



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS – HIDROLÓGICOS
DEL SUELO A PARTIR DE ECUACIONES DE PEDOTRANSFERENCIA DE LA
ZONA ALTO ANDINA EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE
INGENIERA HIDRÁULICA

AUTOR:

CAMILA FERNANDA TORRES CONTENTO

TUTOR:

ING. ANDY MIGUEL GILER ORMAZA MSc.

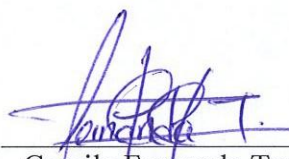
LATACUNGA - AGOSTO 2025

Latacunga, 28 de julio del 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Camila Fernanda Torres Contento declaro ser autor (a) del proyecto de titulación “Determinación de parámetros hidráulicos-hidrológicos del suelo a partir de ecuaciones de pedotransferencia de la zona alto andina en la provincia de Cotopaxi”, siendo el Ing. Andy Miguel Giler Ormaza Msc. tutor (a) del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Camila Fernanda Torres Contento
CC.1755759709

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CAMILA FERNANDA TORRES CONTENTO** identificado con cédula de ciudadanía No. **175575970-9** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS – HIDROLÓGICOS DEL SUELO A PARTIR DE ECUACIONES DE PEDOTRANSFERENCIA DE LA ZONA ALTO ANDINA EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 - Septiembre 2020 Finalización de la carrera: Abril 2025 – Agosto 2025 Aprobación en Consejo Directivo: 29 de Julio

Tutor: Ing. Andy Miguel Giler Ormaza MSc

Tema: **“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS – HIDROLÓGICOS DEL SUELO A PARTIR DE ECUACIONES DE PEDOTRANSFERENCIA DE LA ZONA ALTO ANDINA EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**,

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- G) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización

del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. – **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de julio del 2025.



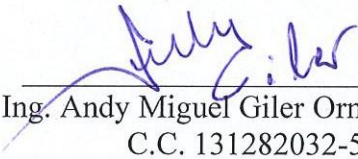
Torres Contento Camila Fernanda
LA CEDENTE

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.
LA CESIONARIA

Latacunga, 28 julio 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “Determinación de parámetros hidráulicos-hidrológicos del suelo a partir de ecuaciones de pedotransferencia de la zona alto andina en la provincia de Cotopaxi”, propuesto por el estudiante Camila Fernanda Torres Contento de la Carrera de Hidráulica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.


Ing. Andy Miguel Giler Ormaza MSc.
C.C. 131282032-5
TUTOR

Latacunga, 29 julio 2025

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

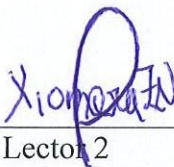
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “Determinación de parámetros hidráulicos-hidrológicos del suelo a partir de ecuaciones de pedotransferencia de la zona alto andina en la provincia de Cotopaxi”, propuesto por el o la estudiante Camila Fernanda Torres Contento de la Carrera de Hidráulica me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de investigación en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

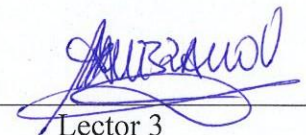
Atentamente,



Lector 1 (Presidente)
Ing. Rudys Rafael Cusme
Intriago Mg.
CC: 1313770891



Lector 2
Ing. Xiomara Alejandra
Zambrano Navarrete Mg.
CC: 1313058453



Lector 3
Ing. Mariella Fernanda
Zambrano Valverde
CC: 0603324401

AGRADECIMIENTO

Me permito expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a Dios por permitirme culminar esta fase, a mis padres, hermanos y a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la invaluable oportunidad de cursar mis estudios superiores. La formación académica recibida en esta prestigiosa institución ha sido fundamental para mi desarrollo profesional y personal. De manera especial a la Carrera de Ingeniería Hidráulica, cuyo entorno académico y recursos han sido determinantes para la realización de mi tesis. Su compromiso constante con la excelencia y la mejora continua ha sido una fuente de inspiración y motivación.

Quisiera también resaltar el apoyo invaluable de mi tutor, Ingeniero Andy Giler M.Sc. Su orientación experta, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación han sido pilares fundamentales para el éxito de este trabajo. Los comentarios constructivos y la guía proporcionada no solo han enriquecido mi investigación, sino también han contribuido significativamente a mi crecimiento académico y profesional.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido a la culminación de este importante proyecto. Su apoyo ha sido esencial para alcanzar este logro.

Camila Torres

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, en primer lugar, a mis padres Lidia Contento y Erman Torres, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido mi principal fuente de inspiración y motivación. Sin su guía y enseñanzas, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos, por su ayuda, comprensión y paciencia durante los momentos más desafiantes de esta etapa. Sus palabras de aliento y su fe en mis capacidades han sido un pilar fundamental en mi vida y a mis amigos por apoyarme siempre.

A mi tío Lorgio por ser mi apoyo incondicional cuando inicie esta aventura, por darme motivos para seguir adelante y no rendirme, por enseñarme que siempre podemos ver el lado positivo de algo malo.

Dedico también este trabajo a Adrián Villena que ha estado a mi lado por ser mi constante fuente de inspiración y apoyo incondicional durante este viaje académico. Su amor, paciencia y aliento han sido fundamentales para alcanzar este logro. A través de los desafíos y las alegrías, ha estado a mi lado, brindándome fortaleza y confianza

A mis mentores, especialmente a mi tutor, Ing. Andy Giller Ormaza M.Sc. Su orientación, conocimientos y dedicación han sido esenciales para el desarrollo y éxito de esta investigación. Por ende, este logro también es suyo.

Camila Torres

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TEMA: “DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS – HIDROLÓGICOS DEL SUELO A PARTIR DE ECUACIONES DE PEDOTRANSFERENCIA DE LA ZONA ALTO ANDINA EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”

Autor:

Torres Contento Camila Fernanda

RESUMEN

En el presente estudio se planteó como objetivo determinar los parámetros hidráulicos-hidrológicos del suelo a partir de las ecuaciones de pedotransferencia en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi. Considerando la importancia agrícola y la gestión del recurso hídrico, se priorizó la caracterización edáfica mediante la recolección de muestras distribuidas por sectores, considerando los horizontes del suelo. A través del análisis de laboratorio se identificó texturas predominantes como franco, franco-arenosa y arenoso-franco. Aplicando las ecuaciones de pedotransferencia se tuvo los parámetros de conductividad hidráulica con un promedio de 31,77 cm/h y 36 cm/h; mientras que la conductividad hidráulica saturada estuvo en el rango entre 3,00 cm/h y 3,264 cm/h. Capacidad de campo con un promedio de 0,134 g/g y 0,131 g/g. En el punto de marchitez permanente con promedio de 0,041 cm³/cm³ hasta 0,036 cm³/cm³ y el contenido de carbono orgánico con promedio de 0,401% y 0,377% con un contenido de carbono orgánico alto, pero no sobrepasando los 0,82%, cabe recalcar que en los horizontes 6 y 7 los valores serán iguales en máximos, mínimos y promedios ya que no existen más horizontes en la profundidad de 1,50 m. Con datos del contenido orgánico se identificó los diferentes cultivos para los sectores de estudio. Al comparar los criterios de instituciones FAO, MAG y referencias científicas, se evidenció concordancias válidas en la aplicabilidad de las ecuaciones en los suelos alto andinos de la provincia de Cotopaxi. Con ello se aportan herramientas cuantitativas para la gestión sostenible del recurso hídrico y especialmente en la planificación agrícola y conservación ambiental.

Palabras clave: Conductividad hidráulica, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, carbono orgánico, ecuaciones de pedotransferencia, suelos alto andinos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

**TOPIC: “DETERMINATION OF HYDRAULIC-HYDROLOGICAL SOIL
PARAMETERS USING PEDOTRANSFER EQUATIONS IN THE HIGH ANDEAN
ZONE OF COTOPAXI PROVINCE”**

Author:

Torres Contento, Camila Fernanda

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the hydraulic and hydrological soil parameters using pedotransfer equations in the high Andean zone of Cotopaxi Province. Given the agricultural significance of the region and the need for effective water resource management, soil characterization was prioritized through the collection of samples distributed by sector and stratified by soil horizons. Laboratory analyses revealed that the predominant soil textures were loam, sandy loam, and sandy clay loam. By applying pedotransfer equations, hydraulic conductivity values were obtained, averaging 31.77 cm/h and 36 cm/h, while saturated hydraulic conductivity ranged from 3.00 cm/h to 3.264 cm/h. Field capacity was determined to average between 0.134 g/g and 0.131 g/g, and the permanent wilting point ranged from 0.041 cm³/cm³ to 0.036 cm³/cm³. Organic carbon content averaged 0.401% and 0.377%, indicating high organic content, although not exceeding 0.82%. It is important to note that in horizons 6 and 7, the maximum, minimum, and average values were identical, as no further horizons were found below a depth of 1.50 meters. Based on the organic carbon data, the suitability of various crops for the study areas was identified. Comparison with criteria established by the FAO, MAG, and other scientific reference institutions confirmed the applicability and validity of the pedotransfer equations for high Andean soils in Cotopaxi Province. These findings offer quantitative tools to support sustainable water resource management, particularly in agricultural planning and environmental conservation.

Keywords: hydraulic conductivity, field capacity, permanent wilting point, organic carbon, pedotransfer equations, high Andean soils.

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. Situación Problemática	4
2.2. Formulación del problema	4
2.3. Objetivo y Campo de Acción.....	5
2.3.1. Objeto de Investigación	5
2.3.2. Campo de Acción	5
2.4. Beneficiarios	5
2.4.1. Directo	5
2.4.2. Indirecto.....	5
2.5. Justificación	5
2.6. HIPOTESIS.	6
2.7. Objetivos.....	6
2.7.1. General.....	6
2.7.2. Específicos.....	6
2.8. Sistemas de Tareas	7
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1. ANTECEDENTES	7
3.2. MARCO REFERENCIAL.....	9

3.2.1.	Zonas andinas y alto andinas	9
3.2.2.	Ecosistemas del páramo.....	10
3.2.3.	El suelo	10
3.2.4.	Propiedades físicas del suelo	11
3.2.5.	Parámetros hidráulicos	14
3.2.6.	Parámetros hidrológicos	14
3.2.7.	Modelos de ecuaciones de pedotransferencia.....	15
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	15
4.1.	Metodología.....	15
4.2.	Descripción del proyecto	16
4.3.	Diagrama de flujo	17
4.4.	Área de estudio	17
4.5.	Procedimiento de muestreo en campo	18
4.6.	Uso de las ecuaciones de pedotransfrenca.....	19
4.6.1.	Definición y aplicación de las EPT	19
4.6.2.	Información edáfica oficial utilizada.....	20
4.6.3.	Modelos de ecuaciones de pedotransferencia utilizados para calcular los parámetros hídricos.....	20
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	23
5.1.	Resultados.....	23
5.2.	Ubicación de los puntos de muestreo (Calicatas)	23
5.3.	Selección de los lugares para los muestreos	23

5.3.1. Coordenadas por calicata.....	23
5.4. Resultados obtenidos aplicando las ecuaciones de pedotrasferencia.....	24
5.4.1. Análisis de las texturas y parámetros hídricos por autor.....	25
5.4.2. Comparación de las ecuaciones de pedotransfrecia	32
5.5. Discusión	44
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
6.1. Conclusiones.....	46
6.2. Recomendaciones	47
7. REFERENCIAS	47
8. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Horizontes del suelo A, B y C (Photograph USDA.) [21].	11
Figura 2. Textura del suelo [22].	12
Figura 3. Triángulo de textura [23].	12
Figura 4. Color del suelo. [24].....	13
Figura 5. Esquema Metodológico.....	17
Figura 6. Esquema Metodológico.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Modalidad de titulación</i>	1
<i>Tabla 2. Campos de la Ciencia y Tecnología [1].</i>	2
<i>Tabla 3. Sistema de Tareas</i>	7
<i>Tabla 4. Proceso para la obtención de muestras de suelo.</i>	19
<i>Tabla 5. Coordenadas de las calicatas 17M UTM.</i>	24
<i>Tabla 6. Clasificación de texturas (INIAP)</i>	25
<i>Tabla 7. Comparación de texturas INIAP y MAG.</i>	26
<i>Tabla 8. Conductividad hidráulica por autores.</i>	26
<i>Tabla 9. Conductividad hidráulica saturada (ksat) por autores.</i>	27
<i>Tabla 10. Capacidad de campo (g/g) por autores.</i>	28
<i>Tabla 11. Punto de marchitez (m³/m³) por autores.</i>	30
<i>Tabla 12. Contenido de carbono orgánico (%) por autores.</i>	31
<i>Tabla 13. Rangos de la Conductividad hidráulica (cm/h) FAO [40].</i>	32
<i>Tabla 14. Resultados de la Conductividad hidráulica (cm/h)</i>	33
<i>Tabla 15. Rangos de la Conductividad hidráulica (cm/h) MAG [41].</i>	34
<i>Tabla 16. Comparación de Ks mínimos por horizontes con rangos de la FAO y MAG.</i>	35
<i>Tabla 17. Rangos permisibles de la FAO [42].</i>	35
<i>Tabla 18. Resultados de la Conductividad hidráulica saturada (cm/h)</i>	36
<i>Tabla 19. Comparación e interpretación de la FAO y MAG con Ksat prom.</i>	37
<i>Tabla 20. Rangos permisibles de capacidad de campo según Olalla y Valero [43].</i>	37

<i>Tabla 21. Resultados de la Capacidad de campo (g/g).....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 22. Comparación de la capacidad de campo promedio y rangos según Olalla y Valero.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 23. Rangos permisibles del punto de marchitez según Olalla y Valero [43].</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 24. Resultados del Punto de marchitez permanente.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 25. Rangos permisibles del punto de marchitez según Israelsen y Hansen (1979).</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 26. Comparación de los dos rangos permisibles y resultados del punto de marchitez.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 27. Rangos permisibles del MAG y FAO [41].</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 28. Resultados del Contenido de carbono orgánico (%).</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 29. Comparación del contenido de carbono orgánico (prom.) con rangos del MAG y FAO.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 30. Tipos de cultivos por sector [41].</i>	<i>44</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Excavación de la calicata Llallachanchi.	52
ANEXO 2. Coordenadas GPS calicata Llallachanchi.	52
ANEXO 3. Profundidad de la calicata 1,50 m.	53
ANEXO 4. Indicación de cómo obtener las muestras.	54
ANEXO 5. Obtención de puntos GPS.....	54
ANEXO 6. Resultados de las muestras de campo de Llallachanchi INIAP.....	55
ANEXO 7. Dimensionamiento de 1m x 1,50 m x 1,50 m para la calicata Cochapungo.	56
ANEXO 8. Excavación de la calicata.....	57
ANEXO 9. Obtención de puntos GPS.....	57
ANEXO 10. Calicata hecha y vista de los horizontes.	58
ANEXO 11. Obtención de muestras	59
ANEXO 12. Obtención de coordenadas GPS	60
ANEXO 13. Visualización de horizontes.....	61
ANEXO 14. Resultados de análisis de las calicatas de Cochapungo, del INIAP	62
ANEXO 15. Excavación de la calicata Pilaló-Chaupi.	63
ANEXO 16. Coordenadas GPS	64
ANEXO 17. Ubicación y medida de profundidad.....	65
ANEXO 18. Resultados de Pilaló-Chaupi por el INIAP.....	66
ANEXO 19. Visualización de horizontes Chugchilán	67
ANEXO 20. Coordenadas GPS.....	68
ANEXO 21. Resultados de Chugchilán por el INIAP	69

ANEXO 22. Coordenadas GPS	70
ANEXO 23. Obtención de muestras de suelo.	71
ANEXO 24. Ubicación y visualización de horizontes.	72
ANEXO 25. Resultados de muestras INIAP.	73
ANEXO 26. Excavación calicata Chugchilán de Moreta.....	74
ANEXO 27. Coordenadas GPS	75
ANEXO 28. Resultados de laboratorio INIAP.....	76
ANEXO 29. Coordenadas GPS Colestambo.....	77
ANEXO 30. Vista de perfiles.	78
ANEXO 31. Resultados del INIAP	79
ANEXO 32. Coordenadas GPS	80
ANEXO 33. Ubicación y vista de los horizontes.	81
ANEXO 34. Resultados del INIAP.	82
ANEXO 35. Mapa de calicatas y sectores.....	83
ANEXO 36. Resultado de datos con las ecuaciones de pedotransferencia.	84
ANEXO 37. Subclases de textura MAG.	85

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: “Determinación de parámetros hidráulicos – hidrológicos del suelo a partir de ecuaciones de pedotransferencia de la zona alto andina en la provincia de Cotopaxi.”

Modalidad de Titulación:

Tabla 1. Modalidad de titulación

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Examen de indicadores de RDA		

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: AguaQuest: potenciando la investigación en recursos hídricos aplicados a la solución de problemas reales del medio.

Equipo dTrabajo del Trabajo de Titulación

Alumna: Camila Fernanda Torres Contento

Tutor: Ing. Andy Miguel Giler Ormaza Msc.

Área de Conocimiento:

Tabla 2. Campos de la Ciencia y Tecnología [1].

25. Ciencias de la Tierra y del Espacio	2508 Hidrología	2508.13 Humedad del Suelo
	2511 Ciencias del Suelo (Edafología)	2511.05 Clasificación de Suelos
		2511.07 Ingeniería de Suelos
		2511.12 Física de Suelos

Línea de investigación: Meteorología, hidrología, mecánica de fluidos, sistemas y obras hidráulicas.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Gestión y manejo sostenible y/o sustentable del recurso hídrico.

2. INTRODUCCIÓN

Las zonas alto andinas del Ecuador desempeñan un rol crucial en la regulación del ciclo del agua, dado que tienen la capacidad de almacenar y liberar el agua de manera gradual. Estos ecosistemas son esenciales como fuentes de agua dulce para las poblaciones tanto rurales como urbanas situadas en zonas bajas, particularmente en tiempos de escasez de agua o en períodos con grandes fluctuaciones estacionales. A pesar de ello, estos ecosistemas se encuentran sometidos a presiones intensas derivadas al cambio climático, explotación de los recursos naturales y al cambio del uso edáfico. Estas transformaciones han alterado de forma directa en las propiedades físicas del suelo [2]. Por lo cual es necesario entender las propiedades hidráulicas e hidrológicas del suelo, ya que afectan especialmente en los procesos de la infiltración, retención del agua y estrechamente en la parte agrícola y comportamiento hídrico [3]. Por ello estas propiedades son esenciales debido a que son claves para la gestión del recurso hídrico sostenible, teniendo en cuenta que también influyen en el proceso de la escorrentía, diseños de infraestructuras hidráulicas y en la agricultura por las diferentes variaciones climáticas.

De manera tradicional, la determinación de parámetros como la capacidad de campo, el punto de marchite permanente y la conductividad hidráulica saturada implica el uso de laboratorios que resultan costosos y arduos. En este contexto, las ecuaciones de pedotransferencia (EPT) son herramientas útiles que facilitan la estimación indirecta de las características hidráulicas del suelo empleando datos que son accesibles como es la textura, humedad gravimétrica, densidad aparente y el contenido de materia orgánica [4].

En Ecuador, y específicamente en la provincia de Cotopaxi, hay pocos estudios disponibles que validen la aplicación de las ecuaciones de pedotransferencia (EPT) en la zona alto andina. Investigaciones previas han demostrado que las (EPT) desarrolladas en diferentes regiones pueden no ser directamente aplicables debido a las características únicas de los suelos locales, como la presencia de andisoles con alta porosidad y contenido de materia orgánica, por eso es muy necesario aplicar ecuaciones de pedotransferencia hechas especialmente para estas zonas de estudio, de modo que representen con exactitud las características del suelo y del clima local [5].

En la región andina, los páramos se los caracteriza por sus pisos altitudinales como son: el piso Montano que se encuentra entre los 1800 y 3000 metros sobre el nivel del mar y el piso Montano Alto que abarca entre 3000 y 4000 m.s.n.m en estribaciones occidentales, la vegetación cambia dependiendo la altitud y las condiciones climáticas en cada cima. Esta dinámica genera una

notable diversidad ecológica que se relaciona a la geografía y la edafología de las regiones montañosas [6] [7].

Este estudio busca identificar con precisión los parámetros hidráulicos e hidrológicos del suelo en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi, utilizando ecuaciones de pedotransferencia y datos obtenidos directamente en el terreno. Para realizar esta investigación se planteó un muestreo representativo del suelo en diferentes zonas, con el fin de analizar sus propiedades físicas como la textura y humedad en el laboratorio. A partir de estos resultados realizar estimaciones de las propiedades físicas del suelo, como es la conductividad hidráulica, capacidad de campo, punto de marchitez y el contenido orgánico y compararlas con información proporcionadas por instituciones oficiales, con el objetivo de valorar la utilidad y exactitud de las ecuaciones de pedotransferencia aplicadas en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi.

2.1. Situación Problemática

En la zona andina del Ecuador, en los ecosistemas alto andino presentan zonas importantes para la regulación del recurso hídrico. Estos suelos tienen una gran capacidad de almacenamiento y liberación de agua en el transcurso del tiempo, gracias a esto garantiza el abastecimiento en las actividades agrícolas, domésticas y en sectores de una altitud menor [8]. Pero durante las últimas décadas se ha incrementado la expansión de la frontera agrícola, deforestación y un uso inadecuado de suelo, debido a esto se ha generado una alteración significativa en las propiedades físicas y el comportamiento en el ciclo hídrico [9]. Este problema se empeora por el clima, ya que hay eventos extremos como la sequía e intensas lluvias cada vez más frecuentes, efectuando la infiltración, retención y disponibilidad del recurso hídrico en estos sectores [10].

Por ello estudiar los parámetros hidráulicos e hidrológicos de estos suelos es fundamental para comprender el uso y manejo. Los resultados generados contribuirán en prever los riesgos en las pérdidas de cobertura vegetal, en la degradación de la estructura del suelo y contribuirán en las estrategias de conservación y optimización en la sobre explotación agrícola [11].

2.2. Formulación del problema

La falta de información específica de las propiedades hidráulicas e hidrológicas en los suelos alto andinos de Cotopaxi dificulta su gestión. Los procedimientos son costosos y limitados, por lo cual es necesario usar estos parámetros mediante las ecuaciones de pedotransferencia adaptadas en las condiciones edafológicas locales.

2.3. Objetivo y Campo de Acción

2.3.1. Objeto de Investigación

Esta investigación se centra en la determinación de los parámetros hidráulicos e hidrológicos del suelo en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi. Tiene como propósito estimar las variables como, la conductividad hidráulica saturada, capacidad de campo, punto de marchitez y el carbono orgánico a partir de las ecuaciones de pedotransferencia y con datos recolectados en el campo llevados al laboratorio, con ello se realizará las comparaciones de los resultados de las EPT e instituciones oficiales.

2.3.2. Campo de Acción

2508. Hidrología [1].

2508.13 Humedad del Suelo [1].

2511. Ciencias del Suelo (Edafología) [1].

2511.04 Química de Suelos [1].

2511.05 Clasificación de Suelos [1].

2511.07 Ingeniería de Suelos [1].

2511.12 Física de Suelos [1].

2.4. Beneficiarios

2.4.1. Directo

Profesionales en ingeniería hidráulica, ambiental, agronomía, agricultores y comunidades locales de la zona altoandina de la provincia de Cotopaxi, instituciones educativas y centros de investigación.

2.4.2. Indirecto

Instituciones gubernamentales y organismos reguladores del agua, productores agroindustriales y ganaderos, comunidad estudiantil; hidráulicos, agronomía, ambientales.

2.5. Justificación

En el manejo sostenible del recurso hídrico en el ecosistema altoandino se requiere información precisa sobre las propiedades físicas e hidrológicas del suelo. En la provincia de Cotopaxi hay una limitada caracterización local, a lo cual dificulta la planificación de prácticas agrícolas

eficientes y el diseño de infraestructuras hidráulicas que se adapten a las condiciones edafoclimáticas en la región.

En la obtención de los parámetros como la conductividad hidráulica saturada, capacidad de campo y el punto de marchitez los procesos de laboratorio son extensos, con costos altos y en tiempos prolongados. Dada estas limitaciones, el uso de las ecuaciones de pedotransferencia son una alternativa técnica, adecuada permitirán estimar las propiedades a partir de la textura, clasificación de textura y la humedad gravimétrica, de manera que son más accesibles y fáciles de obtener.

Esta investigación se justifica en el ámbito técnico, social y académico. Se enfoca en desarrollar ecuaciones precisas para el manejo del recurso hídrico en zonas altas, favoreciendo a las comunidades rurales al brindar información útil para el manejo en la producción agrícola y conservación del agua. En la parte académica, se fortalecerá el conocimiento científico sobre los suelos andinos, sirviendo así para futuras investigaciones sobre gestión de suelo y en la ingeniería hidráulica.

2.6. HIPOTESIS.

La aplicación de las ecuaciones de pedotransferencia permite estimar de manera indirecta los parámetros hidráulicos e hidrológicos del suelo, considerando las variables fácilmente medibles como es la textura, densidad aparente y humedad gravimétrica. Este enfoque nos facilita la obtención de información para garantizar el comportamiento del suelo.

2.7. Objetivos

2.7.1. General

Determinar parámetros hidráulicos – hidrológicos del suelo a partir de ecuaciones de pedotransferencia e información in situ de la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi.

2.7.2. Específicos

- Recolectar muestras de suelo de forma distribuida en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi para la estimación de parámetros hidráulicos – hidrológicos.
- Obtener parámetros hidráulicos – hidrológicos del suelo a partir del análisis de laboratorio de las muestras tomadas en el campo.
- Analizar las diferencias entre los resultados obtenidos en campo y los datos reportados por las entidades oficiales a nivel local y nacional.

2.8. Sistemas de Tareas

Tabla 3. Sistema de Tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Recolectar muestras de suelo de forma distribuida en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi para la estimación de parámetros hidráulicos – hidrológicos.	Planificación del muestreo y selección de puntos representativos en campo.	Muestras obtenidas.	GPS para la localización precisa de los puntos de muestreo.
	Aplicación de calicatas para obtener las muestras recolectadas.	Muestras de suelo de los diferentes sectores de la zona alto andina en la provincia de Cotopaxi.	Herramientas de campo (flexómetro, pala, barreta, cinta, fundas ziploc)
	Registro, etiquetado y conservación de las muestras recolectadas.	Muestras de suelo organizada por sector, número de calicata y horizonte	Equipos para la toma de muestra, funda ziploc, marcadores o cinta de etiqueta, pala pequeña.
Obtener parámetros hidráulicos – hidrológicos del suelo a partir del análisis de laboratorio de las muestras tomadas en el campo.	Análisis de textura, densidad aparente y humedad gravimétrica en el laboratorio.	Parámetros hidráulicos e hidrológicos estimados para cada muestra tomada.	Resultados de laboratorio
	Aplicación de ecuaciones de pedotransferencia para estimar propiedades como conductividad hidráulica y retención de agua.		Ecuaciones de pedotransferencia.
			Software de cálculo Excel.
Analizar las diferencias entre los resultados obtenidos en campo y los datos reportados por las entidades oficiales a nivel local y nacional.	Recopilación de información secundaria de fuentes oficiales.	Base de datos consolidada con información oficial sobre los parámetros del suelo de las zonas alto andinas de la provincia de Cotopaxi.	Base de datos institucionales.
	Comparación de datos	Resultados cuantitativos que muestren el nivel de coincidencia entre los datos obtenidos en el campo y los datos institucionales.	Software estadístico Excel
	Interpretación de diferencias y coincidencias.	Análisis detallado de las variaciones entre datos in situ y datos secundarios.	Técnicas de análisis comparativo.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

El estudio de las propiedades hidráulicas e hidrológicas del suelo es importante en el estudio de las regiones de montaña en este caso en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi ya que las condiciones edafoclimáticas son variables. Este comportamiento del suelo al retener y transmitir el agua no solo se usa para realizar alguna infraestructura o un sistema de riego, sino también en la gestión de las cuencas hidrográficas, en explotación agrícola y en la sostenibilidad de los recursos hídricos en ecosistemas de altitudes altas. Por ello el desarrollo de herramientas

metodológicas que permitan estimar con exactitud las propiedades hidráulicas del suelo se ha convertido en prioridad en diversos campos de investigación, ya sea académico como técnico.

Las ecuaciones de pedotransferencia (EPT) emergieron como una solución variable para estimar parámetros de difícil medición, como es la conductividad hidráulica saturada, la humedad gravimétrica, el punto de marchitez y el carbono orgánico. Estas ecuaciones o funciones empíricas permiten predecir las propiedades hidráulicas a partir de datos accesibles como lo es la textura de suelo, la densidad aparente y el contenido de materia orgánica. Su aplicación ha sido evidenciada en diferentes países con suelos tropicales, templados y áridos, así utilizando modelos ajustados estadísticamente para cada localidad. Sin embargo, su confiabilidad depende directamente del contexto edafológico y climático en el que se aplican [12][13].

Diversos estudios internacionales han contribuido para la mejora y la validación de estas ecuaciones. En Alemania, Wosten, Lilly, Nemes y Le Bas, desarrollaron una base de datos panamericana para generar EPT aplicables en el continente [12], mientras que, en Estados Unidos, Rawls y Brajensiek sentaron las bases para su uso a nivel continental [13]. La más reciente es la herramienta Rosetta, que fue desarrollada en USA, esta herramienta ha permitido integrar algoritmos de regresión y redes neuronales para mejorar la estimación de los parámetros de la curva de retención de humedad del suelo [14]. Así mismo como en diferentes regiones se han promovido EPT específicos para suelos lateríticos, aluviales o volcánicos, demostrando la importancia de adaptar estos modelos a diferentes condiciones locales.

En América Latina, las investigaciones sobre EPT han tomado impulso en países como México, Brasil, Chile y Argentina, donde la variable edáfica y climática ha impulsado el desarrollo de modelos específicos. Por ejemplo, en Brasil se han propuesto funciones para suelos derivados de basalto, y en la región centro norte de México, estudios de Ramos han ajustado modelos para los suelos agrícolas en condiciones semiáridas [15]. Estas experiencias ayudan a la necesidad de disponer las ecuaciones ajustadas a las características de cada región.

Colombia también desarrolló investigaciones similares. Reyes Álvarez evaluó diferentes funciones de pedotransferencia EPT para estimar la microporosidad de un suelo Typic Hapludox, comparando parcelas en diferentes usos. Ese estudio demostró una correlación significativa para las diferentes propiedades físicas del suelo y el comportamiento hidráulico, por lo cual resalta la aplicabilidad de las ecuaciones de pedotransferencia en las zonas tropicales [16].

Por otro lado, se tiene a Perú en donde Visconti implementó una función de pedotransferencia para estimar el contenido de humedad en suelos con fragmentos rocosos, que es una condición frecuente en las regiones andinas. Por ende, permitió mejorar la caracterización hídrica del suelo sin recurrir a mediciones directas, así apoyándose en modelos estadísticos adaptables para las condiciones del terreno [17].

En Ecuador, pese a la importancia del recurso hídrico ya sea en la planificación territorial como en la agrícola, las investigaciones sobre las funciones de pedotransferencia aún son limitadas. Existen estudios puntuales en la Sierra central y en zonas de influencia urbana, por lo cual la mayoría de modelos utilizados son de fuentes internacionales o adaptaciones de modelos extranjeras [18]. Esto representa una brecha significativa para las zonas rurales o ecológicas en las partes de los páramos, donde los suelos presentan una alta porosidad, contenido variable de carbono orgánico y una dinámica hídrica compleja debido a su altitud, clima frío y cobertura vegetal.

La provincia de Cotopaxi, localizada en la parte central de Ecuador, ofrece condiciones ideales para esta investigación. Ya que su geografía tiene suelos volcánicos, con terrenos de pendientes altamente inclinadas y una estrecha dependencia en los recursos hídricos en actividades agrícolas. La determinación a partir de las ecuaciones de pedotransferencia de las propiedades hidráulicas en esta región no solo puede reducir costos de caracterización, sino también mejorar los insumos técnicos para la conservación de suelos, sistemas de riego y la restauración ecológica. Por ello, la validación de estas funciones en suelos alto andinos puede ofrecer un precedente técnico y metodológico para la aplicación en diferentes zonas con condiciones similares, ya sea dentro o fuera del país.

Por ello, este proyecto tiende a generar un conocimiento técnico aplicable en las zonas alto andinas de la provincia de Cotopaxi. Para esto la determinación de los parámetros hidráulicos e hidrológicos del suelo se llevarán a cabo con las funciones de pedotransferencia ajustando a los datos reales obtenidos en campo y en el laboratorio. La integración de estas funciones contribuirá a una planificación hídrica más precisa, adaptable y sostenible.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Zonas andinas y alto andinas

La región andina del Ecuador se caracteriza por tener diferentes pisos altitudinales los cuales van desde los 1800 m.s.n.m hasta más de 3.400 m.s.n.m, que tiene una gran diversidad climática, ecológicas y edáficas [7]. Dentro de ello, las zonas alto andinas comprenden diferentes territorios que se distinguen por tener temperaturas bajas, una humedad alta, la

vegetación que es adaptada al clima frío y por sus suelos de origen volcánico con niveles altos de materia orgánica [19]. Estas zonas cumplen un papel fundamental en la regulación hídrica de las cuencas.

Las zonas alto andinas se pueden dividir en distintos pisos ecológicos:

-Páramo: Es el ecosistema alto andino se extiende entre los 3.200 m.s.n.m y 4.200 m.s.n.m. Se caracterizan por tener una vegetación herbácea densa, una alta capacidad de retención hídrica y suelos esponjosos [7].

-Piso Montano: Es una formación típica andina. El clima es notablemente, con temperaturas menores que en los lugares bajos y continúa condensación de niebla. Este tiene como un rango altitudinal de 1.800 m.s.n.m a los 3000 m.s.n.m. en el norte de las estribaciones occidentales [7].

-Piso Montano alto: Se encuentra en la franja final de la vegetación no herbácea. Su limitación coincide con la distribución inferior de los páramos. Tiene un rango altitudinal aproximado desde los 3.000 m.s.n.m a 3.400 m.s.n.m. en el norte de las estribaciones occidentales [7].

3.2.2. Ecosistemas del páramo

Los páramos se desarrollan dentro de las zonas alto andinas, son ecosistemas únicos por la capacidad que tienen de captar, almacenar y liberar el agua de forma gradual. Estos suelos son habitualmente orgánicos, con alta porosidad, esponjosidad alta y un contenido de materia orgánica elevada, por lo que tiene una gran capacidad de retención de humedad [20].

Los páramos tienen diferentes vegetaciones como son:

- Páramo herbáceo
- Páramo de frailejones
- Páramo de almohadillas
- Páramo arbustivo
- Páramo seco [7].

3.2.3. El suelo

El suelo es un cuerpo tridimensional naturalmente formado del resultado de la descomposición de rocas, la materia orgánica a lo largo del tiempo, influenciado por el cambio climático, la topografía, el material parental, los organismos y el tiempo. Esta formación da lugar la formación de los horizontes edáficos, que son las capas distinguibles con las propiedades físicas, químicas y biológicas [21].

Sus principales horizontes son:

Horizonte O: Rico en materia orgánica, que está formado de la descomposición de los restos de vegetales [23].

Horizonte A: Es la capa superficial mineral la cual está mezclada con la materia orgánica; este suelo es el más fértil [22].

Horizonte B: Acumulación de arcillas, óxidos de hierro y componentes de lixiviados de las capas superiores [22].

Horizonte C: Material parental con poca alteración que deriva el suelo [22].

Horizonte R: Roca madre, este horizonte no se presenta en todos los perfiles [23].

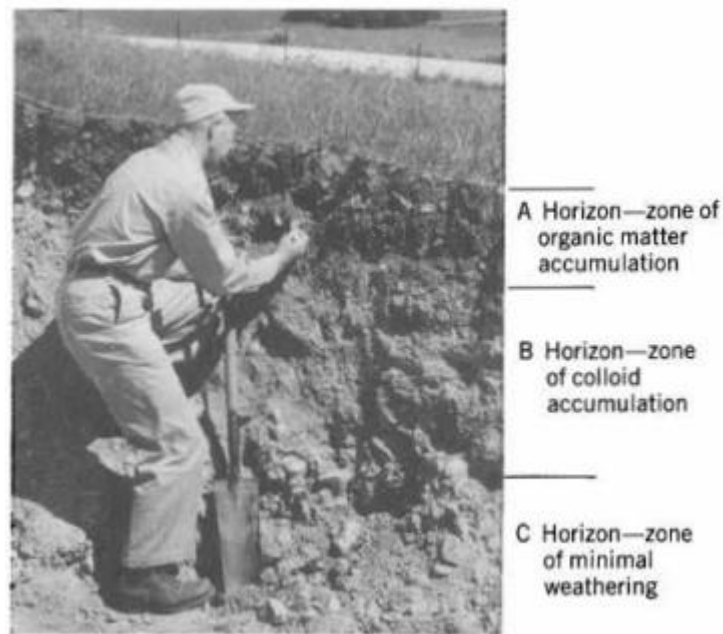


Figura 1. Horizontes del suelo A, B y C (Photograph USDA.) [21].

3.2.4. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo determinan el comportamiento frente al almacenamiento del agua y el movimiento [22]. Se clasifican en:

3.2.4.1. Textura

Proporción relativa de diferentes tamaños, como es la arena, limo y arcilla. Si un suelo es mezclado se tiene los tres componentes llamados como textura franca. [22].

CLASIFICACION TEXTURAL	% ARENAS	% LIMO	% ARCILLA	TIPO
ARENAS	85-100	0-18	0-10	LIGERO
ARENA MIGAJON	70-90	0-30	0-15	LIGERO
MIGAJON ARENOSO	52-82	0-48	0-20	LIGERO
MIGAJON ARCILLO ARENOSO	45-80	0-28	20-35	MEDIO
MIGAJON ARCILLO LIMOSO	0-20	20-72	28-40	MEDIO
FRANCO	24-52	28-50	8-28	MEDIO
MIGAJON LIMOSO	0-50	50-80	0-28	MEDIO
MIGAJON ARCILLOSO	20-45	15-52	28-40	MEDIO
LIMO	0-20	80-100	0-12	MEDIO
ARCILLA ARENOSA	45-65	0-20	35-55	PESADO
ARCILLA	0-45	0-40	40-100	PESADO
ARCILLA LIMOSA	0-20	40-60	40-60	PESADO

Figura 2. Textura del suelo [22].

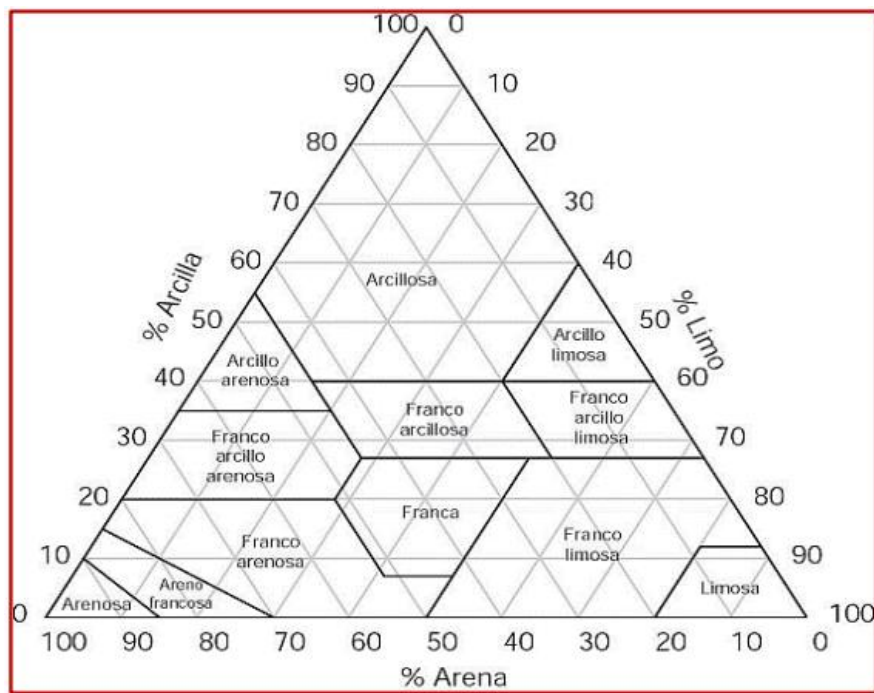


Figura 3. Triángulo de textura [23].

3.2.4.2. Estructura

Es la agrupación de las partículas individuales de arena, limo y arcilla, por lo que cuando estas partículas individuales se agrupan son conocidas como agregado [22].

Las clases de estructuras de suelo son:

- Muy fina o muy delgada
- Fina o delgada
- Mediana
- Gruesa o espesa
- Muy gruesa o espesa
- Muy gruesa o muy espesa [22].

3.2.4.3. Color

El color del suelo es un indicador que se lo puede distinguir con tan solo verlo en diferentes propiedades edáficas, como son la presencia de los minerales o el contenido de humedad, su variación depende de las condiciones del entorno. Esta característica es muy importante, ya que en la temperatura del suelo influye directamente, debido a que es un factor determinante en el desarrollo del suelo [22].

Por lo general, estos suelos son de una tonalidad clara que reflejan la radiación solar, los que tienen un color más oscuro tienden a absorber más, favoreciendo así en el aumento de temperatura [22].

Este efecto es mucho más notable en las estaciones como la primavera. Además, una tonalidad oscura suele indicar una alta concentración de materia orgánica [22].

El color también varía mucho según la profundidad, esto permite que se pueda distinguir de manera visual los diferentes horizontes del perfil edáfico. Al realizar un corte vertical en el suelo se puede observar las capas con diferentes tonalidades, como es en gris claro, que facilita su análisis y clasificación [22].



Figura 4. Color del suelo. [24].

3.2.4.4. Contenido de carbono orgánico

El contenido de carbono orgánico del suelo es un indicador muy importante en la parte edáfica, por lo que influye directamente en la formación física, químicos y biológicos. Este parámetro presenta cual es la cantidad de carbono que existe en la materia orgánica del suelo, la cual está derivada de los residuos vegetales, los microorganismos, las sustancias húmicas [25].

Este tiene un gran impacto directo a la capacidad del suelo al retener agua, para mejorar su estructura, favoreciendo en la aireación y facilitando el desarrollo radicular. También ayuda a

regular la actividad microbiológica, a promover la formación de los agregados estables y actuando como un reservorio de nutrientes para las plantas. Su presencia, además reduce la erosión y aumenta la resistencia del suelo frente a eventos extremos como son las lluvias intensas y las sequías [26] [27].

3.2.5. Parámetros hidráulicos

Los parámetros hidráulicos son importantes porque describen la capacidad del suelo para el almacenamiento y conducción del agua a través de sus poros. También ayudan a comprender el comportamiento de la humedad del suelo en cada perfil y en su proceso como la infiltración, escorrentía o la percolación [28] [29]. Los principales parámetros hidráulicos son:

- **Conductividad hidráulica saturada (Ks):** Evalúa con qué velocidad se mueve el agua a través del suelo completamente saturado. Este dependerá de la textura, estructura y compactación del suelo [29].
- **Humedad a capacidad de campo (Θ_{CC} o Θ_{33}):** Es la cantidad de agua que puede almacenar en el suelo después de haber drenado el exceso por gravedad. Esto indica si el terreno será útil para las plantas [29].
- **Punto de marchitez permanente (Θ_{PMP} o Θ_{1500}):** Es el nivel de humedad que se encuentra debajo de las plantas en el cual no pueden extraer agua. Marcando así el límite inferior del agua aprovechable [29].
- **Contenido de agua aprovechable (CAA):** Esta es la diferencia que tiene entre la capacidad de campo y el punto de marchitez. Por el cual se refleja un rango útil de humedad para el desarrollo vegetal [29].

3.2.6. Parámetros hidrológicos

Los parámetros hidrológicos son las propiedades del suelo que influyen en el comportamiento edáfico de las cuencas, principalmente en su disponibilidad, el movimiento y su almacenamiento. A diferencia de los parámetros hidráulicos, estos son más específicos en el perfil del suelo, y los hidrológicos nos permiten escalar los procesos a nivel del paisaje y en los sistemas agrícolas [30]. Son los siguientes:

- **Escorrentía superficial potencial:** Es la cantidad de agua que fluye en la superficie del suelo y no se infiltra, esto se debe a la compactación del suelo, de la pendiente y el manejo del suelo [30].
- **Tiempo de retención del agua en el perfil:** Es la duración en la que el agua se encuentra en la superficie del suelo antes de infiltrarse o de evaporarse [30].

- **Capacidad de almacenamiento del suelo:** Cantidad o volumen de agua que se retiene en el suelo y está libre para ser usado para las plantas [30].
- **Infiltración efectiva:** Facilita que el agua logre ingresar al suelo, con ello aporta en la contribución de la recarga del perfil o al flujo subterráneo [30].

Estos parámetros son esenciales para una buena planificación del uso del suelo, el manejo de cuencas y estimaciones del balance hídrico. Estos pueden ser también determinados a partir de mediciones de campo, análisis de laboratorio o también con las ecuaciones de pedotransferencia [29][30].

3.2.7. Modelos de ecuaciones de pedotransferencia

Existen varios modelos de ecuaciones de pedotransferencia, estos pueden agruparse dependiendo si está en función de su estructura y complejidad.

Modelos lineales múltiples: Se los utiliza en regresiones lineales para la estimación de las propiedades hidráulicas a partir de sus variables como son la textura, el carbono orgánico y la densidad aparente. Como ejemplo es el modelo de Cosby (1984) que permite estimar la conductividad hidráulica (K_s , Θ_{33}) y la humedad o punto de marchitez (Θ_{1500}) [31].

Modelos no lineales o logarítmicos: Representan las relaciones más complejas, como los autores Saxton y Rawls (2006) manifestaron las ecuaciones que consideraran interacciones entre la textura y la materia orgánica [32].

Modelos de aprendizaje automático: A este modelo se incorporan las técnicas que son las redes neuronales artificiales de (Minasny y McBratney, 2002) [33] y los algoritmos que son los llamados árboles de decisión por Tóth, 2015 [34] para tener una mejor precisión en las estimaciones.

Modelos empotrados en software o bases de datos: Son las herramientas como: lo es Rosetta, HYPRES o SoilGrids que contienen algoritmos de las ecuaciones de pedotransferencia por lo que permiten lograr las estimaciones en escala regional o global [34].

Para elegir un modelo de ecuación depende de los datos disponibles.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. Metodología

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, por lo que se busca obtener resultados que sean medibles y verificables de las propiedades físicas del suelo en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi. Se responderá a la problemática que se enfrentan los agricultores de las

zonas de estudio ya que no existe información detallada y confiables de las características hidráulicas del suelo, que dificulta una adecuada planificación de riego y una gestión sostenible del recurso hídrico.

Para realizar esta situación, se va aplicar técnicas de muestreo de diferentes sectores lo que representarán las respectivas calicatas, obteniendo las muestras de suelo con diferentes horizontes. Luego serán enviadas al laboratorio para determinar la textura y su clasificación. Desde estos datos se realizará el cálculo con las ecuaciones de pedotransferencia, que se obtendrán los parámetros hidráulicos como la conductividad hidráulica, la conductividad hidráulica saturada, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el contenido de carbono orgánico.

El proceso y análisis de los datos obtenidos nos permitirá generar información útil y específica para la zona de estudio. Con esto se contribuirá para resolver la problemática existente, así brindando a los sectores datos precisos sobre la capacidad de retención y drenaje del suelo, esta información es fundamental para mejorar la productividad agrícola y el manejo del recurso hídrico en la región alto andina.

4.2. Descripción del proyecto

El fin de este proyecto es evaluar y estimar los parámetros hidráulicos e hidrológicos del suelo en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi, esto se llevará a cabo a partir de las ecuaciones de pedotransferencia. Por ende, este estudio se enfocará en la recolección de datos edafológicos en el campo, el análisis del laboratorio y la aplicación de los modelos empíricos que nos permiten calcular las propiedades del suelo como son la conductividad hidráulica, humedad de campo, el punto de marchitez y el contenido de carbono orgánico.

Esta investigación tiene como objetivo que el modelo de estimación sea confiable para suelos de origen volcánico los cuales son muy variados en su textura y contenido de materia orgánica que presenta en las zonas de estudio, como altitudes superiores a los 1800 msnm. Por lo tanto, las ecuaciones de pedotransferencia permitirán comparar los resultados del laboratorio y las entidades a nivel local y nacional.

Con la información y resultados obtenidos se aplicarán las EPT seleccionadas, con ello se compararán los valores calculados con los registros oficiales que nos permitirán identificar el nivel de precisión y utilidad de las ecuaciones para la caracterización de los suelos en la región. Este proyecto también contribuirá con el conocimiento técnico y científico sobre los suelos alto andinos, por ende, facilitará la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos, la

planificación de las actividades agrícolas y la conservación de suelos en la provincia de Cotopaxi.

4.3. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo ilustrado es el proceso completo que parte desde la selección del área de estudio hasta la interpretación y validación del modelo.

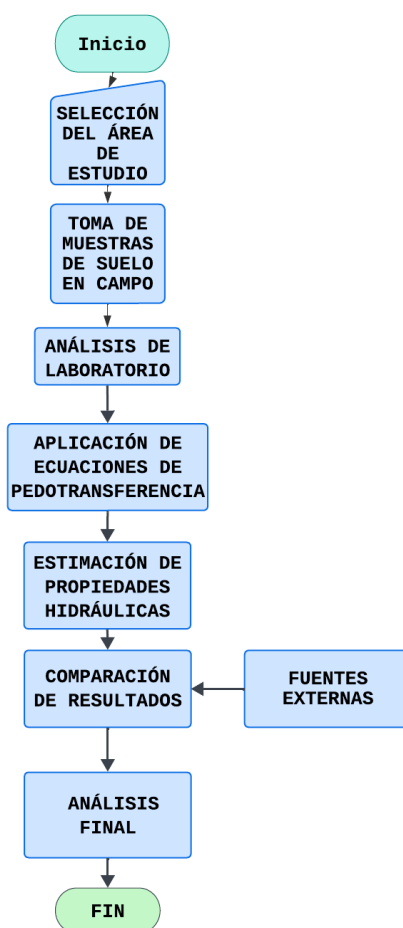


Figura 5. Esquema Metodológico.

Elaborado por: Camila Torres.

4.4. Área de estudio

El área de estudio cubre una superficie representativa de suelos agrícolas. En estas zonas hay una gran cantidad de pastoreo, en estos sectores también se encuentra una gran variedad de vegetación propia del ecosistema. Las elevaciones altitudinales están en un rango de 1800 m.s.n.m en Montano, en Montano alto de 3000 m.s.n.m y a más de 3400 m.s.n.m en páramos [19]. Estas zonas alto andinas de la provincia de Cotopaxi, Ecuador, abarcan los sectores rurales de Angamarca, Zumbahua, Chugchilán y Sigchos, que se representa en la figura 5.

En este estudio se busca dar respuesta a la problemática a partir de la caracterización de los suelos detallados en los sectores, obteniendo así datos confiables sobre las propiedades hidráulicas e hidrológicas. Se pretende generar información técnica que permitirá implementar en la zona agrícola, que contribuirá en la conservación del suelo y en la protección de los ecosistemas alto andinos de la provincia de Cotopaxi.

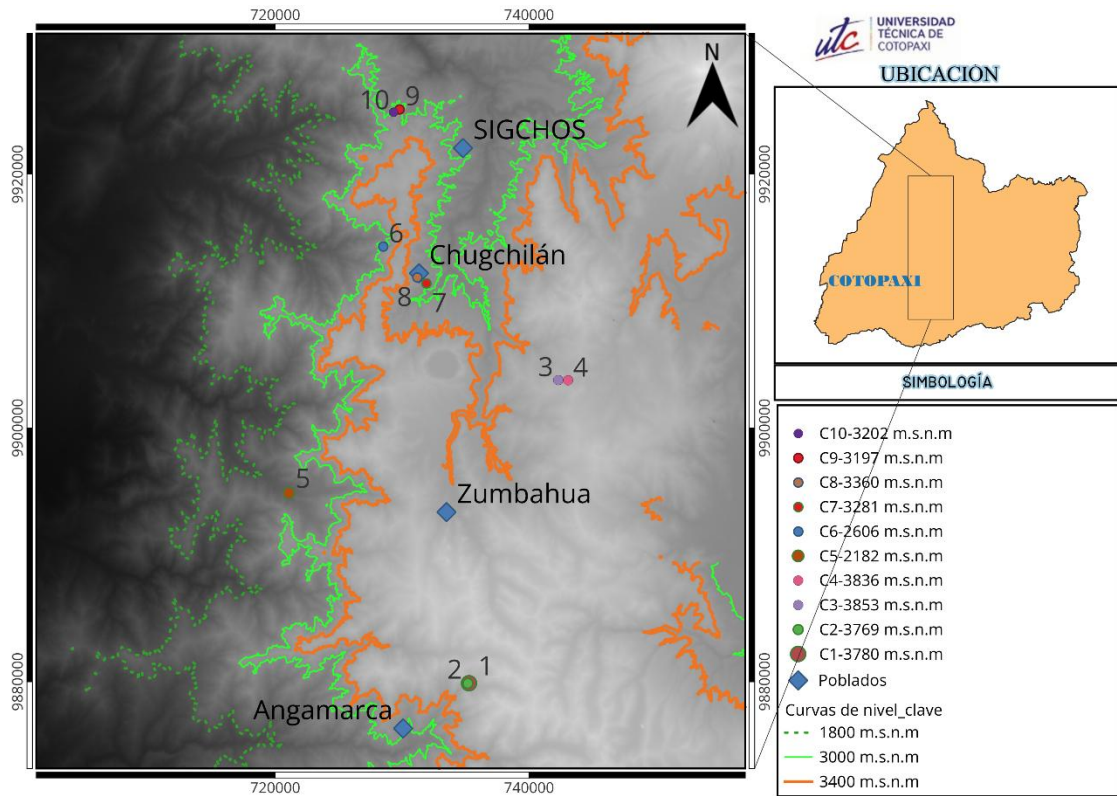


Figura 6. Esquema Metodológico.

Elaborado por: Camila Torres.

4.5. Procedimiento de muestreo en campo

Este proceso para la obtención de datos en el campo se desarrolló siguiendo una sucesión adecuada teniendo así las actividades planificadas que garantizarán la representatividad y calidad de las muestras recolectadas. En cada etapa fueron aplicadas las técnicas adecuadas para poder registrar las condiciones físicas del suelo, asegurando que la información sea confiable para los análisis de laboratorio. En la tabla 3 se podrá observar de forma detallada las fases realizadas, instrumentos que se usó y observaciones que se consideraron durante el trabajo de campo.

Tabla 4. Proceso para la obtención de muestras de suelo.

Etapa	Descripción de las actividades	Materiales e Instrumentos	Observaciones
Selección de la zona de estudio	Identificación de diferentes sectores, considerando la altitud, relieve y el uso del suelo.	Información previa, GPS.	Se definió diez puntos de muestreo en diferentes pisos altitudinales.
Excavación para las calicatas	Medidas de 1m x 1,50 m x 1,50 m, se extrajo los horizontes según el grosor de cada uno de ellos.	Flexómetro o cinta, palas, picos, barretas.	Calicatas georreferenciadas.
Registro in situ	Medición para cada calicata, según su descripción morfológica (color, estructura, consistencia y cobertura vegetal).	Marcadores, pizarra, fundas ziploc, GPS.	Los datos de coordenadas y altitudes fueron anotados en la pizarra.
Recolección de muestras	Extracción de cada tipo de suelo por calicata para su análisis.	Fundas ziploc, etiquetadas, marcadores.	Las muestras fueron identificadas con un código, ubicación de muestra y fecha.
Análisis de laboratorio	Determinación de textura y humedad gravimétrica.	Equipos de laboratorio.	Datos procesados enviados al correo para aplicar las ecuaciones de pedotransferencia.

4.6. Uso de las ecuaciones de pedotransfrenca

4.6.1. Definición y aplicación de las EPT

Las ecuaciones de pedotransferencia son modelos matemáticos o empíricos, los cuales permiten estimar las propiedades hidráulicas e hidrológicas del suelo mediante variables fácilmente medibles en el campo y laboratorio. En estas variables se incluyen lo que son texturas, densidad aparente, contenido de materia orgánica y la estructura del suelo. Varios estudios han indicado que las EPT son más utilizadas para obtener valores de conductividad hidráulica, la humedad a capacidad de campo, punto de marchitez y el carbono orgánico [35] [36]. Estas herramientas son indispensables para zonas de difícil acceso, ya que al momento de realizar las mediciones in situ puede ser complejo y costoso [37]. En esta investigación las ecuaciones de pedotransferencia se las aplicará sobre los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, lo que permite calcular los parámetros claves para la caracterización hidráulica en los suelos alto andinos de la provincia de Cotopaxi.

4.6.2. Información edáfica oficial utilizada

Para llevar a cabo esta investigación y asegurar la validez de los resultados con las ecuaciones de pedotransferencia, se realizó un proceso con datos edáficos oficiales y de estudios regionales. Para ello se usaron datos disponibles del (MAG) Ministerio de Agricultura y Ganadería, los cuales tienen reportes técnicos aplicables a zonas de montaña y páramo. También se utilizarán las publicaciones de la FAO, quienes describen la parte física hidrológica de suelos volcánicos [38]. Las fuentes utilizadas fueron complementadas con literatura internacional basada en suelos alto andinos de diferentes países. Estos datos como la conductividad hidráulica, humedad a capacidad de campo, punto de marchitez y contenido de carbono orgánico, nos permitirá tener una comparación de datos de las instituciones y de las ecuaciones, comparando así los dos resultados obtenidos.

4.6.3. Modelos de ecuaciones de pedotransferencia utilizados para calcular los parámetros hídricos.

4.6.3.1. Conductividad hidráulica.

1. Cosby (1984) [39]

$$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$$

Donde:

K_s (cm/h): conductividad hidráulica.

Sa (%): contenido de arena.

Cl (%): contenido de arcilla.

2. Puckett (1985) [39]

$$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$$

Donde:

K_s (cm/h): conductividad hidráulica.

Cl (%): contenido de arcilla.

4.6.3.2. Conductividad hidráulica saturada.

3. Cosby et al. (1984)

$$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0126*SA-0.0064*CL)}$$

Donde:

K_{sat} : conductividad hidráulica saturada (cm/h).

SA (%): contenido de arena.

CL (%): contenido de arcilla.

4.6.3.3. Capacidad de campo.

4. Lal (1978) [39]

$$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 * Cl$$

Donde:

θ_{33} (g/g): contenido de humedad a 33 kPa, capacidad de campo.

Cl (%): contenido de arcilla.

5. Dijkerman (1988) [39]

$$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 * Sa$$

θ_{33} (g/g): contenido de humedad a 33 kPa, capacidad de campo.

Sa (%): contenido de arena.

4.6.3.4. Punto de marchitez permanente.

6. Pidgeon (1972) [39]

$$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 * Cl$$

θ_{1500} (cm³/cm³): contenido de humedad a 1 500 kPa, punto de marchitez permanente.

Cl (%): contenido de arcilla.

7. Aina and Periaswamy (1985) [39]

$$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 * Cl$$

Donde:

θ_{1500} (cm^3/cm^3): contenido de humedad a 1 500 kPa, punto de marchitez permanente.

Cl (%): contenido de arcilla.

8. Rawls et al. (1982) [39]

$$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 * Cl$$

Donde:

θ_{1500} (cm^3/cm^3): contenido de humedad a 1 500 kPa, punto de marchitez permanente.

Cl (%): contenido de arcilla.

4.6.3.5. Contenido de carbono orgánico

9. Pidgeon (1972) [39]

$$\theta_{33} = \frac{3.61 + 0.16 * Si + 0.3 * Cl + 3 * OC}{95}$$

Despejamos OC

$$OC = \frac{\theta_{33} * 95 - 3.61 - 0.16 * Si - 0.3 * Cl}{3}$$

Nomenclatura utilizada:

OC (%): contenido de carbono orgánico.

θ_{33} (g/g): contenido de humedad a 33 kPa, capacidad de campo.

Si (%): contenido de limo.

Cl (%): contenido de arcilla.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultados

Los análisis presentados a continuación son en base a la investigación realizada, en este apartado se presentan los análisis y discusión de los resultados obtenidos por medio de la investigación a partir de la caracterización física del suelo mediante los muestreos in situ, los resultados de laboratorio y la aplicación de las ecuaciones de pedotransferencia. Este apartado se basará en la interpretación de datos calculados de los parámetros hidráulicos e hidrológicos, los resultados obtenidos se compararán con instituciones técnicas e internacionales como es el MAG, FAO y otras instituciones públicas, teniendo un fin de evaluar su comportamiento en las zona alto andina de la provincia de Cotopaxi.

5.2. Ubicación de los puntos de muestreo (Calicatas)

La selección de los puntos de muestreo para la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi se puede observar en la figura 5. Se realizó usando la información de manera técnica, teniendo como objetivo realizar la representación de las características de los suelos, estas calicatas fueron ubicadas en diferentes sectores estratégicos teniendo en cuentas los rangos altitudinales y uso del suelo.

5.3. Selección de los lugares para los muestreos

Sectores: Para realizar los muestreos se tomaron diferentes lugares para obtener cada horizonte del suelo, los cuales son: Angamarca, Zumbahua, Chugchilán y Sigchos. Dentro de estas parroquias se determinaron puntos estratégicos para realizar los puntos de muestreo o calicatas, facilitando así el análisis de laboratorio de sus características hidráulicas e hidrológicas.

Dimensionamientos para las calicatas: 1 m de ancho por un 1.50 m de largo por 1.50 m de profundidad.

Se podrá verificar en la parte de los Anexos.

5.3.1. Coordenadas por calicata

Para tener los datos de las coordenadas se utilizó una aplicación de GPS (UTM GEO MAP) la cual es una app que se la puede usar sin internet, facilitando así la ubicación de cada calicata. Estos datos se pueden usar para investigaciones futuras. En la siguiente tabla se podrá apreciar las coordenadas UTM, Tabla 4.

Tabla 5. Coordenadas de las calicatas 17M UTM

COORDENADAS 17M UTM		
Sector: Llallachanchi		
CALICATA 1		
X	Y	ALTURA (msnm)
735265	9879888	3780
Sector: Llallachanchi		
CALICATA 2		
735176	9879876	3769
Sector: Cochapungo		
CALICATA 3		
742300	9903780	3853
Sector: Cochapungo		
CALICATA 4		
743073	9903761	3836
Sector: Pilaló-Chaupi		
CALICATA 5		
721073	9894874	2182
Sector: Chugchilán		
CALICATA 6		
728511	9914299	2606
Sector: Chugchilán de Moreta-Sr. Gonzalo Herrera		
CALICATA 7		
731911	9911400	3281
Sector: Chugchilán de Moreta-Sra. Narcisa Díaz		
CALICATA 8		
731196	9911867	3360
Sector: Sigchos-Colestambo-Sr. José Castillas		
CALICATA 9		
729797	9925108	3197
Sector: Sigchos-Colestambo-Sra. Narcisa Umajinga		
CALICATA 10		
729325	9924886	3202

5.4. Resultados obtenidos aplicando las ecuaciones de pedotrasferencia

En el desarrollo de esta investigación se utilizaron las ecuaciones de pedotransferencia con herramientas clave para la estimación de los parámetros fundamentales del suelo, que son indispensables en el análisis hidráulico e hidrológico en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi. Estas funciones son de gran utilidad, ya que nos permiten inferir las propiedades hidráulicas relevantes a partir de los datos obtenidos en el campo y del laboratorio, esto nos ayuda a la optimización de los recursos disponibles.

Para la obtención de los resultados confiables se aplicaron diferentes ecuaciones de pedotransferencia a las muestras recolectadas de cada calicata, que nos permite evaluar los valores calculados y contrastándolos con los rangos admisibles por la literatura científica y por las instituciones públicas. De esta manera se garantizó que las ecuaciones seleccionadas fueran pertinentes y representativas en las condiciones específicas en los suelos alto andinos estudiados.

5.4.1. Análisis de las texturas y parámetros hídricos por autor.

5.4.1.1. Texturas del suelo reportado por el laboratorio (INIAP)

En la tabla 5 de la clasificación de texturas dadas por el INIAP, están distribuidas por sector, calicatas y horizontes que representan a la zona altoandina de la provincia de Cotopaxi. Se realiza la comparación de la clasificación de texturas del MAG en el anexo 46, que está basada en el triángulo de las texturas del suelo, usada para evaluar las tierras por su capacidad de uso.

Se observó mayor cantidad de texturas franco-arenosas y francas en los diferentes horizontes analizados. Estas clasificaciones coinciden con las categorías del MAG, donde FA y F corresponden a la mayor capacidad de uso agrícola, que tienen un buen equilibrio entre la retención de humedades y la facilidad del manejo hídrico.

Tabla 6. Clasificación de texturas (INIAP)

CLASIFICACIÓN DE TEXTURAS (Laboratorio: INIAP)								
SECTOR	CALICATAS	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Llallachanchi	C1	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	N.A	N.A	N.A
	C2	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	N.A	N.A	N.A
Cochapungo	C3	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	N.A	N.A	N.A	N.A
	C4	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	N.A	N.A	N.A	N.A
Pilaló-Chaupi	C5	FRANCO-ARENOSO	ARENOSO-FRANCO	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	ARCILLO-ARENOSO	N.A	N.A
Chugchilán	C6	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	ARENOSO-FRANCO	ARENOSO	N.A	N.A	N.A
Chugchilán de Moreta-Sr.Gonzalo Herrera	C7	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	N.A	N.A	N.A	N.A
Chugchilán de Moreta-Sra.Narcisa Díaz	C8	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	ARENOSO-FRANCO	FRANCO-ARENOSO	ARENOSO-FRANCO	FRANCO-ARENOSO	ARENOSO-FRANCO
Sigchos-Colestambo-Sr.José Castillas	C9	FRANCO-ARENOSO	ARENOSO-FRANCO	ARENOSO-FRANCO	FRANCO	N.A	N.A	N.A
Sigchos-Colestambo-Sra.Narcisa Umajinga	C10	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	FRANCO-ARENOSO	N.A	N.A	N.A	N.A

En el sector de Llallachanchi se encuentran horizontes francos, mientras que en los sectores de Cochapungo y Chugchilán se puede apreciar con mayor presencia las texturas franco-arenosos que son recomendadas para los cultivos que tengan riegos más frecuentes. En Pilaló-Chaupi se obtuvo horizontes con texturas arcillo-arenoso, estos suelos requieren una práctica más cuidadosa para poder evitar los problemas de drenaje y compactación. En fin, esta comparación de texturas del INIAP y MAG, tabla 6 nos confirma que la utilidad de ambas clasificaciones ayuda en la planificación del manejo agrícola y sirve para aplicar en los modelos de pedotransferencia para la estimación de los parámetros hidráulicos adaptados en los diferentes suelos.

Tabla 7. Comparación de texturas INIAP y MAG.

Textura INIAP	Simbología MAG	Categoría MAG	Interpretación
Franco	F	Franco	Tiene buena capacidad agrícola y manejo equilibrado.
Franco-Arenoso	FA	Franco arenoso	Buen drenaje, menos retención de agua.
Arenoso-Franco	AF	Arenoso-franco	Más cercano a suelos arenosos; secado rápido.
Arenoso	A / AM / AG	Arena media/ gruesa	Muy buen drenaje, baja retención de nutrientes.
Arcilloso-Arenoso	YA	Arcillo-arenoso	Menor infiltración, posible compactación.

5.4.1.2. Análisis de la Conductividad hidráulica (Ks) por autor.

En la tabla 7 se presenta el cálculo de la conductividad hidráulica por autores Cosby y Puckett.

Tabla 8. Conductividad hidráulica por autores.

Ks = Conductividad hidráulica (cm/h)								
CALICATA 1								
Autor	Ecuación	HORIZONTE						
		1	2	3	4	5	6	7
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	16,3734	15,4504	18,9731	16,373	N.A	N.A	N.A
Puckett	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	3,68212	3,68212	26,5357	3,6821	N.A	N.A	N.A
	Promedio	10,028	9,566	22,754	10,028	N.A	N.A	N.A
CALICATA 2								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	16,8632	17,8871	20,6890	13,757	N.A	N.A	N.A
Puckett	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	5,46569	12,0430	17,8765	3,6821	N.A	N.A	N.A
	Promedio	11,164	14,965	19,283	8,720	N.A	N.A	N.A
CALICATA 3								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	34,8770	27,6528	26,8497	N.A	N.A	N.A	N.A
Puckett	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	17,8765	17,8765	12,0430	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	26,377	22,765	19,446	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 4								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	42,7504	32,9412	30,1814	N.A	N.A	N.A	N.A
Puckett	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	26,5357	39,3891	26,5357	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	34,6430	36,1652	28,3586	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 5								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	38,1188	66,1820	28,4669	24,611	21,874	N.A	N.A
Puckett	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	86,7899	128,829	17,8765	12,043	2,4805	N.A	N.A
	Promedio	62,4544	97,5058	23,1717	18,327	12,177	N.A	N.A
CALICATA 6								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	38,1188	29,3183	74,3259	99,343	N.A	N.A	N.A

Pucket	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	86,7899	26,5357	128,829	128,82	N.A	N.A	N.A
	Promedio	62,454	27,927	101,578	114,08	N.A	N.A	N.A
CALICATA 7								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	29,7125	24,9654	28,0633	N.A	N.A	N.A	N.A
Pucket	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	9,88472	9,88472	21,7799	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	19,7986	17,4251	24,9216	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 8								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	53,9436	45,3252	70,0713	33,399	65,183	50,18	53,179
Pucket	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	39,3891	39,3891	58,4686	21,779	71,235	47,98	47,989
	Promedio	46,6664	42,3572	64,2699	27,589	68,209	49,08	50,584
CALICATA 9								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	26,8373	74,2574	60,6373	23,918	N.A	N.A	N.A
Pucket	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	8,11318	58,4686	86,7899	17,876	N.A	N.A	N.A
	Promedio	17,4752	66,3630	73,7136	20,897	N.A	N.A	N.A
CALICATA 10								
Cosby	$K_s = 25.5 * 10^{(-0.6+0.0126*Sa-0.0064*Cl)}$	31,5166	25,7359	31,0699	N.A	N.A	N.A	N.A
Pucket	$K_s = 156.96 * e^{(-0.1975*Cl)}$	21,7799	32,3298	26,5357	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	26,6483	29,0329	28,8028	N.A	N.A	N.A	N.A

En la calicata 1 se evaluó los valores de Ks aplicando las ecuaciones de pedotransferencia, los resultados obtenidos de la ecuación de Cosby se muestran los valores 16,37 cm/h, 15,45 cm/h, 18,97 cm/h y 16,37 cm/h en los horizontes analizados, que se evidencia en una tendencia estable entre horizontes. En la ecuación de Pucket se encuentran los valores de cada horizonte que son, 3,68 cm/h, 3,68 cm/h, 26,53 cm/h y 3,68 cm/h, que reflejan valores con mayor dispersión en los resultados.

Con los valores de cada autor se realizó el promedio de cada horizonte, que se obtuvo valores de 10,68 cm/h, 9,56 cm/h, 22,75 cm/h y 10,02 cm/h. Estos promedios fueron considerados en la tabla general de resultados finales de la conductividad hidráulica.

Este procedimiento de cálculo de ambos autores se realizó de forma sistemática para cada calicata faltante, que va desde la calicata 2 hasta la calicata 10, construyendo así una perspectiva integral y homogénea de los parámetros hidráulicos en la zona de estudio.

5.4.1.3. Análisis de la Conductividad hidráulica saturada (ksat) por autor.

En la tabla 9 se presenta el cálculo de la conductividad hidráulica saturada por el autor Cosby et al.

En la calicata 2 se obtuvieron los valores de cada horizonte, siendo el horizonte 1 con el valor de 1,58 cm/h, en el horizonte 2 con 1,68 cm/h, en el horizonte 2 con 1,93 cm/h y en el horizonte 1,30 cm/h.

Tabla 9. Conductividad hidráulica saturada (ksat) por autores.

Ksat = Conductividad hidráulica saturada (cm/h)								
CALICATA 1								
Autor	Ecuación	HORIZONTE						
		1	2	3	4	5	6	7

Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	1,53898	1,45624	1,78333	1,53898	N.A	N.A	N.A
	Promedio	1,539	1,456	1,783	1,539	N.A	N.A	N.A
CALICATA 2								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	1,5850	1,68125	1,93389	1,30386	N.A	N.A	N.A
	Promedio	1,585	1,681	1,934	1,304	N.A	N.A	N.A
CALICATA 3								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	3,18004	2,54937	2,47533	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	3,180	2,549	2,475	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 4								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	3,86574	3,02018	2,77481	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	3,8657	3,0202	2,7748	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 5								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	3,48043	5,89432	2,62079	2,27841	2,02504	N.A	N.A
	Promedio	3,48043	5,89432	2,62079	2,27841	2,02504	N.A	N.A
CALICATA 6								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	3,48043	2,69919	6,58314	8,67828	N.A	N.A	N.A
	Promedio	3,480	2,699	6,583	8,678	N.A	N.A	N.A
CALICATA 7								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	2,72416	2,30798	2,58722	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	2,72416	2,30798	2,58722	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 8								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	4,83096	4,09292	6,20631	3,05375	5,79740	4,51267	4,76907
	Promedio	4,83096	4,09292	6,2063	3,05375	5,79740	4,51267	4,76907
CALICATA 9								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	2,47077	6,55894	5,41543	2,22041	N.A	N.A	N.A
	Promedio	2,47077	6,55894	5,41543	2,22041	N.A	N.A	N.A
CALICATA 10								
Cosby et al.	$K_{sat} = 2.54 * 10^{(-0.6+0.0125A-0.0064CL)}$	2,88957	2,38579	2,85255	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	2,88957	2,38579	2,85255	N.A	N.A	N.A	N.A

En el horizonte 3 se tiene un incremento porque el contenido de arena es un poquito mayor a los demás horizontes.

En este caso, al realizar el cálculo con la ecuación de Cosby et al., no fue necesario promediar ya que el promedio es el mismo valor de sus horizontes, esto se debe a que se usó una sola ecuación para este parámetro. Y se fue realizando el mismo procedimiento en las demás calicatas C1, C3 hasta la C10, representando así característicamente la conductividad hidráulica en la zona de estudio.

5.4.1.4. Análisis de la Capacidad de campo (g/g) por autor.

En la calicata 3 de la tabla 9, se determinó la capacidad de campo aplicando las ecuaciones de pedotransferencia de Lal y Dijkerman.

Tabla 10. Capacidad de campo (g/g) por autores.

CALICATA 1
Q33 = Capacidad de campo (g/g)

Autor	Ecuación	HORIZONTE						
		1	2	3	4	5	6	7
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,141	0,141	0,101	0,141	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,2227	0,2297	0,2227	0,2227	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,182	0,185	0,162	0,182	N.A	N.A	N.A
CALICATA 2								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,133	0,117	0,109	0,141	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,2227	0,2227	0,2087	0,2437	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,178	0,170	0,159	0,192	N.A	N.A	N.A
CALICATA 3								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,109	0,109	0,117	N.A	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,1457	0,1737	0,1737	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,127	0,141	0,145	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 4								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,101	0,093	0,101	N.A	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,1247	0,1597	0,1667	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,113	0,126	0,134	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 5								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,077	0,069	0,109	0,117	0,149	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,1492	0,0862	0,1702	0,1842	0,1842	N.A	N.A
	Promedio	0,113	0,078	0,140	0,151	0,167	N.A	N.A
CALICATA 6								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,077	0,101	0,069	0,069	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,1492	0,1702	0,0722	0,0372	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,113	0,136	0,071	0,053	N.A	N.A	N.A
CALICATA 7								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,121	0,121	0,105	N.A	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,1597	0,062	0,0464	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,140	0,092	0,076	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 8								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,093	0,093	0,085	0,105	0,081	0,089	0,089
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.3697 - 0.0035 \times Sa$	0,1002	0,1212	0,0722	0,1527	0,0827	0,1107	0,1037
	Promedio	0,097	0,107	0,079	0,129	0,082	0,100	0,096
CALICATA 9								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,125	0,085	0,077	0,109	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,1702	0,0652	0,0932	0,1912	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,148	0,075	0,085	0,150	N.A	N.A	N.A
CALICATA 10								
Lal	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,105	0,097	0,101	N.A	N.A	N.A	N.A
Dijkerman	$\theta_{33} = 0.065 + 0.004 \times Cl$	0,1597	0,1877	0,1632	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,132	0,142	0,132	N.A	N.A	N.A	N.A

Los valores que se obtuvo mediante la ecuación de Lal los horizontes (H) fueron H1 0,19 g/g, H2 0,109 g/g, H3 0,117 g/g, que refleja una capacidad de retención moderada. Y en la ecuación de Dijkerman se obtuvo valores más altos, en el H1 0,145 g/g, H2 0,141 g/g, H3 0,172 g/g, que indica una estimación mayor de retención hídrica en los horizontes.

Para tener un valor más representativo de la capacidad de campo se realizó un promedio de ambas ecuaciones que nos dio valores de 0,127 g/g, 0,141 g/g, 0,134 g/g. Estos valores se los integró en la tabla general para tener valores más reales del suelo.

Este procedimiento de ambas ecuaciones se realizó en las demás calicatas C1, C2, C4 hasta la C10, obteniendo una estimación de la capacidad de campo en la zona de estudio.

5.4.1.5. Análisis del Punto de marchitez permanente (cm³/cm³) por autor.

En la calicata 4 de la tabla 10 se calcularon los valores del punto de marchitez aplicando las ecuaciones de pedotransferencia de los autores: Aina and Periaswamy, Rawls et al. y Pidgeon.

Tabla 11. Punto de marchitez (m³/m³) por autores.

Q1500=Punto de marchitez permanente (cm ³ /cm ³)								
CALICATA 1								
Autor	Ecuación	HORIZONTE						
		1	2	3	4	5	6	7
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,081	0,081	0,042	0,081	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,061	0,061	0,030	0,061	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,063	0,063	0,033	0,063	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,069	0,069	0,035	0,069	N.A	N.A	N.A
CALICATA 2								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,07	0,058	0,050	0,081	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,054	0,042	0,036	0,061	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,057	0,045	0,039	0,06	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,062	0,049	0,042	0,069	N.A	N.A	N.A
CALICATA 3								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,050	0,050	0,058	N.A	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,04	0,036	0,042	N.A	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,04	0,039	0,045	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,041	0,041	0,048	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 4								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,04	0,034	0,042	N.A	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,03	0,023	0,030	N.A	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,03	0,027	0,033	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,035	0,028	0,035	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 5								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,02	0,011	0,050	0,058	0,089	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,01	0,005	0,036	0,042	0,067	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,02	0,009	0,039	0,045	0,069	N.A	N.A
	Promedio	0,015	0,009	0,042	0,049	0,075	N.A	N.A
CALICATA 6								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,02	0,04	0,011	0,011	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,01	0,030	0,005	0,005	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,02	0,033	0,009	0,009	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,015	0,035	0,009	0,009	N.A	N.A	N.A
CALICATA 7								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,06	0,062	0,046	N.A	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,05	0,045	0,033	N.A	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,05	0,048	0,036	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,052	0,052	0,039	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 8								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,03	0,034	0,026	0,046	0,023	0,030	0,030
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,02	0,023	0,017	0,033	0,014	0,020	0,020
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,03	0,027	0,021	0,036	0,018	0,024	0,024
	Promedio	0,028	0,028	0,021	0,038	0,018	0,025	0,025
CALICATA 9								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,07	0,026	0,019	0,050	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,05	0,017	0,011	0,036	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,05	0,021	0,015	0,039	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,055	0,022	0,015	0,042	N.A	N.A	N.A
CALICATA 10								
Aina and Periaswamy	$\theta_{1500} = 0.0074 + 0.0039 \times CI$	0,05	0,038	0,042	N.A	N.A	N.A	N.A
Rawls et al.	$\theta_{1500} = 0.00213 + 0.0031 \times CI$	0,03	0,026	0,030	N.A	N.A	N.A	N.A
Pidgeon	$\theta_{1500} = 0.006 + 0.003 \times CI$	0,04	0,03	0,033		N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,038	0,031	0,035	N.A	N.A	N.A	N.A

Los resultados obtenidos por cada autor nos presentan los siguientes valores de los horizontes, 0,04 m³/m³ H1, 0,0347 m³/m³ H2, 0,0425 m³/m³ H3, del autor Aina and Periaswamy.

Rawls et al. con los valores bajos en el H1 de 0,03 m³/m³, H2 0,023 m³/m³, H3 0,030 m³/m³ y Pidgeon con valores intermedios de 0,03 m³/m³ en el H1, 0,027 m³/m³ en el H2 y 0,033 en el horizonte 3.

Para obtener valores representativos se calculó el promedio de las tres ecuaciones obteniendo los valores de 0,0352 m³/m³ en el H1, 0,0285 m³/m³ en el H2 y 0,0352 m³/m³ en el H3, lo valores promedios se los reflejará en la tabla general.

Este mismo procedimiento se realizará en las demás calicatas como lo son en la C1, C2, C3, C5 hasta la C10, obteniendo así los resultados para la tabla general.

5.4.1.6. Análisis del Contenido de carbono orgánico (%) por autor.

Tabla 12. Contenido de carbono orgánico (%) por autores.

OC = Contenido de carbono orgánico (%)								
CALICATA 1								
Autor	Ecuación	HORIZONTE						
		1	2	3	4	5	6	7
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,57525	0,579416 7	0,408583 3	0,57525	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,575	0,579	0,409	0,575	N.A	N.A	N.A
CALICATA 2								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,5419167	0,47525	0,433583 3	0,58775	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,542	0,475	0,434	0,588	N.A	N.A	N.A
CALICATA 3								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,3960833	0,41275	0,446083	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,396	0,413	0,446	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 4								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,35025	0,33775	0,37525	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,3503	0,3378	0,3752	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 5								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,2648333	0,194	0,410666	0,452333	0,585666	N.A	N.A
	Promedio	0,2648333	0,194	0,410666	0,452333	0,585666	N.A	N.A
CALICATA 6								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,2648333	0,377333	0,185666	0,164833	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,265	0,377	0,186	0,165	N.A	N.A	N.A
CALICATA 7								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,4544167	0,466916	0,396083	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,4544167	0,466916	0,396083	N.A	N.A	N.A	N.A
CALICATA 8								
Pidgeon	$OC = \frac{\theta_{21} \cdot 95 - 3.61 - 0.16 \cdot SI - 0.3 \cdot CI}{3}$	0,3023333	0,314833 3	0,252333 3	0,383583 3	0,241916 7	0,291916 7	0,2877 5
	Promedio	0,3023333	0,314833	0,252333	0,383583	0,241916	0,291916	0,2877
CALICATA 9								

Pidgeon	$OC = \frac{0,24 \cdot 95 - 3,61 - 0,16 \cdot SI - 0,3 \cdot CI}{3}$	0,4773333	0,248166	0,2315	0,423166	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,4773333	0,248166	0,2315	0,423166	N.A	N.A	N.A
CALICATA 10								
Pidgeon	$OC = \frac{0,24 \cdot 95 - 3,61 - 0,16 \cdot SI - 0,3 \cdot CI}{3}$	0,38775	0,371083	0,373166	N.A	N.A	N.A	N.A
	Promedio	0,38775	0,371083	0,373166	N.A	N.A	N.A	N.A

En la calicata 5 del contenido de carbono orgánico se calculó con la ecuación de Pidgeon, obteniendo así los valores del horizonte 1 de 0,264 %, horizonte 2 de 0,194 %, horizonte 3 de 0,410 %, horizonte 4 de 0,452 % y en el horizonte 5 de 0,585 %. Esto. Para estos valores no fue necesario realizar un promedio ya que el promedio son los mismos valores del resultado del cálculo de la ecuación. Este mismo procedimiento se realizó en todas las calicatas con son las calicatas 1, 2, 3, 4, 6 hasta la calicata 10. Estos valores promedios se utilizaron para la tabla general.

5.4.2. Comparación de las ecuaciones de pedotransfrenia

A continuación, se observarán los valores promedio de cada parámetro del suelo fundamentales, los cuales fueron obtenidos mediante los datos recolectados en cada sector y posteriormente usados en las ecuaciones de pedotransferencia. Para ello se realizó la excavación de cada calicata y se calculó según los datos de cada horizonte del suelo.

En este apartado al promediar cada resultado de los sectores estudiados se puede tener una visión más clara sobre las propiedades hidráulicas. Con ello podemos observar cómo es la variación de cada horizonte de las diferentes zonas de estudio dependiendo de la profundidad y altitud, dando paso al manejo confiable del recurso hídrico y adaptación a las actividades agrícolas en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi.

5.4.2.1. Comparación de la conductividad hidráulica (Ks)

En la tabla 12 se observan los rangos de la conductividad hidráulica según la FAO. Esta tabla se la utilizará para realizar el análisis y comparación con la tabla 13, que son los datos obtenidos de las ecuaciones de pedotransferencia de la conductividad hidráulica.

Tabla 13. Rangos de la Conductividad hidráulica (cm/h) FAO [40].

RANGOS PERMISIBLES FAO		
TIPO DE SUELO	RANGO	UNIDAD
ARENOSO	2 – 20	cm/h
FRANCO-ARENOSO	1 – 9	cm/h
ARENOSO-FRANCO	1,2 – 10	cm/h
FRANCO	0,5 – 4	cm/h
FRANCO-LIMOSO	0,3 – 3	cm/h
FRANCO-ARCILLOSO	0,2 – 2	cm/h

ARCILLOSO-ARENOSO	0,2 - 1,5	cm/h
ARCILLO-LIMOSO	0,1 - 1,2	cm/h
ARCILLOSO	0,05 - 0,8	cm/h
LIMOSO	0,05 – 1	cm/h

Los valores obtenidos de la conductividad hidráulica a partir de las ecuaciones de pedotransferencia, en la mayoría de las calicatas supera los rangos establecidos por la FAO para las texturas de suelo.

Tabla 14. Resultados de la Conductividad hidráulica (cm/h)

RESUMEN DE RESULTADOS:							
Ks = Conductividad hidráulica (cm/hr)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	10,0278	9,5663	22,7544	10,0278	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	11,1645	14,9651	19,2828	8,7198	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	26,3768	22,7647	19,4464	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	34,6430	36,1652	28,3586	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	62,4544	97,5058	23,1717	18,3274	12,1776	N.A.	N.A.
Calicata 6	62,4544	27,9270	101,5778	114,0867	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	19,7986	17,4251	24,9217	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	46,6664	42,3572	64,2700	27,5897	68,2097	49,0855	50,5845
Calicata 9	17,4753	66,3631	73,7137	20,8977	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	26,6483	29,0329	28,8028	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	31,7710	36,4072	40,6300	33,2748	40,1936	49,0855	50,5845
Máx.	62,4544	97,5058	101,5778	114,0867	68,2097	49,0855	50,5845
Mín.	10,0278	9,5663	19,2828	8,7198	12,1776	49,0855	50,5845

En el horizonte 1 tenemos un valor mínimo de 10,02 cm/h, horizonte 5 con un valor de 12,17 cm/h, en el horizonte 3 con un valor de 19,28 cm/h, por lo que la FAO nos da un suelo arenoso con un valor de 2 cm/h a 20 cm/h, en el horizonte 2 con 9,56 cm/h con un suelo arenoso-franco (1,2 cm/h a 10 m/h), el valor mínimo del horizonte 4 es de 8,71 cm/h de la calicata 2 que está en el suelo franco-arenoso (1 cm/h a 9 cm/h) por la FAO. Sin embargo, existen valores más altos como en la calicata 6, donde los valores son de 101,57 cm/h y 114,086 cm/h. Estos valores nos indican que hay una infiltración extremadamente alta, que está asociada a la cantidad de arena y una estructura más suelta de este tipo de suelo.

El valor promedio del horizonte 3 es de 40,63 cm/h y de los horizontes 6 y 7 es de 49,08 cm/h y 50,58 cm/h, dado a que en el horizonte 6 y 7 serán los mismos valores en máximo y mínimo ya que no existen más horizontes en las demás calicatas, que solo en la calicata 8, en la profundidad de 1,50 m.

Estos valores analizados según los rangos de texturas de la FAO, tenemos las texturas de franco-arenoso y arenoso ya que existen valores dentro de estos rangos, por lo que se asemeja a la

textura obtenida del INIAP de franco-arenoso, arenoso y arenoso franco, que tienen un comportamiento con mayor permeabilidad.

Tabla 15. Rangos de la Conductividad hidráulica (cm/h) MAG [41].

RANGOS PERMISIBLES MAG		
CATEGORÍA	RANGO	UNIDAD
MUY LENTA	< 0,15	cm/h
LENTA	0,15 - 0,5	cm/h
MODERADAMENTE LENTA	0,5 – 2	cm/h
MODERADA	2 - 6,5	cm/h
MODERADAMENTE RÁPIDA	6,5 – 15	cm/h
RAPIDA	15 – 25	cm/h
MUY RAPIDA	> 25	cm/h

Para obtener el análisis de comparación con los rangos del MAG de la tabla 15, se realizó con la tabla 14 de la conductividad hidráulica.

En los horizontes 1, 2, 4 y 5 con los valores de 10,02 cm/h, 9,56 cm/h, 8,71 cm/h y 12,17 cm/h, se encuentran dentro del rango moderadamente rápida (6,5 a 15) del MAG. En el horizonte 3 con un valor de 19,28 cm/h que está en un rango de rápida (15 a 25) del MAG, y en los demás horizontes en los valores promedios y máximos con los valores en el horizonte 1 de 31,77 cm/h y 62,42 cm/h, en el horizonte 2 con 36,40 cm/h y 97,50, en el horizonte 3 con 40,63 cm/h y 101,57 cm/h, en el horizonte 4 con 33,27 cm/h y 114,08 cm/h, en el horizonte 5 con 40,19 cm/h y 68,20 cm/h, en los horizontes 6 y 7 con los mismos valores en el promedio y máximo, en el horizonte 6 con el valor de 49,08 cm/h y en el horizonte 7 con 50,58 cm/h, en estos valores según el MAG están en un rango muy rápida que va a mayor de 25 cm/h.

Esto nos da que de acuerdo al MAG, los suelos analizados en la zona de estudio predominan los rangos de rápida y muy rápida, lo cual puede ser beneficioso en el cultivo ya que no existiría encharcamientos excesivos, pero también limitaría a la retención del agua útil para los cultivos. Esto nos indica que, para un manejo agrícola sostenible, se podría incorporar materia orgánica para la retención de la humedad.

Por lo tanto, se puede decir que en la FAO nos da rangos más específicos ya que nos da por texturas y en MAG nos da por categorías generales de la velocidad de infiltración. Sin embargo, al realizar los dos análisis estos dos enfoques coinciden para la zona ya que hay valores que exceden los rangos, confirmando así que estos suelos presentan un drenaje excesivo y una capacidad limitada en la retención de agua, por lo que se requiere estrategias del manejo agrícola para la mejora de riego y la conservación de humedad.

Tabla 16. Comparación de Ks mínimos por horizontes con rangos de la FAO y MAG.

Horizonte	Ks cm/h (mín.)	FAO (cm/h)	MAG (cm/h)	Interpretación
1	31,77	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.
2	36,40	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.
3	40,63	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.
4	33,27	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.
5	40,19	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.
6	49,08	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.
7	50,58	Arenoso (2 – 20)	Muy rápida > 25	Fuera del rango de la FAO y muy rápida en el MAG.

En la tabla 17, se realizó la comparación con los valores promedios de los horizontes, llegando así a una interpretación con los rangos de la FAO y del MAG. Esto nos indican que la FAO obtiene valores de diferentes autores y el MAG nos da infiltraciones como conductividad hidráulica, en esta investigación se realizó los cálculos mediante las ecuaciones de pedotransferencia obteniendo datos reales de campo.

5.4.2.2. Comparación de la Conductividad hidráulica saturada (Ksat).

Con la tabla 16 y tabla 17 se realizó el análisis de la conductividad hidráulica saturada.

Tabla 17. Rangos permisibles de la FAO [42].

RANGOS PERMISIBLES FAO		
TIPO DE SUELO	RANGO	UNIDAD
ARCILLOSO	0,05 - 0,25	cm/h
ARCILLO-LIMOSO	0,25 - 0,8	cm/h
FRANCO-ARCILLOSO	0,8 - 1,3	cm/h
FRANCO	1,3 - 2,25	cm/h
FRANCO-ARENOSO	2,25 – 5	cm/h
ARENOSO	> 5	cm/h

Los resultados obtenidos de las calicatas 1 y 2 se encuentran en el rango de 1,3 cm/h a 1,9 cm/, en las calicatas 7, 10 en el horizonte 2 se encuentran los valores de 2,30 cm/h y 2,38 cm/h y en la calicata 5 en los horizontes 4 y 5 con valores de 2,27 cm/h y 2,02 cm/h, por lo que estos valores se encuentran dentro del rango de las texturas franco según la FAO. Este comportamiento representa suelos con una buena capacidad de retención de agua y un drenaje equilibrado que favorece a los cultivos.

Tabla 18. Resultados de la Conductividad hidráulica saturada (cm/h)

Ksat = Conductividad hidráulica saturada (cm/hr)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	1,5390	1,4562	1,7833	1,5390	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	1,5850	1,6813	1,9339	1,3039	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	3,1800	2,5494	2,4753	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	3,8657	3,0202	2,7748	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	3,4804	5,8943	2,6208	2,2784	2,0250	N.A.	N.A.
Calicata 6	3,4804	2,6992	6,5831	8,6783	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	2,7242	2,3080	2,5872	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	4,8310	4,0929	6,2063	3,0538	5,7974	4,5127	4,7691
Calicata 9	2,4708	6,5589	5,4154	2,2204	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	2,8896	2,3858	2,8526	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	3,0046	3,2646	3,5233	3,1790	3,9112	4,5127	4,7691
Máx.	4,8310	6,5589	6,5831	8,6783	5,7974	4,5127	4,7691
Mín.	1,5390	1,4562	1,7833	1,3039	2,0250	4,5127	4,7691

En el horizonte 1 en un rango de 2,47 cm/h a 4, 83 cm/h, en el horizonte 2 en las calicatas 3, 4, 6, 7 y 8 con valores de 2,54 cm/h, 3,02 cm/h, 2,69 cm/h, 2,30 cm/h y 4,09 cm/h, en el horizonte 3 en las calicatas 3, 4, 5, 7 y 10, en el horizonte 4 en las calicatas 8, 10 y en los horizontes 6 y 7 en la calicata 8. Estos valores se encuentran dentro de las texturas franco-arenoso según el rango 2,25 cm/h a 5 cm/h de la FAO.

Con valores máximos en el horizonte 5 con un valor de 5,79 cm/h, en los horizontes 2, 3 y 4 con valores de 6,55 cm/h, 6,58 cm/h y 8,67 cm/h, que representan en el rango mayor a 5 con una textura de arenoso. Estos valores nos indican que se encuentran en una alta permeabilidad.

Estos resultados reflejan un dominio de suelos francos y franco-arenosos, que son adecuados para el manejo agrícola. Por otra parte, los valores que tienen valores muy altos nos indican que son suelo con alta infiltración de agua, por lo cual estos estudios contribuyen a una planificación práctica para el manejo agrícola en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi.

Para realizar el análisis comparativo con el MAG se usó la tabla 5, ya que el MAG usa los mismos rangos para la conductividad hidráulica saturada.

La mayor parte de los horizontes se encuentran entre los valores de 1,30 cm/h a 1,90 cm/h en las calicatas 1 y 2, lo que nos indica que está en el rango de moderadamente lenta (0,5 cm/h a 2 cm/h) según el MAG. En cambio, en los horizontes 1, 2, 3, 5, 6 y 7 con valores máximos de 4,83 cm/h, 6,55 cm/h, 6,58 cm/h, 5,79 cm/h, 4,51 cm/h y 4,76 cm/h, que se encuentran en el rango de 2 cm/h a 6,5 cm/h según el MAG presentan una infiltración moderada. Por otro lado,

tenemos en el horizonte 4 con un valor máximo de 8,67 cm/h, que está en el rango de moderadamente rápida (6,5 cm/h a 15 cm/h) según el MAG.

Por lo cual los valores de la conductividad hidráulica saturada se encuentran en la mayoría con rangos establecidos de la FAO y MAG con suelos francos y francos-arenosos, que nos indican una buena infiltración y retención de agua. En diferentes horizontes con suelos de textura arenosos que nos indica una infiltración rápida.

En la tabla 18 se realizó la comparación e interpretación de la FAO y MAG con Ksat promedio. Para realizar esta tabla de comparación se tomó los valores promedios ya que estos representan a todas calicatas, de la FAO obtenemos texturas franco-arenosos con un rango de 2,25 a 5 y en el MAG con categorías moderada, moderadamente rápida y rápida.

Tabla 19. Comparación e interpretación de la FAO y MAG con Ksat prom.

Horizonte	Ksat. (cm/h) Prom.	FAO	MAG	Interpretación
1	3,00	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Moderada	Dentro del rango FAO, moderada.
2	3,26	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Moderada	Dentro del rango FAO, moderada.
3	3,52	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Moderada	Dentro del rango FAO, moderada.
4	3,18	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Moderada	Dentro del rango FAO, moderada.
5	3,91	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Moderada	Dentro del rango FAO, infiltración moderadamente rápida.
6	4,51	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Moderada	Dentro del rango FAO, infiltración muy rápida.
7	4,76	Franco-arenoso (2,25 - 5)	Muy rápida	Dentro del rango FAO, muy rápida.

5.4.2.3. Comparación de la Capacidad de campo (g/g).

El análisis de la capacidad de campo de la tabla 20, se realizó mediante las ecuaciones de pedotransferencia con la comparación de los rangos permisibles de Olalla y Valero (1992) tabla 19.

Tabla 20. Rangos permisibles de capacidad de campo según Olalla y Valero [43].

RANGOS PERMISIBLES SEGÚN (OLALLA Y VALERO, 1992)		
TIPO DE SUELO	RANGO	UNIDAD
ARCILLA	0,23 - 0,46	g/g
FRANCO-ARCILLOSA	0,18 - 0,23	g/g
FRANCA	0,12 - 0,18	g/g
FRANCO-ARENOSA	0,08 - 0,13	g/g

ARENA	0,05 - 0,07	g/g
-------	-------------	-----

En las calicatas se observó que, en los horizontes están en un rango de 0,18 g/g y 0,19 g/g, que se encuentran en las calicatas 1 y 2 en los horizontes 1 y 2, y en el horizonte 4 de la calicata 2 (0,192 g/g), están en rango de las texturas franco-arcillosas. Este tipo de suelos se caracterizan por tener una buena capacidad de retención de agua, que favorece los cultivos y el control de encharcamientos.

Tabla 21. Resultados de la Capacidad de campo (g/g)

Q33 = Capacidad de campo (g/g)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	0,1819	0,1854	0,1619	0,1819	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	0,1779	0,1699	0,1589	0,1924	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	0,1274	0,1414	0,1454	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	0,1129	0,1264	0,1339	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	0,1131	0,0776	0,1396	0,1506	0,1666	N.A.	N.A.
Calicata 6	0,1131	0,1356	0,0706	0,0531	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	0,1404	0,1509	0,1394	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	0,0966	0,1071	0,0786	0,1289	0,0819	0,0999	0,0964
Calicata 9	0,1476	0,0751	0,0851	0,1501	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	0,1324	0,1424	0,1321	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	0,1343	0,1312	0,1245	0,1428	0,1242	0,0999	0,0964
Máx.	0,1819	0,1854	0,1619	0,1924	0,1666	0,0999	0,0964
Mín.	0,0966	0,0751	0,0706	0,0531	0,0819	0,0999	0,0964

En el horizonte 1 de las calicatas 4 y 8 se tiene valores de 0,11 g/g y 0,09 g/g, lo que representan según las texturas de Olalla y Valero de franco-arenoso, que presentan una buena infiltración. En la calicata 5 en el horizonte 2 se obtuvo un valor de 0,077 g/g, en la calicata 6 del horizonte 3 con un valor de 0,070 g/g y en la calicata 9 del horizonte 2 con un valor de 0,075. Estos valores están dentro del rango de las texturas arenosas, que presentan una baja retención de agua.

Estos resultados se encuentran en la mayoría entre los 0,12 g/g y 0,18 g/g, que predomina la textura franca, lo cual es favorable ya la agricultura y tienen un buen balance hídrico. Por otro lado, se observaron en diferentes horizontes más altos que se asocian a la textura de franco-arcillosa, que tienden a retener más humedad, también están los valores bajos que son propios de las texturas franco-arenosas y arenosas, donde la infiltración es más rápida. Este análisis nos permite observar el manejo de la agricultura en los diferentes suelos, la retención hídrica, y el cuidado del suelo.

En la siguiente tabla 21 se encuentra la comparación de la capacidad de campo con los valores promedios y los rangos admisibles de Olalla y Valero (1992), llegando así a una interpretación de ambos resultados.

Tabla 22. Comparación de la capacidad de campo promedio y rangos según Olalla y Valero.

Horizonte	Capacidad de campo. g/g (prom.)	Olalla y Valero	Interpretación
1	0,134	Franco-arenoso	Está dentro del rango franco-arenoso e indica un buen equilibrio de infiltración y retención de humedad.
2	0,131	Franco-arenoso	Suelo franco-arenoso adecuado para cultivos con riego moderado.
3	0,124	Franca-arenoso	Buena retención hídrica y textura equilibrada.
4	0,142	Franca	Dentro del rango franco y buena capacidad de retención y manejo hídrico.
5	0,124	Franco-arenoso	Dentro del rango franco-arenoso y buena capacidad de retención y manejo hídrico.
6	0,099	Franco-arenoso	Dentro del rango franco-arenoso y retención moderada baja.
7	0,096	Franco-arenoso	Dentro del rango franco-arenoso y retención moderada baja.

5.4.2.4. Comparación del Punto de marchitez permanente (cm³/cm³).

Con la tabla 22 de los rangos permisibles según Olalla y Valero, se realizó el análisis para el punto de marchitez permanente observando la tabla 23.

Tabla 23. Rangos permisibles del punto de marchitez según Olalla y Valero [43].

RANGOS PERMISIBLES SEGÚN (OLALLA Y VALERO, 1992)		
TIPO DE SUELO	RANGO	UNIDAD
ARCILLA	0,13 - 0,29	cm ³ /cm ³
FRANCO-ARCILLOSA	0,09 - 0,10	cm ³ /cm ³
FRANCA	0,04 - 0,11	cm ³ /cm ³
FRANCO-ARENOSA	0,04 - 0,06	cm ³ /cm ³
ARENA	0,01 - 0,03	cm ³ /cm ³

Los valores promedios de los horizontes 1, 4 y 5 con valores de 0,041 cm³/cm³, 0,045 cm³/cm³, 0,046 cm³/cm³, están dentro del rango franco-arenoso, lo que nos indica que los suelos tienen la capacidad de retener la cantidad de agua adecuada pero no está disponible para las plantas, manteniendo así un buen equilibrio de almacenamiento y drenaje.

Tabla 24. Resultados del Punto de marchitez permanente.

Q1500=Punto de marchitez permanente (cm ³ /cm ³)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	0,0685	0,0685	0,0352	0,0685	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	0,0618	0,0485	0,0418	0,0685	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	0,0418	0,0418	0,0485	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	0,0352	0,0285	0,0352	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Calicata 5	0,0152	0,0085	0,0418	0,0485	0,0752	N.A.	N.A.
Calicata 6	0,0152	0,0352	0,0085	0,0085	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	0,0518	0,0518	0,0385	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	0,0285	0,0285	0,0218	0,0385	0,0185	0,0252	0,0252
Calicata 9	0,0552	0,0218	0,0152	0,0418	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	0,0385	0,0318	0,0352	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	0,0412	0,0365	0,0322	0,0457	0,0468	0,0252	0,0252
Máx.	0,0685	0,0685	0,0485	0,0685	0,0752	0,0252	0,0252
Mín.	0,0152	0,0085	0,0085	0,0085	0,0185	0,0252	0,0252

En los horizontes 2 y 3 con valores de $0,036 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ y $0,032 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, que se encuentran por debajo del límite inferior del rango franco $0,04 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, por lo que estos valores se acercan al rango del suelo franco-arenoso, que nos indican una menor retención de humedad antes que las plantas se marchiten y requiriendo un riego más frecuente. En el caso de los horizontes 6 y 7 con el mismo valor de $0,025 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, que están dentro del rango de la textura arenosa, que indica una retención baja de agua.

También se observan los valores máximos por horizonte se destacan los valores de las calicatas 1 y 2 con el valor de $0,0685 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, en el horizonte 5 de la calicata 5 con el valor de $0,075 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, que se encuentran dentro del rango de las texturas franco y se acercan a los valores de la textura arcilla, pero sin alcanzarla, indicando así en horizontes con mayor capacidad de retención pero con menos disponibilidad de agua para las plantas.

Por otro lado, los valores mínimos de la calicata 5 y 6 con el valor de $0,0085 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, con una textura de arena, que presentan la baja capacidad de retención de agua y mayor riesgo de sequías en periodos cortos de lluvias.

Tabla 25. Rangos permisibles del punto de marchitez según Israelsen y Hansen (1979).

RANGOS PERMISIBLES SEGÚN (ISRAELSEN Y HANSEN, (1979)		
TIPO DE SUELO	RANGO	UNIDAD
ARENOSO	0,02 - 0,06	cm^3/cm^3
FRANCO-ARENOSO	0,04- 0,08	cm^3/cm^3
FRANCO	0,06 - 0,10	cm^3/cm^3
FRANCO-ARCILLOSO	0,12 - 0,15	cm^3/cm^3
ARCILLO-ARENOSO	0,14 - 0,18	cm^3/cm^3
ARCILLOSO	0,16 - 0,20	cm^3/cm^3

Al realizar el análisis comparativo del punto de marchitez permanente con la tabla 24 de los rangos permisibles según Israelsen y Hasen, se obtuvo los que en la calicata 1 de los horizontes 1, 2 y 4 alcanzan el valor de $0,068 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, mientras que el horizonte 3 tiene un valor de $0,0352 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Estos valores se encuentran dentro del rango de la textura franca, que

indican suelos con una retención de agua moderada pero no disponible para las plantas, pero compatible en un manejo agrícola eficiente.

En la calicata 2 se obtuvo los valores que van de 0,041 cm³/cm³ en el horizonte 3 hasta el horizonte 4 con un valor de 0,068 cm³/cm³. Estos valores se encuentran dentro del rango de los suelos franco-arenoso e inferior al rango de los suelos francos, teniendo horizontes con una retención hídrica. En la calicata 3 se presentó valores de 0,041 cm³/cm³ en el horizonte 1 y 2 y en el horizonte 3 con 0,048 cm³/cm³, que están en el rango de la textura franco-arenosa.

En la calicata 4 se obtuvo valores de 0,035 cm³/cm³, 0,028 cm³/cm³ y de nuevo el valor de 0,035 cm³/cm³, que corresponden a suelos arenosos. En la calicata 5 con valores significantes en el horizonte 1 con 0,015 cm³/cm³ hasta 0,075 cm³/cm³ en el horizonte 5, teniendo así que el primer valor está debajo del rango típico y un suelo suelto y en horizonte 5 está dentro del rango franco-arenoso, con una mayor retención de humedad.

En las calicatas 6, 7, 8, 9 y 10 se repiten valores similares como son: 0,025 cm³/cm³, 0,028 cm³/cm³ y 0,038 cm³/cm³, que están dentro de la textura arenosa. Los valores de 0,051 cm³/cm³ y 0,055 cm³/cm³, que se encuentran dentro del rango franco-arenoso.

Al realizar la comparación de los rangos permisibles propuestos por Olalla y Velero (1992) y por Israelsen y Hansen (1979) con los valores obtenidos mediante las ecuaciones de pedotransferencia, se pudo observar una coincidencia entre las texturas de arenosos, franco-arenosos y francos. Esta coincidencia de texturas respalda con fiabilidad los resultados obtenidos y valida que estos suelos en la zona de estudio presentan características hidráulicas coherentes a su clasificación, esto permite y una planificación para el manejo agrícola ajustado a la capacidad real de la retención de campo.

En la tabla 25 se puede observar la comparación entre autores y los valores obtenidos de las ecuaciones de pedotransferencia, con los valores máximos de los horizontes.

Tabla 26. Comparación de los dos rangos permisibles y resultados del punto de marchitez.

Horizonte	PMP cm ³ /cm ³ (prom.)	Rango Olalla y Valero cm ³ /cm ³	Rango Israelsen y Hansen cm ³ /cm ³	Interpretación
1	0,0412	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Coinciden en sus texturas.
2	0,0365	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Coinciden en sus texturas.
3	0,0322	Franco-arenoso	Arenoso	Coinciden en su textura arenosa.
4	0,0457	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Coinciden en su textura franco, pero no en arenoso.
5	0,0467	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Coinciden en su textura franco, pero no en arenoso.
6	0,0252	Arena	Arenoso	Coinciden en su textura arenosa.

7	0,0252	Arena	Arenoso	Coinciden en su textura arenosa.
---	--------	-------	---------	----------------------------------

5.4.2.5. Comparación del Contenido de carbono orgánico.

Con los rangos de la tabla 26 del MAG y FAO junto con la tabla 27 de los resultados del contenido de carbono orgánico se realizó la comparación.

Tabla 27. Rangos permisibles del MAG y FAO [41].

RANGOS PERMISIBLES MAG Y FAO		
CATEGORÍA	VALOR	UNIDAD
MUY BAJO	0,015	%
BAJO	0,13	%
MEDIO	0,26	%
ALTO	0,38	%
MUY ALTO	> 0,82	%

Al comparar los valores de la tabla 27 obtenidos de las ecuaciones de pedotransferencia y de la tabla 26 de los rangos establecidos del MAG y FAO, se observó que en las calicatas 1, 2 y 5 se encuentran en los valores entre 0,408% y 0,587%, lo que presenta un contenido de carbono orgánico alto. Esto presenta que los suelos tienen una buena capacidad de retención de nutrientes y una agricultura favorable.

Tabla 28. Resultados del Contenido de carbono orgánico (%).

OC = Contenido de carbono orgánico (%)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	0,5753	0,5794	0,4086	0,5753	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	0,5419	0,4753	0,4336	0,5878	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	0,3961	0,4127	0,4461	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	0,3503	0,3378	0,3752	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	0,2648	0,1940	0,4107	0,4523	0,5857	N.A.	N.A.
Calicata 6	0,2648	0,3773	0,1857	0,1648	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	0,4544	0,4669	0,3961	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	0,3023	0,3148	0,2523	0,3836	0,2419	0,2419	0,2878
Calicata 9	0,4773	0,2482	0,2315	0,4232	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	0,3878	0,3711	0,3732	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	0,4015	0,3778	0,3513	0,4312	0,4138	0,2419	0,2878
Máx.	0,5753	0,5794	0,4461	0,5878	0,5857	0,2419	0,2878
Mín.	0,2648	0,1940	0,1857	0,1648	0,2419	0,2419	0,2878

En la calicata 3 se obtuvieron valores de 0,396% y 0,446%, mientras que en la calicata 4 se encuentran valores entre 0,3378% y 0,375%. Estos valores se encuentran en un rango de medio alto, pero no alcanzan niveles altos de materia orgánica, estas condiciones estables ayudan al manejo agrícola y una buena capacidad de retención de humedad.

En diferentes horizontes como en la calicata 6 se obtuvo valores de 0,185% y 0,164% y en la calicata 5 con el valor de 0,194%. Estos resultados están en el rango de medio que se encuentra

alrededor del 0,26% dados por el MAG y FAO. Esto nos da que los suelos son aptos para el cultivo, pero se podría incorporar abonos orgánicos.

En la calicata 7 con los valores de 0,454%, 0,466%, 0,396 y en la calicata 8 en los horizontes 1, 2, 4 con los valores 0,302%, 0,314%, 0,383%, en la calicata 9 con los valores el horizonte 1 de 0,477%, en el horizonte 4 con 0,423% y en la calicata 10 con los valores de 0,387%, 0,371%, 0,373%. Estos valores están dentro del rango alto según el MAG y FAO.

En el promedio general del contenido de carbono orgánico se encuentran en los horizontes entre 0,351% y 0,431%, que están en un rango de alto a medio alto. En ningún horizonte se obtuvo valores que estén debajo de 0,13%, ni valores superiores a 0,82% que están clasificados por muy altos. Estos resultados nos indican que en diferentes zonas alto andinas de la provincia de Cotopaxi en su mayoría son favorables y en algunos perfiles se requiere un manejo para mejorar el contenido de materia orgánica para garantizar la sostenibilidad agrícola.

En la siguiente tabla 28 se encuentra la comparación entre los valores obtenidos del contenido de carbono orgánico promedio y los rangos permisibles del MAG y FAO.

Tabla 29. Comparación del contenido de carbono orgánico (prom.) con rangos del MAG y FAO.

Horizonte	Contenido de carbono orgánico % (prom.)	Rango MAG y FAO %	Interpretación
1	0,4015	Alto	Buen contenido de carbono orgánico, con un suelo fértil y estable.
2	0,3773	Alto	Buen comportamiento de carbono orgánico, con un suelo fértil y estable.
3	0,3513	Medio	Buena estabilidad del suelo, pero se podría mejorar con un manejo orgánico.
4	0,4312	Alto	Alta capacidad de retención de humedad y de nutrientes con un suelo equilibrado.
5	0,413	Alto	Muy buen nivel de materia orgánica y un potencial agrícola
6	0,241	Bajo	Límite inferior bajo en materia orgánica.
7	0,287	Medio	Suelo aceptable, se recomienda un manejo orgánico.

5.4.2.6. Tabla de recomendaciones para tipos de cultivos aptos para cada zona de estudio.

En la tabla 29, se obtuvo los tipos de cultivos según el MAG, la selección del cultivo se realizó con el análisis de la tabla 26 y con la tabla 27 ya que al realizar el análisis de cada calicata se obtuvo los rangos del contenido de carbono orgánico.

Tabla 30. Tipos de cultivos por sector [41].

TIPO DE CULTIVO RECOMENDADO SEGÚN EL MAG		
SECTORES	Contenido de carbono orgánico	TIPO DE CULTIVO
Angamarca	Alto	Cebada, duraznero, frejol voluble, maíz suave, mora de castilla, papa, quinua, chocho, trigo.
Cochapungo	Alto	Cebada, papa, chocho, trigo.
Pilaló-Chaupi	Alto	Cebada, Duraznero, frejol voluble, maíz suave, mora de castilla, tomate de árbol, papa, quinua, chocho, trigo, manzana de altura, uvilla.
Chugchilán	medio y alto	Cebada, duraznero, frejol voluble, maíz suave, mora de castilla, papa, chocho.
Sigchos	Alto	Aguacate, cebada, duraznero, frejol voluble, granadilla, maíz suave, mora de castilla, papa, chocho, Uvilla.

5.5. Discusión

Con los resultados de los parámetros hidráulicos mediante las ecuaciones de pedotransferencia se realizó una caracterización más detallada del comportamiento físico del suelo en las zonas de Angamarca, Cochapungo, Pilaló-Chaupi, Chugchilán y Sigchos. Esta metodología se realizó mediante la visita in situ para obtener las muestras de campo y posteriormente los resultados concisos del laboratorio, obteniendo así datos para el cálculo mediante las ecuaciones de pedotransferencia, que permitió representar los parámetros hidráulicos que son: la conductividad hidráulica, conductividad hidráulica saturada, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el contenido de carbono orgánico, teniendo una base sólida para el comportamiento hídrico del suelo, la relación de su textura y la agricultura.

En las texturas del suelo se observó texturas de franco, franco-arenoso, arcilloso-arenoso, y arenoso-franco. Estos resultados nos indican que en los sectores estudiados cuentan con una buena infiltración hídrica, pero también en sectores con una infiltración muy rápida. Estas texturas son predominantes en las formaciones andinas y coincidiendo con la clasificación de texturas con el INIAP y MAG.

Para la conductividad hidráulica los resultados obtenidos demostraron una amplia variabilidad entre horizontes y calicatas, por lo que se obtuvo horizontes con valores mayores a 30 cm/h y alcanzando a valores máximos a 100 cm/h como en la calicata 6 del horizonte 3 y 4. Al realizar la comparación de estos datos con los rangos de texturas de la FAO, se identificó en su mayoría suelos con texturas franco-arenosos y arenosos, que se asocian a una infiltración alta y retención hídrica baja. También se realizó la comparación con la clasificación del MAG, donde la mayoría

de sus categorías fueron moderadamente rápida a muy rápida, que favorece al drenaje rápido, pero teniendo un riesgo de baja retención de agua en periodos secos y afectando en la disponibilidad del agua en los cultivos, confirmando así un contraste en ambas instituciones.

En la conductividad hidráulica saturada se obtuvo valores promedios entre 1,3 cm/h y 4,8 cm/h, que están dentro de las texturas franco y franco-arenosa según la FAO. Este comportamiento del suelo representa un equilibrio hídrico para las actividades agrícolas, pero también teniendo en las diferentes calicatas 6 y 8 con texturas que se acercan a las texturas arenosas. Por otro lado, en la comparación con el MAG se obtuvo una caracterización de moderada, moderadamente rápida y muy rápida. Estas dos comparaciones con las diferentes instituciones nos indican que tienen una infiltración moderada y son aptas para el cultivo, pero también teniendo un manejo de adecuado para el cultivo.

Por otra parte, en la capacidad de campo, los valores promedios en los horizontes fueron variando entre 0,09 g/g y 0,14 g/g, que estuvieron dentro de los rangos de Olalla y Valero (1992), con estos resultados se pudo clasificar las texturas de franco y franco-arenoso, que se tuvo una coherencia con los parámetros K_s y K_{sat} . Por lo que estos suelos representan una retención de agua útil moderada, que favorecen a las raíces, dadas las condiciones climáticas que no sean excesivamente secas.

En el punto de marchitez permanente, los promedios se encontraron entre los valores de 0,02 cm^3/cm^3 y 0,045 cm^3/cm^3 . Estos valores fueron comparados con Israelsen y Hasen (1979), que se encuentran en las texturas de arenosos y franco-arenosos. Por lo que se encuentran en un contenido de humedad en el punto de marchitez que, no importan que tengan una buena infiltración estos pueden perder la disponibilidad de agua rápidamente, reduciendo así el tiempo disponible de agua para los cultivos.

Finalmente, en el contenido de carbono orgánico se obtuvo valores promedios mayores a 0,3%, teniendo así en las categorías de medio y alto según la FAO y el MAG. Esto es favorable para la estructura del suelo, en la retención de humedad y fertilidad. En las calicatas 1, 2 y 5 con niveles superiores al 0,5%, esto presenta que refuerza el potencial agrícola en estos sectores.

Mediante la obtención de las muestras de campo, resultados de datos de laboratorio, ecuaciones de pedotransferencia y clasificación técnica de la FAO, MAG y de literatura científica se permitió realizar un estudio integral del suelo en la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi. Este enfoque técnico no solo valida la utilidad de las ecuaciones de pedotransferencia, si no también bases para una planificación agrícola adaptada en las condiciones físicas de los suelos estudiados.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- En la recolección de muestras de las diferentes calicatas distribuidas estratégicamente permitió obtener diferentes tipos de suelo presentes en la zona de estudio. Por lo que este proceso aseguró que los datos obtenidos tengan una variabilidad de texturas y clasificación de texturas que son característicos de los ecosistemas altoandinos, que aportó a tener una base sólida para los análisis posteriores.
- En el análisis de las muestras en el laboratorio permitió identificar los parámetros claves como la textura y clasificación, en la clasificación de texturas obtenidas por el INIAP se obtuvo texturas franco, franco-arenoso, arenoso-franco, arcillo-arenoso y arenoso. Al aplicar las ecuaciones de pedotransferencia que permitió estimar los parámetros hidráulicos como la conductividad hidráulica que nos indica los valores promedios que van desde 1,30 cm/h hasta 50,58 cm/h, en el horizonte 4 con un valor máximo de 114,08 cm/h. En la conductividad saturada con valores promedios entre 1,30 cm/h y 4,76 cm/h, con un valor máximo de 8,67 cm/h. Por otro, en la capacidad de campo con los valores promedios se identificó valores que se mantuvieron entre 0,09 g/g y 0,14 g/g, con valores máximos entre 0,166 cm/h y 0,192 cm/h y con valores mínimos entre 0,053 cm/h hasta 0,099 cm/h. En el punto de marchitez permanente con valores promedios entre 0,025 cm³/cm³ hasta 0,046 cm³/cm³, con valores máximos entre 0,0485 cm³/cm³ hasta 0,075 cm³/cm³ y con valores mínimos de 0,0085 cm³/cm³ hasta 0,025 cm³/cm³. Y en el contenido de carbono orgánico con valores mínimos entre 0,164% hasta 0,264%, en máximos con valores que están de 0,241% hasta 0,587% y valores promedios de 0,241% hasta 0,413%, los valores de los horizontes 6 y 7 serán los mismos en el promedio, máximo y mínimo ya que no existen más horizontes.
- En el análisis y comparación de los resultados de las ecuaciones de pedotransferencia con las instituciones MAG, FAO y la literatura científica, se pudo evidenciar el comportamiento de los diferentes suelos de la zona alto andina de la provincia de Cotopaxi. Al realizar la comparación de texturas obtenidas por el INIAP y con el MAG se observó las texturas con mayor presencia de franco, franco-arenoso y arenoso-franco, que nos indica una buena capacidad agrícola y un manejo del recurso hídrico equilibrado y en suelos arenosos con infiltración rápida. En la conductividad hidráulica con valores promedios por horizonte de 31,77cm/h, 36,40 cm/h y 50,58 cm/h, y un valor máximo en el horizonte 4 de 114,08 cm/h. Por otro lado, el MAG presenta categorías y todos los valores promedios llegaban a la categoría de muy rápida que está en mayor que 25 cm/h.

En la conductividad hidráulica saturada con los valores promedios de 3,00 cm/h, 3,26 cm/h y 4,76 cm/h, teniendo como un máximo de 8,67 cm/h. En la capacidad de campo con valores promedios que están entre 0,096 g/g hasta 0,14 g/g, con un máximo de 0,192 g/g y un mínimo de 0,053 g/g. En el punto de marchitez con los valores promedio entre 0,0252 cm³/cm³ hasta 0,467 cm³/cm³, que indican en diferentes horizontes texturas iguales y en otras no. Finalmente tenemos el contenido de carbono orgánico con los promedios de 0,4015 %, 0,4312 % y 0,413 %, con un valor máximo de 0,587 %. Cabe recalcar que en los horizontes 6 y 7 los valores de promedio, máximo y mínimo serán los mismos ya que no existen más horizontes para comparación.

Estos valores obtenidos mediante las ecuaciones de pedotransferencia y laboratorio, coinciden en gran parte con los rangos y categorías de la FAO y MAG. Esta concordancia valida la aplicabilidad de las ecuaciones en los suelos alto andino de la provincia de Cotopaxi. Además, esta comparación permitió identificar calicatas y horizontes con valores significativos, que evidencian la necesidad de reforzar el manejo del suelo para posibles cultivos.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda seguir con el muestreo distribuido por sectores en las zonas alto andinas de la provincia de Cotopaxi, ya que se obtuvo una variación significativa en las texturas del suelo, predominando las texturas de franco y franco-arenosos, mostrando un valor elevado en la conductividad hidráulica mayor a 100 cm/h y conductividad hidráulica saturada dentro del rango óptimo para la agricultura entre 1,3 cm/h y 8,6 cm/h.
- Mediante los resultados del laboratorio y las ecuaciones de pedotransferencia, se recomienda la incorporación de materia orgánica en suelos con baja capacidad de campo y bajo contenido orgánico, con el fin de mejorar la retención de humedad, como en las calicatas C 6, 8, 9.
- Dentro de los parámetros obtenidos se encuentran en la FAO y MAG, se recomienda usar un enfoque combinado del laboratorio y ecuaciones de pedotransferencia, como herramienta confiable en planificaciones futura agrícola y un manejo sostenible del recurso hídrico.

7. REFERENCIAS

[1] UNESO, Clasificación de las disciplinas científicas y tecnológicas (Códigos UNESCO), Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2017. [En línea]. Disponible en: https://webhistorico.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2017/03/codigos_unesco.pdf.

- [2] P. Podwojewski, “Los suelos de las altas tierras andinas: los páramos del Ecuador,” Sociedad Ecuatoriana De La Ciencia Del Suelo, no. 18, pp. 9–14, Jan. 1999, [Online]. Available: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010019247.pdf
- [3] E. Zimmermann, “Estimación de humedades características en suelos limosos mediante diferentes funciones de pedotransferencia,” Cuadernos Del CURIHAM, vol. 14, pp. 13–25, Dec. 2008, doi: 10.35305/curiham.v14i0.73.
- [4] W. Buytaert, J. Sevink, B. De Leeuw, and J. Deckers, “Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian páramo region,” Geoderma, vol. 127, no. 1–2, pp. 114–129, Jan. 2005, doi: 10.1016/j.geoderma.2004.11.021.
- [5] A. Gebauer, M. Ellinger, V. M. B. Gomez, and M. Ließ, “Development of pedotransfer functions for water retention in tropical mountain soil landscapes: spotlight on parameter tuning in machine learning,” SOIL, vol. 6, no. 1, pp. 215–229, Jun. 2020, doi: 10.5194/soil-6-215-2020.
- [6] N. I. P. on C. Change, Climate Change 2022 – Impacts, adaptation and vulnerability. 2023. doi: 10.1017/9781009325844.
- [7] Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- [8] A. P. CONTINGENTE and F. Y. DE CALIDAD, "26 CONFERENCIA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE". openknowledge.fao.org, Invalid date, <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/65f7d943-b54e-4fda-8b33-9d221170fe79/download>
- [9] C. Tapia, A. Buitrago, G. López, B. L. Baptiste, A. Vásquez, and M. Armero, “Manejo de Páramos,” 2011. [Online]. Available: www.flacsoandes.edu.ec
- [10] L. Daniel. Llambí, *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Proyecto Páramo Andino, 2012.
- [11] W. Buytaert, R. Céleri, B. De Bièvre and F. Cisneros, "Human impact on the hydrology of the Andean páramos", *Earth-Science ...*, January 2006, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825206000808>
- [12] J. H. M. Wösten, A. Lilly, A. Nemes, and C. L. Bas, “Development and use of a database of hydraulic properties of European soils,” Geoderma, vol. 90, no. 3–4, pp. 169–185, Jul. 1999, doi: 10.1016/s0016-7061(98)00132-3.
- [13] W. J. Rawls and D. L. Brakensiek, “Prediction of soil water properties for hydrologic modeling,” *Hidrología* 265 (2002) 56–75, pp. 293–299, Jan. 1985, [Online]. Available: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?request_locale=ar&recordID=US8871061

- [14] Y. Zhang and M. G. Schaap, "Weighted recalibration of the Rosetta pedotransfer model with improved estimates of hydraulic parameter distributions and summary statistics (Rosetta3)," *Journal of Hydrology*, vol. 547, pp. 39–53, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jhydrol.2017.01.004.
- [15] J. Ramos, R. López y D. González, "Funciones de pedotransferencia para suelos agrícolas de Zacatecas, México," *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol.9, no.3, pp. 569-580,2018.
- [16] E. E. Reyes Álvarez, "Funciones de pedotransferencia para determinar la microporosidad de un Typic Hapludox sometido a dos diferentes usos," Tesis de pregrado, Univerdada de los Llanos, Villavicencio, Colombia, 2017.
- [17] E. Visconti, "Utilización de una función de pedotransferencia para estimar humedad en suelos con presencia de fragmentos gruesos de roca," *Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo*, *Suelos Ecuatoriales* 40 (2):152-155, pp. 152-153, nov. 2010.
- [18] B. F. Changoluisa, "Determinación de las funciones de pedotransferencia para propiedades físicas del suelo en el Ecuador," Tesis de pregado, Universidad Central del Ecuador, 2020.
- [19] M. T. Becerra, F. Cuesta, and C. Josse, *Ecosistemas de los Andes del norte y centro*. 2009. [Online]. Available: <https://portals.iucn.org/library/node/43387>
- [20] R. Hofstede, P. Mena V., and P. Segarra, *Los páramos del mundo : proyecto atlas mundial de los páramos*. 2003. [Online]. Available: <https://portals.iucn.org/library/node/8392>
- [21] H. D. Foth, "Fundamentals of Soil Science," *Soil Science*, vol. 125, no. 4, p. 272, Apr. 1978, doi: 10.1097/00010694-197804000-00021.
- [22] M. Á. O. Rivera, J. P. H. Altamirano, W. E. C. Barahona, and J. H. N. Costales, *SUELOS CARACTERIZACIÓN e IMPORTANCIA*. 2022. doi: 10.55204/pmea.7.
- [23] "Soil Survey Manual | Natural Resources Conservation Service," *Natural Resources Conservation Service*. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-survey-manual>
- [24] Fertilab, "El Color del Suelo como Indicador de su Fertilidad," Fertilab, México. [En línea]. Disponible: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El%20Color%20del%20Suelo%20como%20Indicador%20de%20su%20Fertilidad.pdf>. [Accedido: 29-Jun-2025].
- [25] F. Vargas, *MANUAL DE EVALUACIÓN DE SUELOS ÉNFASIS EN MEMORIA EDÁFICA, MATERIA ORGÁNICA E HIDROEDAFOLOGÍA*. CEMS, 2020. <https://www.smcsmx.org/files/concurso/2020/Manual3CMES2020.pdf>

- [26] R. Vargas Rojas, Guía para la descripción de suelos. FAO, 2009. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content>
- [27] C. A. Palm, M. NOORDWIJK, P. L. Woomer and J. C. Alegre, "Carbon losses and sequestration with land use change in the humid tropics.", January 2005, <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1158302/Description>
- [28] "Soil carbon sequestration to mitigate climate change - ScienceDirect". no date, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706104000266>
- [29] J. H. M. Wösten, A. Lilly, A. Nemes and C. Le Bas, "Development and use of a database of hydraulic properties of European soils", *Geoderma*, January 1999, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706198001323>
- [30] M. T. Van Genuchten, "A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils", *Soil science society of America journal*, January 1980, <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>
- [31] B. J. Cosby, G. M. Hornberger, R. B. Clapp, and T. R. Ginn, "A Statistical Exploration of the Relationships of Soil Moisture Characteristics to the Physical Properties of Soils," 1984.
- [32] K. E. Saxton and W. J. Rawls, "Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions", *Soil science society of America Journal*, January 2006, <https://www.atmos.illinois.edu/~sshu3/model/saxton2006.pdf>
- [33] B. Minasny and A. B. McBratney, "The Neuro-m Method for Fitting Neural Network Parametric Pedotransfer Functions", *Soil Science Society of America*, January 2002, <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj2002.3520>
- [34] B. Tóth, M. Weynants, A. Nemes and A. Makó, "New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe", *European journal of ...*, January 2015, <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejss.12192>
- [35] J. Bouma, "Using Soil Survey Data for Quantitative Land Evaluation," *In: Advance in soil science, B.A. Stewart (ed.). Springer-Verlag New York. Vol. 9 (1989) 225-239.*, vol. 9, Jul. 1989, doi: 10.1007/978-1-4612-3532-3_4.
- [36] M. Hodnett and J. Tomasella, "Marked differences between van Genuchten soil water-retention parameters for temperate and tropical soils: A new water-retention pedo-transfer functions developed for tropical soils," *Geoderma*, vol. 108, pp. 155–180, Jul. 2002, doi: 10.1016/S0016-7061(02)00105-2.

- [37] J. H. M. Wösten, Ya. A. Pachepsky, and W. J. Rawls, "Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics," *Journal of Hydrology*, vol. 251, no. 3, pp. 123–150, 2001, doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00464-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00464-4).
- [38] R. Vásquez and M. Alexandra, "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL."
- [39] H. K. Bayabil, Y. T. Dile, T. Y. Tebebu, T. A. Engda, and T. S. Steenhuis, "Evaluating infiltration models and pedotransfer functions: Implications for hydrologic modeling," *Geoderma*, vol. 338, pp. 159–169, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.geoderma.2018.11.028.
- [40] "Annex 5. Capillary rise and data set for soil hydraulic functions". no date, <https://www.fao.org/4/y4263e/y4263e0i.htm>
- [41] S. User, "Geoportal del Agro Ecuatoriano." <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- [42] "9. PERMEABILIDAD DEL SUELO". no date, https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm
- [43] P. Silva, C. Herman, S. R. Marco, and G. S. E. Acevedo, *Editores*. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf>

8. ANEXOS

ANEXO 1. Excavación de la calicata Lllalachanchi.



ANEXO 2. Coordenadas GPS calicata Lllalachanchi.



ANEXO 3. Profundidad de la calicata 1,50 m.



ANEXO 4. Indicación de cómo obtener las muestras.



ANEXO 5. Obtención de puntos GPS



ANEXO 6. Resultados de las muestras de campo de Llalachanchi INIAP

MC-LASPA-2201-01

 <p>INIAP INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</p>	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1, S/N Cotacachi Tls. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	 <p>LASPA</p>
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0119

NOMBRE DEL CLIENTE: Camila Torres
PETICIONARIO: Camila Torres
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Camila Torres
DIRECCIÓN: Latacunga

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 22/04/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 13:52
FECHA DE ANÁLISIS: 28/04/2025
FECHA DE EMISIÓN: 08/05/2025
ANÁLISIS SOLICITADO: H.G. + TEXTURA

Análisis	pH*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca+Mg	Mg/K*	Ca+Mg+K*	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN		
																			Arena	Limo	Arcilla		Clase Textural	
25-0572													0,00	0,00	0,00	0,00				42	39	19	FRANCO	Calicata # 1 Perfil 1
25-0573													0,00	0,00	0,00	0,00				40	41	19	FRANCO	Calicata # 1 Perfil 2
25-0574													0,00	0,00	0,00	0,00				42	40	9	FRANCO	Calicata # 1 Perfil 3
25-0575													0,00	0,00	0,00	0,00				42	39	19	FRANCO	Calicata # 1 Perfil 4
25-0576													0,00	0,00	0,00	0,00				42	41	17	FRANCO	Calicata # 2 Perfil 1
25-0577													0,00	0,00	0,00	0,00				42	45	13	FRANCO	Calicata # 2 Perfil 2
25-0578													0,00	0,00	0,00	0,00				46	43	11	FRANCO	Calicata # 2 Perfil 3
25-0579													0,00	0,00	0,00	0,00				36	45	19	FRANCO	Calicata # 2 Perfil 4

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	C*	pH KCl*	HS	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		%	
25-0572											39,14	Calicata # 1 Perfil 1
25-0573											40,04	Calicata # 1 Perfil 2
25-0574											34,12	Calicata # 1 Perfil 3
25-0575											63,01	Calicata # 1 Perfil 4
25-0576											40,25	Calicata # 2 Perfil 1
25-0577											25,01	Calicata # 2 Perfil 2
25-0578											37,04	Calicata # 2 Perfil 3
25-0579											52,78	Calicata # 2 Perfil 4

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA
INTERPRETACION
ABREVIATURAS

pH = Suelo: Agua (3:1)	P, Ca, Mg = Orsen Modificado
S, B = Fertilizante de Calcio	C, Fe, Mn, Zn = Orsen Modificado
	C, Cu = Orsen Modificado

pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAC = Lig. Acido	LM = Lig. Alcalino	M = Medio
PN = Prec. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Resquebraj. Cal	T = Toxic (Bajo)	

C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA
C.E. = Fertilizante
M.O. = Digestión de Pabocel
MNH = Titulación Nessler



LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario de la misma, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc., que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

INTERPRETACION			
AN/AL y Na	C.E.	M.O. y C	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Toxic			A = Alto



RESPONSABLE DE LABORATORIO

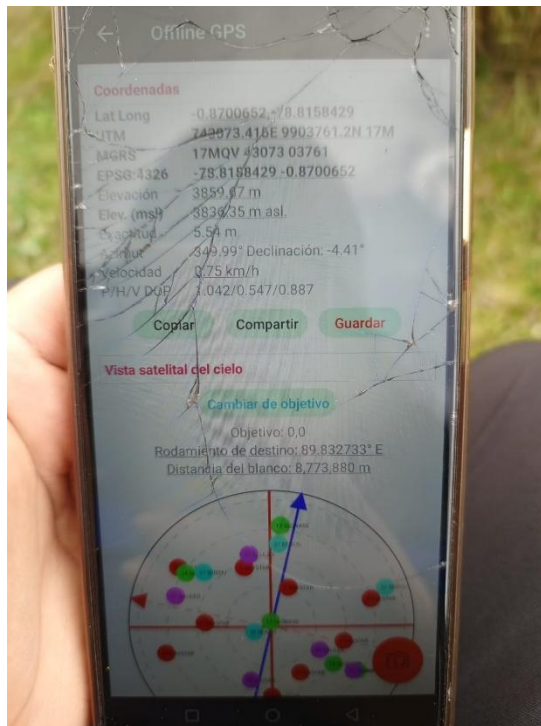
ANEXO 7. Dimensionamiento de 1m x 1,50 m x 1,50 m para la calicata Cochapungo.



ANEXO 8. Excavación de la calicata



ANEXO 9. Obtención de puntos GPS.



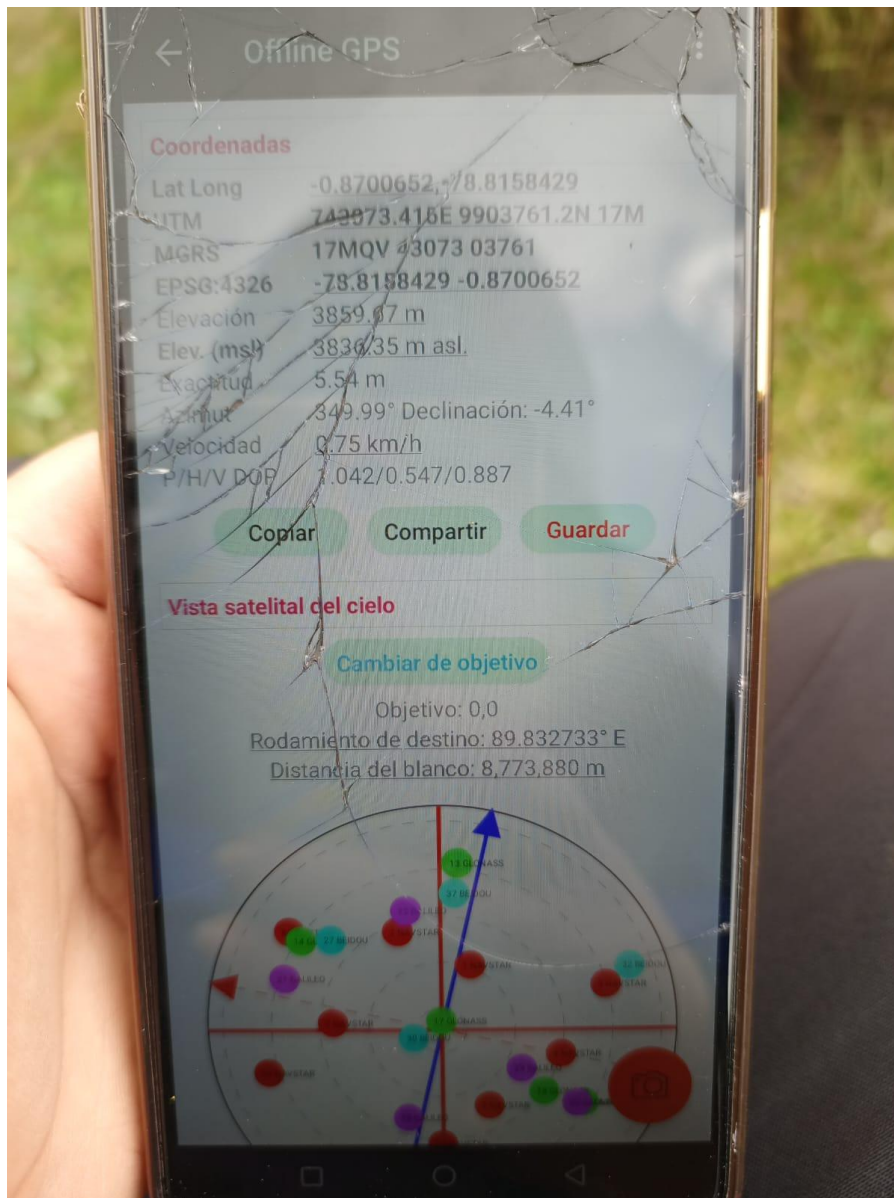
ANEXO 10. Calicata hecha y vista de los horizontes.



ANEXO 11. Obtención de muestras



ANEXO 12. Obtención de coordenadas GPS



ANEXO 13. Visualización de horizontes



ANEXO 14. Resultados de análisis de las calicatas de Cochapungo, del INIAP

MC-LASPA-2201-01

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1 S/N Cutuglagua Tels: (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio_dsa@iniap.gob.ec</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0118

<p>NOMBRE DEL CLIENTE: Camila Torres PETICIONARIO: Camila Torres EMPRESA/INSTITUCIÓN: Camila Torres DIRECCIÓN: Latacunga</p>	<p>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 22/04/2025 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 13:52 FECHA DE ANÁLISIS: 28/04/2025 FECHA DE EMISIÓN: 08/05/2025 ANÁLISIS SOLICITADO: H.G. + TEXTURA</p>
---	--

Análisis	Ph*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg*	Mg/K*	Ca+Mg/K*	Σ Bases	MO*	CO.*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN	
																			Arena	Limo	Arcilla		
25-0566													0,00	0,00	0,00	0,00				64	25	11	FRANCO-ARENOSO Calicata # 1 Horizonte 1
25-0567													0,00	0,00	0,00	0,00				56	33	11	FRANCO-ARENOSO Calicata # 1 Horizonte 2
25-0568													0,00	0,00	0,00	0,00				56	31	13	FRANCO-ARENOSO Calicata # 1 Horizonte 3
25-0569													0,00	0,00	0,00	0,00				70	21	9	FRANCO-ARENOSO Calicata # 2 Horizonte 1
25-0570													0,00	0,00	0,00	0,00				60	33	7	FRANCO-ARENOSO Calicata # 2 Horizonte 2
25-0571													0,00	0,00	0,00	0,00				58	33	9	FRANCO-ARENOSO Calicata # 2 Horizonte 3

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm	%	%	
25-0566											23,84	Calicata # 1 Horizonte 1
25-0567											30,48	Calicata # 1 Horizonte 2
25-0568											30,02	Calicata # 1 Horizonte 3
25-0569											23,80	Calicata # 2 Horizonte 1
25-0570											15,37	Calicata # 2 Horizonte 2
25-0571											39,37	Calicata # 2 Horizonte 3

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA		
pH = Sonda Agua (1:2,5)	PK Ca Mg =	Otra Modificada
SB = Fósforo de Cadiz	Cu Fe Mn Zn =	Otra Modificada
B =		Curcuma

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAo = Liger Acido	LA = Liger Alcalino	M = Medio
PN = Proc. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Punta Saturada
M.O. =	Espectro de Potasio
Al+H =	Titulación NaOH



INTERPRETACION					
Al+H y Na		C.E.		M.O y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo		
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio		
T = Tóxico			A = Alto		



LABORATORISTA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc, que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

ANEXO 15. Excavación de la calicata Pilaló-Chaupi.



ANEXO 16. Coordenadas GPS



ANEXO 17. Ubicación y medida de profundidad.



ANEXO 18. Resultados de Pilaló-Chaupi por el INIAP

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1, S/N Cutuglagua. Tls. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0146

NOMBRE DEL CLIENTE: Torres Contento Camila Fernanda
PETICIONARIO: Torres Contento Camila Fernanda
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Torres Contento Camila Fernanda
DIRECCIÓN: San Felipe
 Cotopaxi/Pilaló/Chaupi

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 12/05/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14:26
FECHA DE ANÁLISIS: 12/05/2025
FECHA DE EMISIÓN: 27/05/2025
ANÁLISIS SOLICITADO: TEXTURA + H.G.

Análisis	Ph*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN		
																			Arena	Limo	Arcilla			
25-0666													0,00	0,00	0,00	0,00				63	34	3	FRANCO-ARENOSO	Calicata 1 Perfil 1
25-0667													0,00	0,00	0,00	0,00				81	18	1	FRANCO-ARENOSO	Calicata 1 Perfil 2
25-0668													0,00	0,00	0,00	0,00				57	32	11	FRANCO-ARENOSO	Calicata 1 Perfil 3
25-0669													0,00	0,00	0,00	0,00				53	34	13	FRANCO-ARENOSO	Calicata 1 Perfil 4
25-0670													0,00	0,00	0,00	0,00				53	26	21	ARCILLO-ARENOSO	Calicata 1 Perfil 5

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		%	
25-0666											38,27	Calicata 1 Perfil 1
25-0667											20,38	Calicata 1 Perfil 2
25-0668											50,36	Calicata 1 Perfil 3
25-0669											48,81	Calicata 1 Perfil 4
25-0670											22,78	Calicata 1 Perfil 5

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Surtido Agua (1:2,5)	F K Ca Mg = Orsen Modificado
S.B = Fosfato de Calcio	Cu Pb Mn Zn = Orsen Modificado
	S = Curcumina

INTERPRETACION	
pH	Elemento
Ac = Acido	N = Neutro
LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino
PN = Frac. Neutro	Al = Alcalino
RC = Raquelaren Cal	T = Tolco (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Alb. =	Titración NaOH



INTERPRETACION			
Al+H y Na	C.E.	M.O y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tolco			A = Alto



LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

RESPONSABLE DE LABORATORIO

ANEXO 19. Visualización de horizontes Chugchilán



ANEXO 20. Coordenadas GPS



ANEXO 21. Resultados de Chugchilán por el INIAP

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1 S/N Cutuglagua. Tls. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0147

NOMBRE DEL CLIENTE: Torres Contento Camila Fernanda
PETICIONARIO: Torres Contento Camila Fernanda
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Torres Contento Camila Fernanda
DIRECCIÓN: San Felipe
 Cotopaxi/Sigchos/Chugchilán

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 12/05/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14.26
FECHA DE ANÁLISIS: 12/05/2025
FECHA DE EMISIÓN: 27/05/2025
ANÁLISIS SOLICITADO: TEXTURA + H.G.

Análisis	pH*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN	
																			Arena	Limo	Arcilla		
25-0671													0,00	0,00	0,00	0,00				63	34	3	FRANCO-ARENOSO Calicata 2 Horizonte 1
25-0672													0,00	0,00	0,00	0,00				57	34	9	FRANCO-ARENOSO Calicata 2 Horizonte 2
25-0673													0,00	0,00	0,00	0,00				85	14	1	ARENOSO-FRANCO Calicata 2 Horizonte 3
25-0674													0,00	0,00	0,00	0,00				95	4	1	ARENOSO Calicata 2 Horizonte 4

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		%	
25-0671											20,23	Calicata 2 Horizonte 1
25-0672											45,97	Calicata 2 Horizonte 2
25-0673											10,77	Calicata 2 Horizonte 3
25-0674											28,78	Calicata 2 Horizonte 4

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo Agua (1:2.5)	P, Ca, Mg =	Orsen Modificado	
N = Fósforo de Caldo	Cu, Fe, Mn, Zn =	Orsen Modificado	
	B =	Cuarentena	

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger Acido	LA = Lige Alcalino	M = Medio
PN = Proc. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Toxic (Toxo)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Prób. Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AbN =	Titración NaOH



LABORATORISTA

INTERPRETACION					
Al+H y Na		C.E.		M.O y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo		
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio		
T = Toxic			A = Alto		



RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de Interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

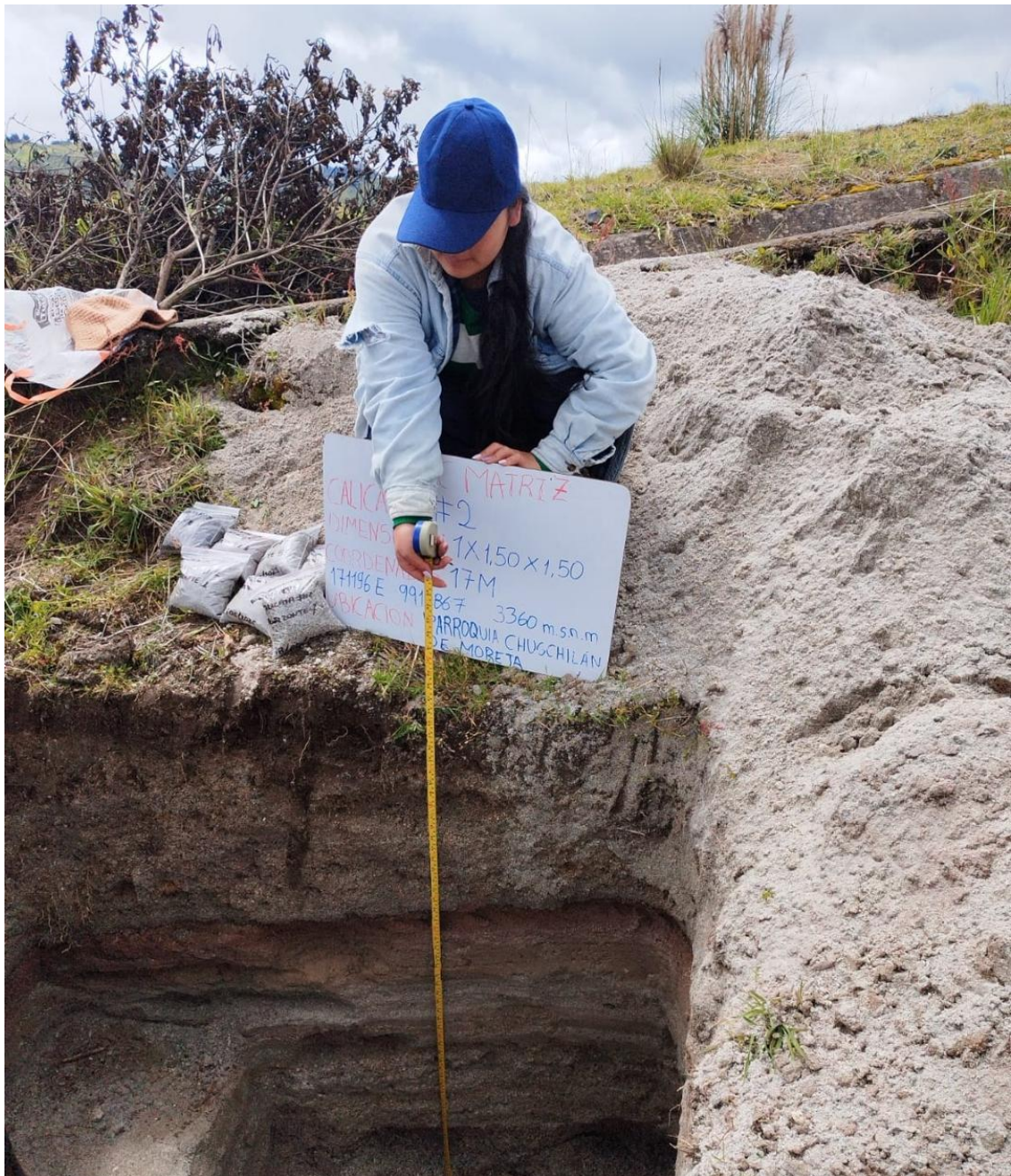
ANEXO 22. Coordenadas GPS



ANEXO 23. Obtención de muestras de suelo.



ANEXO 24. Ubicación y visualización de horizontes.



ANEXO 25. Resultados de muestras INIAP.

MC-LASPA-2201-01

	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0167

NOMBRE DEL CLIENTE: Camila Torres PETICIONARIO: Camila Torres EMPRESA/INSTITUCIÓN: Camila Torres DIRECCIÓN: Latacunga Cotopaxi/Latacunga/Chughilan/Narcisca Diaz	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 28/05/2025 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14:21 FECHA DE ANÁLISIS: 02/06/2025 FECHA DE EMISIÓN: 13/06/2025 ANÁLISIS SOLICITADO: TEXTURA + H.G.	
--	---	--

Análisis	Ph*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN	
																			Arena	Limo	Arcilla		
25-0699													0,00	0,00	0,00	0,00				77	16	7	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 1
25-0700													0,00	0,00	0,00	0,00				71	22	7	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 2
25-0701													0,00	0,00	0,00	0,00				85	10	5	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 3
25-0702													0,00	0,00	0,00	0,00				62	28	10	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 4
25-0703													0,00	0,00	0,00	0,00				82	14	4	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 5
25-0704													0,00	0,00	0,00	0,00				74	20	6	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 6
25-0705													0,00	0,00	0,00	0,00				76	18	6	ARENOSO- FRANCO- FRANCO- Calicata # 2 Horizonte 7

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/ 100g	%	ppm	meq/ 100g	ppm	ppm	ppm	ppm	%	
25-0699											24,50	Calicata # 2 Horizonte 1
25-0700											19,81	Calicata # 2 Horizonte 2
25-0701											5,22	Calicata # 2 Horizonte 3
25-0702											16,74	Calicata # 2 Horizonte 4
25-0703											17,26	Calicata # 2 Horizonte 5
25-0704											22,15	Calicata # 2 Horizonte 6
25-0705											25,74	Calicata # 2 Horizonte 7

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA			
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg =	Olsen Modificado
SA =	Forbato de Calcio	Cu Fe Mn Zn =	Olsen Modificado
AW =	Titración NaOH	B =	Curcumina

INTERPRETACION				
pH	Elemento			
Ac =	Acido	N =	Neutro	
LAC =	Liger. Acido	LA =	Liger. Alcalino	
PN =	Pract. Neutro	Al =	Alcalino	
RC =	Regulan Cal		T =	Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Eléctrica
M.O =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Potro Saturated
M.O. =	Dicromato de Potasio
AW =	Titración NaOH



INTERPRETACION			
Al+H y Na	C.E		M.O y Cl
B =	Bajo	NS =	No Salino
M =	Medio	S =	Salino
T =	Tóxico	MS =	Muy Salino
		M =	Medio
		A =	Alto



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc, que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

ANEXO 26. Excavación calicata Chugchilán de Moreta.



ANEXO 28. Resultados de laboratorio INIAP.

MC-LASPA-2201-01



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
Tfns. (02) 3007284 / (02)2504240
Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 25-0168

NOMBRE DEL CLIENTE: Camila Torres
PETICIONARIO: Camila Torres
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Camila Torres
DIRECCIÓN: Latacunga
Cotopaxi/Latacunga/Chugchilan/Gonzalo Herrera

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 28/05/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14:21
FECHA DE ANÁLISIS: 02/06/2025
FECHA DE EMISIÓN: 13/06/2025
ANÁLISIS SOLICITADO: TEXTURA + H.G.

Análisis	pH*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN	
																			Arena	Limo	Arcilla		Clase Textural
25-0706													0,00	0,00	0,00	0,00			60	26	14	FRANCO-ARENOSO	Calicata # 1 Horizonte 1
25-0707													0,00	0,00	0,00	0,00			54	32	14	FRANCO-ARENOSO	Calicata # 1 Horizonte 2
25-0708													0,00	0,00	0,00	0,00			56	34	10	FRANCO-ARENOSO	Calicata # 1 Horizonte 3

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g		%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		%	
25-0706											26,92	Calicata # 1 Horizonte 1
25-0707											27,14	Calicata # 1 Horizonte 2
25-0708											27,77	Calicata # 1 Horizonte 3

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA		
pH *	Succión Agua (1:2,5)	PK Ca Mg *
SB *	Fórmula de Cálculo	Cu Fe Mn Zn *
		B *

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAl = Liger. Alcalino	M = Medio
PN = Proc. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. *	Punto Saturado
M.O. *	Dicromato de Potasio
Alm *	Titración NaOH



INTERPRETACION		
Al+H y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Liger. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		A = Alto



LABORATORISTA

RESPONSABLE DE LABORATORIO

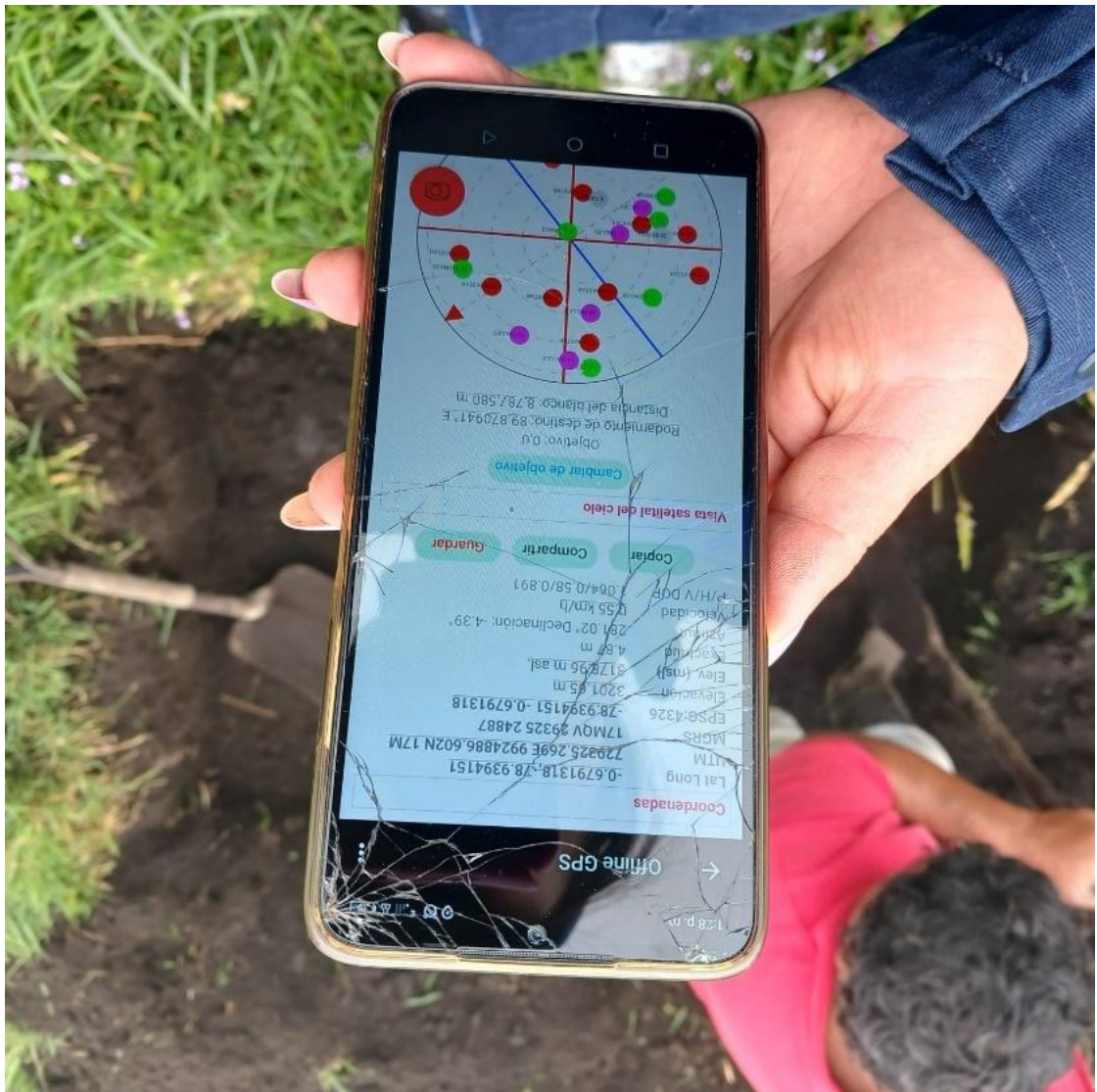
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

ANEXO 29. Coordenadas GPS Colestambo.



ANEXO 30. Vista de perfiles.



ANEXO 31. Resultados del INIAP

MC-LASPA-2201-01

	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tfs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 25-0170

NOMBRE DEL CLIENTE: Camila Torres PETICIONARIO: Camila Torres EMPRESA/INSTITUCIÓN: Camila Torres DIRECCIÓN: Latacunga Cotopaxi/Latacunga/Comunidad Colestambo/ José Castillas	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 28/05/2025 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14:21 FECHA DE ANÁLISIS: 02/06/2025 FECHA DE EMISIÓN: 13/06/2025 ANÁLISIS SOLICITADO: TEXTURA + H.G.
---	---

Análisis	pH*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN	
		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural			
25-0712													0,00	0,00	0,00	0,00				57	28	15	FRANCO-ARENOSO Calicata # 1 Horizonte 1
25-0713													0,00	0,00	0,00	0,00				87	8	5	ARENOSO-FRANCO Calicata # 1 Horizonte 2
25-0714													0,00	0,00	0,00	0,00				79	18	3	ARENOSO-FRANCO Calicata # 1 Horizonte 3
25-0715													0,00	0,00	0,00	0,00				51	38	11	FRANCO Calicata # 1 Horizonte 4

Análisis	AH*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		%	
25-0712											38,78	Calicata # 1 Horizonte 1
25-0713											20,56	Calicata # 1 Horizonte 2
25-0714											31,96	Calicata # 1 Horizonte 3
25-0715											51,79	Calicata # 1 Horizonte 4

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA	
pH = Sello: Agua (12.25)	P, K, Ca, Mg = Osmen Modificado
SA = Follato de Calcio	Cu, Fe, Mn, Zn = Osmen Modificado
B =	C = Curcumina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger Acido	LAl = Liger Alkalino	M = Medio
PN = Puro Neutro	Al = Alkalino	A = Alto
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Bazo)	

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Posta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Ash =	Titración NaOH



LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

INTERPRETACION			
AH, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto



RESPONSABLE DE LABORATORIO

ANEXO 32. Coordenadas GPS



ANEXO 33. Ubicación y vista de los horizontes.



ANEXO 34. Resultados del INIAP.

MC-LASPA-2201-01



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
Tfns. (02) 3007284 / (02)2504240
Mail: laboratorio.dsa@inap.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 25-0169

NOMBRE DEL CLIENTE: Camila Torres
PETICIONARIO: Camila Torres
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Camila Torres
DIRECCIÓN: Latacunga
Cotopaxi/Latacunga/Comunidad Colestambo/ Narcisca Umajinga

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 28/05/2025
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14:21
FECHA DE ANÁLISIS: 02/08/2025
FECHA DE EMISIÓN: 13/08/2025
ANÁLISIS SOLICITADO: TEXTURA + H.G.

Análisis	pH*	N*	P*	S*	B*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO*	CO*	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN
																			Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
25-0709													0,00	0,00	0,00	0,00				60	30	10	FRANCO-ARENOSO Horizonte 1
25-0710													0,00	0,00	0,00	0,00				52	40	8	FRANCO-ARENOSO Horizonte 2
25-0711													0,00	0,00	0,00	0,00				59	32	9	FRANCO-ARENOSO Horizonte 3

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	HG	IDENTIFICACIÓN
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm	%	%	
25-0709											37,49	Calicata # 2 Horizonte 1
25-0710											50,48	Calicata # 2 Horizonte 2
25-0711											42,02	Calicata # 2 Horizonte 3

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA			
pH *	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg *	Olan Modificado
SB *	Fuente de Calcio	Cu Fe Mn Zn *	Olan Modificado
B			Cuarcina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LA = Liger. Alcalino	M = Medio
PN = Proc. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto
RC = Requiere Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E.	Pasta Saturada
M.O.	Dicromato de Potasio
AlH	Titración NaOH



LABORATORISTA

INTERPRETACION			
AlH, Al y Na	C.E.		M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto



RESPONSABLE DE LABORATORIO

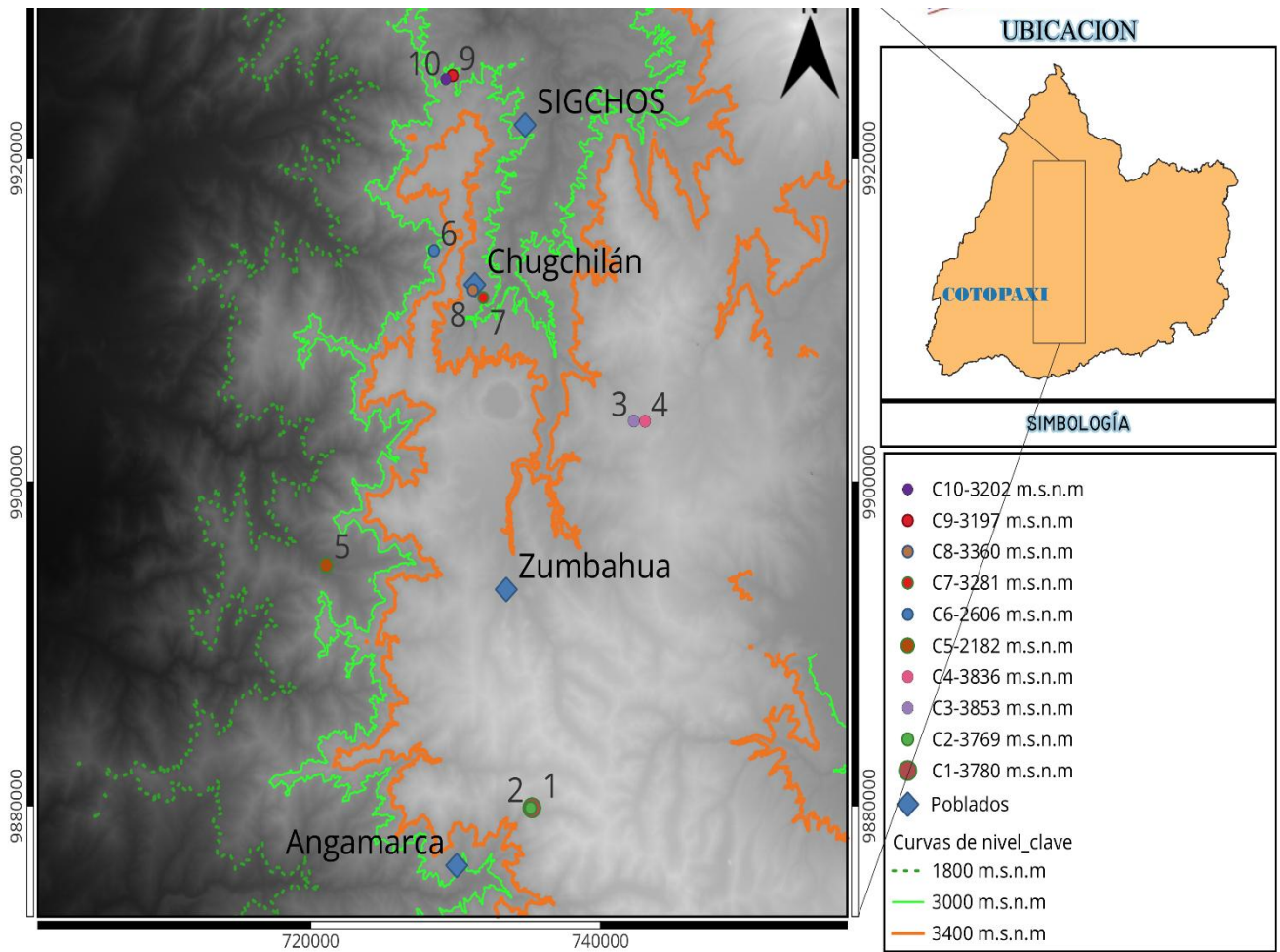
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

ANEXO 35. Mapa de calicatas y sectores.



ANEXO 36. Resultado de datos con las ecuaciones de pedotransferencia.

Funciones de pedotransferencia (PTF) estudiadas para estimar el contenido de humedad del suelo y la conductividad hidráulica saturada con Datos in situ (Laboratorio:INIAP)							
RESUMEN DE RESULTADOS:							
Ks = Conductividad hidráulica (cm/hr)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	10,0278	9,5663	22,7544	10,0278	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	11,1645	14,9651	19,2828	8,7198	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	26,3768	22,7647	19,4464	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	34,6430	36,1652	28,3586	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	62,4544	97,5058	23,1717	18,3274	12,1776	N.A.	N.A.
Calicata 6	62,4544	27,9270	101,5778	114,0867	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	19,7986	17,4251	24,9217	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	46,6664	42,3572	64,2700	27,5897	68,2097	49,0855	50,5845
Calicata 9	17,4753	66,3631	73,7137	20,8977	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	26,6483	29,0329	28,8028	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	31,7710	36,4072	40,6300	33,2748	40,1936	49,0855	50,5845
Máx	62,4544	97,5058	101,5778	114,0867	68,2097	49,0855	50,5845
Min	10,0278	9,5663	19,2828	8,7198	12,1776	49,0855	50,5845
Ksat = Conductividad hidráulica saturada (cm/hr)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	1,5390	1,4562	1,7833	1,5390	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	1,5850	1,6813	1,9339	1,3039	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	3,1800	2,5494	2,4753	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	3,8657	3,0202	2,7748	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	3,4804	5,8943	2,6208	2,2784	2,0250	N.A.	N.A.
Calicata 6	3,4804	2,6992	6,5831	8,6783	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	2,7242	2,3080	2,5872	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	4,8310	4,0929	6,2063	3,0538	5,7974	4,5127	4,7691
Calicata 9	2,4708	6,5589	5,4154	2,2204	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	2,8896	2,3858	2,8526	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	3,0046	3,2646	3,5233	3,1790	3,9112	4,5127	4,7691
Máx	4,8310	6,5589	6,5831	8,6783	5,7974	4,5127	4,7691
Min	1,5390	1,4562	1,7833	1,3039	2,0250	4,5127	4,7691
Q33 = Capacidad de campo (g/g)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	0,1819	0,1854	0,1619	0,1819	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	0,1779	0,1699	0,1589	0,1924	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	0,1274	0,1414	0,1454	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	0,1129	0,1264	0,1339	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	0,1131	0,0776	0,1396	0,1506	0,1666	N.A.	N.A.
Calicata 6	0,1131	0,1356	0,0706	0,0531	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	0,1404	0,1509	0,1394	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	0,0966	0,1071	0,0786	0,1289	0,0819	0,0999	0,0964
Calicata 9	0,1476	0,0751	0,0851	0,1501	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	0,1324	0,1424	0,1321	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	0,1343	0,1312	0,1245	0,1428	0,1242	0,0999	0,0964
Máx	0,1819	0,1854	0,1619	0,1924	0,1666	0,0999	0,0964
Min	0,0966	0,0751	0,0706	0,0531	0,0819	0,0999	0,0964
Q1500= Punto de marchitez permanente (cm ³ /cm ³)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	0,0685	0,0685	0,0352	0,0685	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	0,0618	0,0485	0,0418	0,0685	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	0,0418	0,0418	0,0485	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	0,0352	0,0285	0,0352	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	0,0152	0,0085	0,0418	0,0485	0,0752	N.A.	N.A.
Calicata 6	0,0152	0,0352	0,0085	0,0085	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	0,0518	0,0518	0,0385	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	0,0285	0,0285	0,0218	0,0385	0,0185	0,0252	0,0252
Calicata 9	0,0552	0,0218	0,0152	0,0418	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	0,0385	0,0318	0,0352	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	0,0412	0,0365	0,0322	0,0457	0,0468	0,0252	0,0252
Máx	0,0685	0,0685	0,0485	0,0685	0,0752	0,0252	0,0252
Min	0,0152	0,0085	0,0085	0,0085	0,0185	0,0252	0,0252
OC = Contenido de carbono orgánico (%)							
HORIZONTE:	1	2	3	4	5	6	7
Calicata 1	0,5753	0,5794	0,4086	0,5753	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 2	0,5419	0,4753	0,4336	0,5878	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 3	0,3961	0,4127	0,4461	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 4	0,3503	0,3378	0,3752	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 5	0,2648	0,1940	0,4107	0,4523	0,5857	N.A.	N.A.
Calicata 6	0,2648	0,3773	0,1857	0,1648	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 7	0,4544	0,4669	0,3961	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 8	0,3023	0,3148	0,2523	0,3836	0,2419	0,2419	0,2878
Calicata 9	0,4773	0,2482	0,2315	0,4232	N.A.	N.A.	N.A.
Calicata 10	0,3878	0,3711	0,3732	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Promedio	0,4015	0,3778	0,3513	0,4312	0,4138	0,2419	0,2878
Máx	0,5753	0,5794	0,4461	0,5878	0,5857	0,2419	0,2878
Min	0,2648	0,1940	0,1857	0,1648	0,2419	0,2419	0,2878

ANEXO 37. Subclases de textura MAG.

Cuadro 2.10. Subclases de textura, según el triángulo de texturas de suelos

Etiqueta o categoría	Símbolo	Descripción
Arena	A	Tiene un buen drenaje y se cultivan con facilidad, pero también se secan fácilmente y los nutrientes se pierden por lavado.
Arena muy fina	AMF	
Arena fina	AFI	

Elaborado por: Geopedología y Amenazas Geológicas

15

Cantón Guayaquil

EVALUACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO

Etiqueta o categoría	Símbolo	Descripción
Arena media	AM	
Arena gruesa	AG	
Arena francoso	AF	
Franco	F	Muestran mayor capacidad de uso agrícola.
Franco arenoso	FA	
Franco limoso	FL	
Franco arcilloso	FY	
Franco arcillo-arenoso	FYA	
Franco arcillo-limoso	FYL	
Limoso	L	Son texturas que dan una sensación harinosa (como polvo del talco). Tienen velocidad de infiltración baja, almacenamiento de nutrientes medio.
Arcilloso	Y	Tienden a no drenar bien, se compactan con facilidad y se cultivan con dificultad y, a su vez, presentan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.
Arcillo-arenoso	YA	
Arcillo-limoso	YL	
Arcilla pesada	YP	

Fuente: Catálogo de Objetos. CLIRSEN-MAGAP (SIGAGRO). 2011