Distribución de Tamaño de Partículas apoyados por datos de densidad, Carbonatos de Calcio Equivalente, y observaciones morfológicas como color y reacciones en los horizontes, se logró determinar las características de la dinámica aluvial de los suelos del tercer tercio de la subcuenca Manglaralto, donde se observó una predominancia de la fracción arcillosa en el área forestal debido a naturaleza aluvial de estos suelos, además se reconoce la existencia de un posible proceso erosivo debido al dominio de la fracción arenosa en el área de cultivos.

Se plasmaron recomendaciones de manejo sobre la base de la distribución de partículas para los cultivos del centro de apoyo dada la constatación de procesos de erosión hídrica que comprometen la producción del sitio.

Recomendaciones

- Se recomienda aplicar estudios mineralógicos a las muestras obtenidas en este trabajo, para determinar el origen exacto de los sedimentos, así como replicar el estudio en la cuenca media y alta del río con el fin de obtener una visión más amplia de la sedimentología de la subcuenca Manglaralto.
- Debido al posible proceso erosivo encontrado en los suelos del centro de apoyo se recomienda crear un plan de transición con el fin de convertir la estación agrostológica en una estación silvopastoril, así como la adopción de prácticas de labranza cero y asociación con leguminosas en el cultivo de yuca, todo esto con el fin de frenar el avance del proceso erosivo; por último se insta a desistir de cualquier proyecto que involucre la deforestación del área forestal del centro de apoyo pues los suelos del mismo mostraron una notable sensibilidad a la erosión hídrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D.R., Luján, D.L. and Trujillo, A.T. (2021) 'Granulometría del suelo en zonas de pendiente. Comparación de métodos de determinación', *Acta Agronómica*, 70(4). Available at: <https://search.proquest.com/openview/6fd828704584719a733679110e6134ec/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035751> (Accessed: 30 November 2023).
- Aguilar, F.L. (2021) 'Los episodios climáticos y las reorganizaciones culturales. Una mirada al Holoceno', *Cuicuilco. Revista de Ciencias Antropológicas*, 28(80). Available at: <https://www.redalyc.org/journal/5295/529569255005/html/> (Accessed: 30 October 2024).
- Aguilera López, R., Brea Bahamonde, S. and Villarroya Bugella, L.I. (2023) *Biología y geología 4° ESO. Ámbito científico-tecnológico*. Macmillan Iberia, S.A. Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/267737> (Accessed: 12 August 2024).
- Alcívar Montesdeoca, A.L. (2020) 'Métodos para determinar granulometría de los suelos.' Available at: <https://scholar.archive.org/work/wejgrmnkcjd7bbc7fackejvvpj/access/wayback/http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/pfigshare-u-files/24436778/AlcivarMontesdeocaArellyArticuloCientifico.Mtodosparadeterminargranulometradelossuelos.pdf> (Accessed: 13 August 2024).
- Amado Garzaro, J.C. (1990) *Estudio hidrogeológico de la cuenca baja del río Manglaralto provincia del guayas longitud oeste 80° 45' 00" latitud sur 01° 51' 00" longitud oeste 80° 36' 00" latitud sur 01 ° 47' 00*. bachelorThesis. ESPOL. FICT. Available at: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3419> (Accessed: 15 September 2024).
- Anderson, Y. and Castro, C. (2016) *GESTÃO AMBIENTAL, uma diversificada ferramenta na consolidação de paradigma ecológico inovador*.
- Andrades Rodríguez, M.S., Moliner Aramendia, A. and Masaguer, A. (2015) *Prácticas de edafología: métodos didácticos para análisis de suelos*. Universidad de La Rioja. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=580696> (Accessed: 23 November 2023).
- Ayala, L. (2023) 'Litología y granulometría de los depósitos sedimentarios', *Explorock*, 23 February. Available at: <https://www.explorock.com/litologia-y-granulometria-de-los-depositos-sedimentarios/> (Accessed: 12 August 2024).
- Badía Villas, D. and Fillat Estaqué, F. (2008) 'Descripción del marco físico: Geología, clima y suelos', in *Pastos del Pirineo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=353503> (Accessed: 27 October 2024).
- Bolaños Benavides, M.M. et al. (2024) *Yuca (Manihot esculenta Crantz) : manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia. Available at: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86774> (Accessed: 8 November 2024).
- Burgos Torres, C.A. (2017) *Diseño de Modelo Estratigráfico de las Formaciones Cuaternarias del Sector Septentrional de la Cuenca Baja del Guayas*. bachelorThesis. ESPOL. FICT. Available at:

- <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/38907> (Accessed: 23 August 2024).
- Castellanos, J.Z. (2010) 'Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua', *Sitio: intagri@intagri.com.mx o www.intagri.com.mx*, pp. 8–10.
- Catuto Quinde, M.M. (2020) *Modelación hidrológica del río Manglaralto para la generación de mapas de inundación de la parroquia Manglaralto provincia de Santa Elena*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5265> (Accessed: 9 November 2024).
- Christofoletti, S.R. and Moreno, M.M.T. (2017) 'Granulometria por difração a laser e sua relação com a faciologia das rochas argilosas da Formação Corumbataí-SP', *Cerâmica*, 63, pp. 303–310. Available at: <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633672096>.
- Cobeña, H. *et al.* (2022) 'Caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, Manabí – Ecuador', *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 16(2). Available at: <https://doi.org/10.53591/cna.v16i2.1863>.
- Comtois, D. (2022) *summarytools: Tools to Quickly and Neatly Summarize Data*. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=summarytools>.
- Corrêa, I.C.S. (2021) *Sedimentologia do Ambiente Marinho*. Porto Alegre, RS: Iran Carlos Stalliviere Corrêa.
- Eijkelkamp (2021) 'Calcimeter Manual'. Available at: <https://www.royaleijkelkamp.com/media/qfgn1ma0/manual-calcimeter.pdf> (Accessed: 31 October 2024).
- FAO (2009) *Guía para la descripción de suelos*. Roma: FAO. Available at: <https://openknowledge.fao.org/items/e4edb8e6-0e75-46ad-bf9b-43fc29975e33> (Accessed: 28 October 2024).
- Feijoo Loayza, C. *et al.* (2020) 'Recuperación de oro mediante concentración gravimétrica utilizando concentradores tipo Z en el distrito minero Zamora-Ecuador', *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 10(2), pp. 42–49. Available at: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.2283>.
- García, J., Medina, H. and Núñez, D. (2008) 'El método del hidrómetro: influencia de los tiempos de lecturas en el cálculo de la distribución del tamaño de partículas en suelos de La Habana', *Cultivos Tropicales*, 29(2), pp. 21–26.
- Giménez Forcada, E. (2023) *Introducción a la geología médica*. Los libros de la Catarata. Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/233365> (Accessed: 12 August 2024).
- González, O. and Millán, Z. (2016) 'Granulometría de los sedimentos fluviales del canal principal y llanura aluvial del río Portuguesa, Venezuela', *Revista de Investigación*, 40(87), pp. 122–147.
- Grijalva O., J. and Ramos Veintimilla, R. (2011) 'Pasturas para sistemas silvopastoriles: Alternativas para el desarrollo sostenible de la ganadería en la Amazonia baja del Ecuador'. Available at: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/459> (Accessed: 8 November 2024).
- Gutiérrez Elorza, M. (2008) *Geomorfología*. Madrid, España: Pearson : Prentice Hall.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. and Baptista Lucio, P. (2014) *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008> (Accessed: 4 October 2024).
- Hossne G., A.J. (2008) ‘La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo’, *Terra Latinoamericana*, 26(3), pp. 195–202.
- Huggett, R. and Shuttleworth, E. (2022) *Fundamentals of Geomorphology*. 5th edn. London: Routledge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781003251156>.
- Ibañez Asensio, S. and Moreno Ramón, H. (2019) ‘Procesos formadores del suelo: Argiluviación’. Available at: <https://riunet.upv.es/handle/10251/122818> (Accessed: 8 November 2024).
- IPC (2010) ‘IMPACTO DEL DESARROLLO DE LA YUCA EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA NUTRICIÓN DE LOS POBRES DE LAS ZONAS RURALES’, in. *FSN FORUM No. 33*. Available at: https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/fsn/docs/SUMMARY_ES_ImpactOfCassavaDevelopmentOnFSNofRuralPoor.pdf (Accessed: 7 November 2024).
- Jaramillo Jaramillo, D.F. (2002) *Introducción a la ciencia del suelo*. Available at: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70085> (Accessed: 29 October 2024).
- Jaramillo Jaramillo, D.F. (2009) ‘VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES ÁNDICAS DE UN ANDISOL HIDROMÓRFICO DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO (COLOMBIA)’, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), pp. 4907–4921.
- Jones, A., Montanarella, L. and Jones, R. (2005) *Soil Atlas of Europe*. Luxembourg.
- Jr, F.E.H. (2024) *Hmisc: Harrell Miscellaneous*. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>.
- Konstantinou, C. and Wang, Y. (2023) ‘Unlocking the Potential of Microbially Induced Calcium Carbonate Precipitation (MICP) for Hydrological Applications: A Review of Opportunities, Challenges, and Environmental Considerations’, *Hydrology*, 10(9). Available at: <https://doi.org/10.3390/hydrology10090178>.
- López, H.E.F. *et al.* (2013) ‘Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica’, *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 12(1), pp. 19–25.
- LotusArise (2021) ‘Soil Genesis: Formation of Soil’, 4 January. Available at: <https://lotusarise.com/soil-genesis-upsc/> (Accessed: 27 October 2024).
- Meza Villaca, M.Y. (2014) ‘Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa - Cusco’, *Universidad Nacional Agraria La Molina* [Preprint]. Available at: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2331> (Accessed: 8 November 2024).
- Miller, B. and Juilleret, J. (2020) ‘The colluvium and alluvium problem: Historical review and current state of definitions’. Available at: <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/93070> (Accessed: 26 October 2024).
- Navarro, G., Pérez-Lucas, G. and Navarro, S. (2022) *Análisis de suelos y aguas: aplicación agrícola*. Dextra Editorial. Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/228505> (Accessed: 13 August 2024).

- Ortiz-Solorio, C.A. and Gutiérrez-Castorena, E.V. (2014) *Claves para la taxonomía de suelos*. Décima segunda.
- Ovalle, R., Seguel, O. and Pfeiffer, M. (2023) 'Genesis y ocurrencia de carbonatos en los suelos', *Agro sur*, 51(1), pp. 1–17.
- Pizarro, R. *et al.* (2023) 'Evaluación de la erosión hídrica bajo diferentes coberturas boscosas a través de la captura de sedimentos en la zona centro sur de Chile', *Aqua-LAC*, 15(1), pp. 1–12.
- Placzek, C., Quade, J. and Patchett, P.J. (2006) 'Geochronology and stratigraphy of late Pleistocene lake cycles on the southern Bolivian Altiplano: Implications for causes of tropical climate change', *GSA Bulletin*, 118(5–6), pp. 515–532. Available at: <https://doi.org/10.1130/B25770.1>.
- Ponce de León, D. *et al.* (2023) 'Factores naturales y antrópicos que influyen en la distribución de carbonatos pedogénicos en la península de Santa Elena, Ecuador'.
- Porta Casanellas, J. (2008) *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. Available at: <https://elibro.net/es/ereader/upse/36555> (Accessed: 3 November 2023).
- R Core Team (2024) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Available at: <https://www.R-project.org/>.
- Reyna Velaysosa, G.A. (2021) 'Evaluación de la erosión hídrica en tres tipos de uso de suelo de la Microcuenca Pomacochas, región Amazonas', *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM* [Preprint]. Available at: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2568> (Accessed: 8 November 2024).
- Rodríguez Acosta, D. *et al.* (2023) 'Granulometría del suelo en zonas de pendiente. Comparación de métodos de determinación', *Acta Agronómica*, 72(1), pp. 38–46. Available at: <https://doi.org/10.15446/acag.v72n1.107333>.
- Rojas, A.P. and García, A.Z.M. (2017) *Sedimentología*. Universidad Autónoma Metropolitana. Available at: <https://ulibros.com/sedimentologia-oanf.html> (Accessed: 29 November 2023).
- Rojas-Solano, J., Brenes-Gamboa, S. and Abarca-Monge, S. (2022) 'Carbono en el suelo: comparación entre un área de pastos y un bosque', *InterSedes*, XXIII(47), pp. 184–205.
- Román Carrión, J.L. and Lara, P. (2020) *La Fauna Fósil del Valle de Quito*. Available at: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22474> (Accessed: 31 October 2024).
- Romero Córdor, W. *et al.* (2020) 'Arquitectura estratigráfica de terrazas aluviales en el río Yunganza', *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 10(2), pp. 61–71. Available at: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.2482>.
- Salamanca J., A. and Sadeghian K., S. (2006) 'La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana'. Available at: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/163> (Accessed: 7 November 2024).
- Salgado, E.J. and Sastriques, F.O. (2009) 'El cambio climático y la extinción de la fauna vertebrada del cuaternario cubano', *Mapping*, (137), pp. 89–94.

- Sánchez-Espinosa, J.A. and Rubiano-Sanabria, Y. (2015) 'PROCESOS ESPECÍFICOS DE FORMACIÓN EN ANDISOLES, ALFISOLES Y ULTISOLES EN COLOMBIA', *Revista EIA*, pp. 85–97.
- Sinoga, J.D.R. *et al.* (2003) 'DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN LADERAS MEDIANTE EL USO DE INFILTROMETROS DE MINIDISCO A LO LARGO DE UN GRADIENTE PLUVIOMÉTRICO MEDITERRÁNEO'.
- Stoothert, K.E. (1988) 'La prehistoria temprana de la Península de Santa Elena, Ecuador: cultura Las Vegas'. Available at: <https://ehrafarchaeology.yale.edu/document?id=s060-006> (Accessed: 31 October 2024).
- Toledo, M.A., Ahumada, A.L. and Palacios, G.P.I. (2020) 'Alteraciones en el cauce del río Seco y pérdidas de tierras agrícolas, provincia de Tucumán, Argentina', *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(2). Available at: <https://www.redalyc.org/journal/943/94366150012/html/> (Accessed: 7 November 2024).
- Valdeolmillos Rodríguez, A. (2005) 'Registro paleoclimático y paleoambiental de los últimos 350.000 años en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real)'. Available at: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/214> (Accessed: 30 October 2024).
- do Vale Montoya, T.A. and de Moraes, R. (2021) 'Estratigrafía', *Geologia Geral: Uma revista da turma 63*, pp. 36–38.
- Valencia Robles, J.I. (2017) *Análisis Hidrogeológico De La Cuenca Del Río Manglaralto Para La Caracterización De Sus Sistemas Acuíferos*. bachelorThesis. ESPOL. FICT. Available at: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/43891> (Accessed: 29 October 2023).
- Wang, Y. *et al.* (2022) 'Identification of soil particle size distribution in different sedimentary environments at river basin scale by fractal dimension', *Scientific Reports*, 12(1), p. 10960. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15141-6>.
- Wickham, H. (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. Available at: <https://ggplot2.tidyverse.org>.

ANEXOS

Anexo 1: Fotografías del muestreo y análisis en laboratorios de los suelos



Fig. 1A. Extracción de muestras



Fig. 2A. Reacción al HCl



Fig. 3A. toma del color del suelo



Fig. 4A. Determinación de la densidad

Anexo 2: Fichas de observación de campo de los perfiles

Nombre de la Institución:		DESCRIPCIÓN DEL PEDON				PEDON ID#:	
UPSE						Mas_01	
Número de serie o Nombre de componente:		Unidad cartográfica:	Foto #:	Clasificación:		Regimen de humedad de suelo (Tax.)	
						Ústico	
Descriptor(es):	Fecha:	Clima:	Temp.: Aire: 24°	Latitud: 1° 50' 36.7" N	Datum:	Localización: Mungla Alto	
Edward Gonzalez	04/09/2024	Bwh	Suelo: Prof:	Longitud: 80° 44' 17" W		Sección Municipio Rango	
UTM. Zona:	mE. mN.	Cuad. Topográfico:	ID del sitio:	Año. Estado. País.	Pedon #:	Zona de estudio:	MLRA/LRU: Transecto: ID.
							# Stop. Intervalo:
Paisaje:	Forma de relieve:	Micro-rasgo:	Rasgo antropogénico:	Elevación:	Orientación:	Pendiente (%):	Complejidad de pendiente:
Costa		X		10 m		< 1%	LD Planicie
Forma de la pendiente:		Forma de la pendiente: (Sube & Baja / Cruza) Plana					
Posición de perfil de Ladera:		Componente Geomorfológico:	Microrelieve:	División Fisiog.	Provincia Fisiog.	Sección Fisiog.:	Área fisiográfica estatal: Área fisiográfica Local:
				R. Costa	Sta. Elena		
Drenaje:	Inundación:	Encharcamiento:	Estado de humedad del suelo:		Permeabilidad:	Uso / cubierta de suelo:	
Buena	X	X	Húmeda		K _{sat} :	Forestal	
Material Parental:	Roca madre:	Tipo:	Fractura:	Dureza:	Prof:	Unidad Litoestratigráfica:	Grupo: Formación: Miembro:
Sedimento aluvial							
Erosión Tipo:	Grado:	Tipo:	Escurritia:	Fragmentos superficiales:		CR: CB: ST: BD: CN: FL:	Horiz/Prop Diagnósticas: Tipo: Prof:
-			Baja				
Sección de control:		Prom. Arcilla %:	Prom. K _{sat} fragmentada %:				
Rang de prof:							

VEGETACIÓN:			NOTAS MISCELÁNEAS DE CAMPO / DIBUJO:	
SÍMBOLO	NOMBRE COMÚN	% CUBIERTO		
Fe	Guayacan	70%	Horizonte A: Baja reacción al HCl	+ B C Ab
			Reacción media al H ₂ O ₂	
			Horizonte B: Reacción baja al HCl	
			Reacción media al H ₂ O ₂	
			Horizonte C: Reacción media al HCl	
			Reacción baja al H ₂ O ₂	
			Horizonte Ab: Reacción media al HCl	
			Reacción media al H ₂ O ₂	

Mét. de Obser.	Profundidad (in) (cm)	Horizonte	Límite	Color de Matriz seco	Humedad	Fra9milit05 de mea	Estructura	Consistencia	Motu (L...)
Borrero	0-35	A		10YR 5/3	10YR 3/4	Y	FI AS HA	FI ST	IPL
Borrero	35-60	B		2.5Y 5/3	10YR 4/5	Y	FI HA FR	NSJ	S:PL
Borrero	60-95	C		10YR 7/6	10YR 4/4	Y	FI HA FR	SST	S:PL
Borrero	95-145	A6		10YR 7/3	10YR 4/2	Y	FI HA FR	ST	S:PL

Rasgas ,umórficas	Concentrations	Alif. / V1e. Rasgos Superficiales	Raíces	Poros	pH U...	Artilla	CCE	Notas
7 & 17) Carr De. r FITI Tipo Luc. RdCl	l' fm, l Cn Ou, ... ripo loc RdCl	% Cn C011. Tipo Loe Col	Coo Tmi Lud	Con Tmñ Fm	(mtj(aq.na) %			
								J

Nombre de la institución: UPSA **DESCRIPCIÓN DEL PEDON** PEDON ID#: MaS-02

Número de serie o Nombre de componente: 11-09-2024 Foto #: 13 wjh Clasificación: Ústico

Número de serie o Nombre de componente: 11-09-2024 Un ad c.-artográfica: 13 wjh Regimen de humedad de suelo (Tax.): Ústico

Temp. Aire: 27°C Latitud: 1° 50' 10.0" N Longitud: 80° 44' 16.6" W Localización: Hunguajalito

Temp. Aire: 27°C Latitud: 1° 50' 10.0" N Longitud: 80° 44' 16.6" W Localización: Hunguajalito

UTM: Zona: 18E Cuad. Topográfico: 13 wjh Sección: 10 Municipio: 10 Rango: 10

ID del sitio: 13 wjh Zona de estudio: 13 wjh MLRA / IRI: 13 wjh Transecto: 10

Paisaje: 13 wjh Forma de relieve: 13 wjh Micro-rasgo: 13 wjh Rasgo antropogénico: 13 wjh Complejidad de pendiente: 13 wjh

Form. 1 de la pendiente: 13 wjh

Componente Ceomorf 1eo: 13 wjh Microrelieve: 13 wjh Complejidad de pendiente: 13 wjh

Orenillo: ave.a.o Inundación: ave.a.o Encharc, 1m1mb: ave.a.o Dureza: Húmedo Prof.: ave.a.o K_{sat}: ave.a.o Uso/ cubiertil de weto: cJrj

Mater.: ave.a.o U_c: ave.a.o U_h: ave.a.o U_o: ave.a.o U_l: ave.a.o U_g: ave.a.o U_f: ave.a.o U_o: ave.a.o U_l: ave.a.o U_g: ave.a.o U_f: ave.a.o

E.o., ónt, po Gw, Ju />JO Cscor, enti fra mentosupen, eals R < B Si BD LV > L Ho"z/P, op Diagnósticos. 1, po P, o/

1-Se c o Mln-d, o s q, r, n, l, r, u, e, A, r, o Jlt ; , , , , Ssuu f^m l, r, e, d, a, l, c

Rang de orof

NOTAS MISCELANEAS DE CAMPO / DIBUJO:

SÍMBOLO	NOMBRE COMÚN	CUBIERTO
<u>A</u>	<u>Nula reacción al HCl</u> <u>Alta reacción al H₂O₂</u>	<u>A</u>
<u>B</u>	<u>Reacción baja al HCl</u> <u>Reacción media al H₂O₂</u>	<u>B</u>
<u>C</u>	<u>Reacción baja al HCl</u> <u>Reacción alta al H₂O₂</u>	<u>C</u>
<u>1b</u>	<u>Reacción muy débil al HCl</u> <u>Reacción media al H₂O₂</u>	<u>1b</u>
<u>K</u>	<u>Reacción alta al HCl</u> <u>Reacción media al H₂O₂</u>	<u>K</u>

IV, c r r J

t-os-23

Mét. de Oe.	Profundidad (m)	Horizonte	Umte	Color de Matriz		Tutun	Framentación de roca	Estructura	Consistencia			Notas
				Seco	Húmedo				u0	u1	u2	
Lo r r l r	0-3	A		2-4	JK/4			FLSA	fj	ST	i L	
Criack	3-6	Pi		S/A	/&1 }i	F			v-f	Fl	<ir	PL
rc) l, r r l q	6-10	e		Jt/4	lo YA3)	Y?/-			HA	fP	SST	<PL
(af, r r l r	10-14	f b		f	'r- 'OIP.4j	l:-YA			<HA	fl	s T	SPL
rc. l r a f	14-18	et		2/6/J	i :y't.	r f A			<Q	LO	NST	fl

Rastros. 11 u, l r h c o s		Concentrations		AJT, / Vac. Rasgos Superficiales			R. i k e		Poros		pH Efen, Amila		CCEI NotH					
fl	Ca Dur Fm T, pc, Luc, Rd Col	%	fl, w l (11 Out fm Tipo, Loc, l t d Col	% C.	Con 1	Tipo	loc	Col	Con	Tmif	loc	Can	Tmñ	Fm	(m. t) (og, ntc)	%		

DESCRIPCIÓN DEL PEDON PEDON ID#: **Mas.03**

Nombre de la Institución: [] Foto #: [] Clasificación: []

Número de serie o Nombre de componente: [] Unidad Jerárquica: [] Resmen de la Unidad de suelo (Taic): []

Js. Á1C(J)

UTM Zona: [] m. Cuad. Topo 1: [] ID de sitio: [] MLRA/LRU: [] Trancto: []

Formi de la pendiente: []

Posición de perfil de Ladera: [] Componente Geomorfológico: **Microrel** []

Material Parental: **Buena** [] EncharcaXnto: [] Eclad: [] suelo: []

Formación: **Foedul**

Horiz/Prop Diagnósticas: [] Tipo: [] Prof: []

St. de control: []

NOTAS MISCELÁNEAS DE CAMPO / DIBUJO

Horizonte A: Nula reacción al HCl
Alta reacción al H₂O₂

Horizonte B: Nula reacción al HCl
Reacción alta al H₂O₂

Horizonte C: Reacción alta al HCl
Reacción alta al H₂O₂

Horizonte Ab: Reacción alta al HCl
Reacción alta al H₂O₂

Mót de<Jb>e,	Profundidad (m) / (cm)	Horlontr	Límite	Color de Matrz		Tutura	Fragm t01de mea T.oo<ij, lWnz Tmñ	Estructu,a Ctodo Tamaño J,po	Consistencia			Mous (t >O,j,l,t,ui Mo,,J)	
				S.co	Húmedo				ffl,	IT.	SPJ		
Uc+I Coc:	ú-Jll	A		foY S4	1 Yll	y		HE I'5		ffl,	IT.	SPJ	
ne ll"	70-IJo	/J		.ll/ 4y		--j			L/A	Fl	sr	wel	
tl_Q	Go-tt	e		<T"1-4 2r"t+4	Vi				Sú	FR	l	fL	
711, f>k	A to-t4s	A		rY>lt,	1fi. 1/2	Y			50	fR	ti<5, l>	p<	

Rasgos re-do lumórhcos	Conatrl trations	Alf. / Vac, RHJOS Superficiales	1-bkes	Poros	pH Efen,	Amlla	CCE	Notas

Nombre		Institución		DESCRIPCIÓN DEL PEDON				PEDON ID#:
Número de serie o Nombre de componente		Unidad cartográfica		Foto #:	Clasificación:	Regimen de humedad de suelo (Tax.)		
Edwards González 02-09		13WA		Chama:	Temp Alt: 1100	Latitud: 10° 20' 20" N	Oatum: CIII 01a 10	
UTM Zona	UTM Este	UTM Norte	UTM Oeste	Suelo	Clasificación	Sección	Municipio	
11-N	11-N	11-N	11-N	11-N	11-N	11-N	11-N	
Paisaje: Costa		Forma de relieve: Costa		Elevación: 10		Orientación: 110		
Posición de perfil de Ladera:		Componente Geomorfológico: 10		Micro: 10		Form. 1 de 1 de pendiente: 10		
Drenaje: Bueno		Inundación: X		Encharcamiento: X		Estado de humedad del suelo: Húmedo		
Material Parental: Sedimento Aluvial		Roca madre: Tipo: Fractura; Dureza: Prof:		Unidad Litoestratigráfica: Grupo: Formación: Miembro:		Permeabilidad: Ksat: Focetal		
Erosión Tipo: Ligera		Escorrentía: Ligera		Fragmentos superficiales: CR: CB: ST: BD: CN: FL:		Horiz/Prop Diagnósticas: Tipo: 1101		
Sección de control: Prom. Arcilla %:		Prom. Roca fragmentada %:		Rang de prof:				

NOTAS MISCELANEA DE CAMPO / DIBUJO:			
SÍMBOLO	NOMBRE COMÚN	SI CUBIERTO	
		0 > L	Horizonte A: Reacción alta al H ₂ O ₂ Reacción baja al HCl
			Horizonte B: Reacción alta al H ₂ O ₂ Reacción baja al HCl
			Horizonte C: Reacción media al H ₂ O ₂ Reacción media al HCl
			Horizonte Ab: Reacción baja al H ₂ O ₂ Reacción baja al HCl

Mét. de O e.	Profundidad (in) / (cm)	Horizonte	Límite	Color de Matriz		Textu	Fragmentos de roca Tioo% Rdnz Tm	Estructura Grado Tomofo 7	Consistencia			Notas (01; 02; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80; 81; 82; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93; 94; 95; 96; 97; 98; 99; 100)
				Seco	húmedo				1	2	3	
β, u, ...	0-2s	A		lriY 3/4	jsf1f.	Y		F1ew_t	Ef557	VPI		
IJ_cz Ft,r	2s-(c)	il		sY6/2	2; Y!	6.VA			VmSS7	VPL		
1rkt1PrJ/	f < 1-go	e		7_5_jf4	(1/4)	"f			HA rRSe	Pi		
f/c/R Tr.	go-IJo	AA		2.S/%	s Y/i	Y			VHI fi SSR	PL		

Rasgos redondimorficos Tmñ Cn Dllr Fm r,po Luc Rd Cal				Concentrations fmii Cn e.i Fm r,po loe Rd α				Agr. / VK. Rasgos Superficiales % C., Cont Tipo Loe Col			Raíces Con Tm Loe		Poros Con Tmñ Fm		pH Eferv Arcilla CCE (met/og,ni.) Ji,		Notas

Nombre de la Institución: **UPBE** DESCRIPCIÓN DEL PEDON PEDON ID#: **Mes.05**

Número de serie o Noimble de component!! Unwiad carto\$ráfica Reg,men de humedad de suelo (Ta,c)

UTM **Zona III n_7N Cuad. Topo\$ráfico JO del sitio: /01 1 (ulo 1-UJr** MLRA/LRU: Tran\$ecto ID

Paisaje: **Costa** Forma de relieve: **Mitro-rasgo: R\$lsgo antr\$cnico** Pend\$ente (%) **Com 1leJ1dad rk-pendiente: Form.i de lo1 pendiente: (Sub<à Bajo (uro)**

Posición de perfil de Ladera: Componente Geomorf ic.o: **M1crorel\$ve Oiv.sión f\$MOg** Provincia Fisiog.: **Jio** Sección Fisiog.: **1217** Área fisiog\$fica estatal: Área fisiog\$fica Local:

Drenaje: **Buena** Inundación: **X** Enchamm1ento: **5;** Emdo de humedad de **<t, e5Jur<J.p** Permeab,ilidad: **L fost.a.s.** 1 Usol 'bi<J' de,udl

Materia1 Parental: **Sedimente Aluvial** Roca madre: **Medic** 1 Unidad Litoestatl 91311<1 {rup.i ro,mv,rOl Mw111,;v

Erosión Tipo: Grado: Tipo: Escorrentia: **Medic** Hor_Pron Di\$gnósum

SeuK-fl de control. Prom. Arcilla %: Prom. Hoc.o /11.N.Jlll"ltada4,1

Rang.o:k prof

NOTAS MISCELANEAS DE CAMPO / DIBUJ		
SIMBOLO	NOMBRE COMÚN	"CUBIERTO
r:n'ot"	fon7,n'r,	

Horizonte A:	Nula reacción al HCl Alta reacción al H ₂ O ₂ Notable pedregosidad, textura al tacto ligeramente arenosa	A
Horizonte B:	Reacción baja al HCl Reacción media al H ₂ O ₂ tadav'o se observan granos	
Horizonte C:	Reacción baja al HCl Redcción media al H ₂ O ₂	e
Horizonte Ad:	Reacción media al HCl Reacción baja al H ₂ O ₂	

Mót. de Obje.	Profundidad (m)	MaLr/5		Color de Matriz		Textura	Fratim. de me. r.00%	Estn. KllKa	Constr. stencia		Mót. s (M...)
		Horizonte	Limite	Seco	Húmedo				Grado	Tamaño	
Yaurht	(-)	-1		rrrYR.6?	;;,iy12	EI		ue SB	fil	Vf	SP
8dt	3) 5'q-	-1		s'fjju	1,s-Y1	F			YM	FI	NR
bci, (/	4	e		rt 6/4	t. 'n	r-V			VNA	VFI	ssí, SPL
3 cá hr. 1	15	At).(, yf/i,	HY	J?1A.			VJ.I	Vfi	SSr SPL

R. sgos rdo, umórhcos	Concentrations	A. / VK. Rjsgos Superficiales	R. ike	Poros	pH	Elen!	Arcilla	CCE	Notu
9' T" h in De, Frn T, po Luc; RdCol	.- r., l Cn Our r. n ipo Loe RdCol	% EN @, , , , T ipo Loe Col	Con 1ml Loe	Con Tmá Fm	(mrt)(oq-suo)	%	%		

DESCRIPCIÓN DEL PEDON										PEDON ID#: Ma5-06	
Número de serie o Nomb.-e d component!			Unidad cartográfica: ps		Foto #:		Clasificación:		Regimen de humedad de suelo (Tax.)		
Descripción(es): Edward Gonzalez		Fecha: 04-04-2024		Clima: Bwh		Temp.: Aire: 21°		Latitud: 1°50'33.7"N		Datum:	
UTM: Zona 18Q		mE: 650000		mN: 1000000		Cuad. Topográfico:		ID del sitio:		Localización: Sección Municipio Rango	
Paisaje: Costa		Forma de relieve:		Micro-rasgo:		Rasgo antropogénico:		Elevación: 1150m		Orientación: 47°	
Pendiente (%): <17		Complejidad de pendiente: LD Planicie		Forma de la pendiente: (Sube & Baja / Cruza)		División Fisiog:		Provincia Fisiog:		Sección Fisiog:	
Área fisiográfica estatal:		Área fisiográfica Local:		Estado de humedad del suelo:		Estado de humid->d del suelo:		Permeabilidad:		Uso/ cubettil de uelo	
Drenaje: Ju 11JL		Inundación:		Encharcamiento: Ench;ucam nto		Ksat: 1.5		Unidad Litoestatiográfica: sup., ro,mvc,ln ms-1110,u		Horiz/Prop Diagnósticas: tipo: 1707	
Material PiHmt.l.		R0ta madre: ti hu...mli Durfzo P10f		Cscorentid: f,lijmentos superf,cta		t,R <.B SF 80 LV tL		Horiz/Prop Diagnósticas: tipo: 1707			
Sección de control: Rang de oro/		tam. Ksa fragmentada%:									
NOTAS MISCELÁNEAS DE CAMPO / DIBUJO:											
SIMBOLO		NOMBRECOMÚN		!! CUBIERTO		Horizonte A: Reacción baja al HCl		Reacción alta al H ₂ O ₂		A	
i...r.		/,,,• n		<1a%.		Horizonte B: Reacción baja al HCl		Reacción media al H ₂ O ₂		B	
						Horizonte C: Nula reacción al HCl		Reacción alta al H ₂ O ₂		C	
						Horizonte Ab: Reacción alta al HCl		Reacción alta al H ₂ O ₂		Ab	

Nombre de la Institución: UPSE		DESCRIPCIÓN DEL PEDON			PEDON ID#: Mas-07	
Número de serie o Nombre de componente: Número de serie o Nombre de componente		Unidad cartográfica:	Foto #:	Clasificación:	Regimen de humedad de suelo (Ta1t): 1, C...	
Descripciones: Edward Gonzalez	Fecha: 06-09-2024	Clima: Bwh	Temp Aw ZI •	Latitud: 50° 30,6' N	Datum: Localización: 011gk, a/o	
UTM: Zona: mE mN:	Cuad. Topográfico:	Suelo:	Elevación: 2126M	Pendiente (%): 10	Forma de Id pendiente: V5	
Paisaje: Costa	Forma de relieve:	Micro-rasgo: M1uo-rasgo:	Rasgo antropog. R.sgo antropog n1eo:	Compl/Jid<1d de pendiente:	Forma de Id pendiente: (Subel:6a1a cuzu)	
Posición de perfil de Ladera:		Componente Geomorfo 1co:		Microreheve:		
Oren jc: Bve ijo	Inundación: X	Encharcamiento:	Estado de humedad del suelo: Salvado	Permeabilidad: Ksat:	Uso / cubierta de suelo: Cultivo semipereene	
Material Parental: R0<a madre		Dureza:	Prof:	Unidad Litoestatiográfica:	Grupo:	Formación: Miembro:
Erosión Tipo: lipo	Cscoc, rntia:	Horiz/Prop Diagnósticas:	Tipos: Prof:			
Sección de control:		Fragmentada%:				
Rang de rxo:						
		NOTAS MISCELANEAS DE CAMPO / DIBUJO				
SIMBOLO	NOMBRE COMÚN	CUBIERTO	Horizonte A: Alta reaccion al HCl Alta reaccion al H ₂ O ₂			A
Q10r,	V...	...ll... OL	Horizonte E: Alta reaccion al HCl Nula reaccion al H ₂ O ₂			
			Horizonte B: Baja reaccion al HCl Alta reaccion al H ₂ O ₂			
			Horizonte C: Alta reaccion al HCl Media reaccion al H ₂ O ₂			
			Horizonte Ab: Alta reaccion al HCl Alta reaccion al H ₂ O ₂			Ab

		Horizonte						Estructura			Consistencia			MUEBIS (11/10/19/20/21/22/23)
Mét. de Ob. >e.	Profundidad (m) (cm)	Horizonte	Límite	Color de Matriz		Textura	Fragmentos de roca T _s >0% Rdnz Tmij	Estructura C. rodo Tomoño 1,po	Consistencia			MUEBIS (11/10/19/20/21/22/23)		
				S.co	Húmedo				mo	húmedo	PicoK17			
t3r,t/Chv	r1-Jc; 2s-4o	A,	1	IAY(15/2	tnY 'i			FI fACQ	JiA	fi	S f	VjL		
11eVd		j2'		toYR-f/3	hJR 'YA				Irt	fR	35T	VPI		
qu	4-0-55	l)		2IsYV2	IsYifJ4	RV			HA	Vfp	jr	1rL.		
DLAFA	5C, - t(1	e		.s Y%	ioYR.3/4	FF/A			5(? F-1 S>t			VPL		
Pür Ar	1-0 -1a0	A,		sY ,,sY1/4	fY				JP	FR. SST fL				

Ras10sr-edo.umórfcos T'm Ch Our Fm Tipo Luc	Concent tions		Aif. / VK R.aisios Superficiales C. Cont ripo	Jbice	Poros Con Imñ	pH	Eferv	Artilla	CCE	Notas
	Tmil (c	Tipo loe								