

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### ESCUELA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

“Evaluación y categorización del estado de conservación de los suelos en el  
Centro Experimental San Francisco”

Trabajo de titulación previo a la obtención de título de  
Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

**AUTOR:** Juan Pablo Rosero Erazo.

**ASESOR:** Dr. Wilfredo Franco.

TULCÁN – ECUADOR

AÑO: 2016

## **CERTIFICADO.**

Certifico que el estudiante Juan Pablo Rosero Erazo con el número de cédula 040164489-3 ha elaborado bajo mi dirección la sustentación de grado titulada: “Evaluación y Categorización del Estado de Conservación de los Suelos en el Centro Experimental San Francisco”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el reglamento de Grado del Titular a obtener, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



-----  
Dr. Wilfredo Franco

Tulcán, 29/09/2016.

## AUTORÍA DE TRABAJO.

La presente tesis constituye requisito previo la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Juan Pablo Rosero Erazo con el número de cédula 040164489-3 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados más conclusiones a los que ha llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Juan Pablo Rosero Erazo

Tulcán, 29/09/2016

## **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.**

Yo Juan Pablo Rosero Erazo con el número de cédula 040164489-3, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la resolución del Consejo de Investigación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de fecha 21 de junio del 2012 que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional de la Universidad.

Tulcán, 29/09/2016



-----  
Juan Pablo Rosero Erazo

CI. 040164489-3

## **AGRADECIMIENTO.**

Quiero agradecer de manera infinita a Dios por haberme dado la vida, y la oportunidad de estudiar en mi propia provincia, la carrera que tanto amo.

A mis padres quienes han hecho un esfuerzo infinito para que yo pueda estudiar, como también a mis dos hermanas y mi hermano quienes han estado conmigo paso a paso, para que yo pueda cumplir con mi sueño.

Un agradecimiento a mi tutor de Tesis Doctor Wilfredo Franco y a la Dra. Judith García por el apoyo y guía en el procesamiento estadístico de los datos. Igualmente, a todos los docentes de la UPEC de los cuales tuve oportunidad de recibir enseñanzas y conocimientos a lo largo de mis estudios.

Así mismo a todos mis compañeros de clase, quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje, y, muy especialmente, a Oscar Quintero, compañero de esfuerzos y trabajo en la realización de nuestras tesis de grado.

## **DEDICATORIA.**

Este proyecto de Tesis va dedicado primeramente a Dios por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida, por nunca abandonarme.

A mi familia que ha estado apoyándome constantemente, especialmente mi padre Guido Fabián Rosero y mi madre Mirian Mercedes Erazo, que me ha motivado a realizar este proyecto de tesis y haberme formado día a día con sus valores.

A mis queridos docentes de la Universidad que me formaron como estudiante día tras día, dándome a conocer todo el conocimiento que ellos poseen.

## INDICE DE CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| CERTIFICADO.....   | I   |
| AUTORÍA DE TRABAJO. ....   | II  |
| ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO. ....                     | III |
| AGRADECIMIENTO. ....   | IV  |
| DEDICATORIA. ....  | V   |
| RESUMEN EJECUTIVO.....   | XII |
| ABSTRACT.....  | XV  |
| INTRODUCCIÓN.....  | 1   |
| I. EL PROBLEMA.....  | 2   |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                    | 2   |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....                                     | 2   |
| 1.3 DELIMITACIÓN.....  | 3   |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN.....   | 4   |
| 1.5 OBJETIVOS.....   | 5   |
| II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....  | 7   |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....                                  | 7   |
| 2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL. ....  | 9   |
| 2.3. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....                                    | 10  |
| 2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....                                    | 11  |
| 2.4.1. Los Suelos (Andisoles).....                                     | 11  |
| 2.4.2. El perfil del suelo.....  | 12  |
| 2.4.3. Descripción del perfil de suelo.....                            | 13  |
| 2.4.4. Buenas prácticas agropecuarias en terrenos con pendientes.....  | 14  |
| 2.4.5. Principales factores de la degradación y erosión del suelo..... | 15  |
| 2.5. HIPOTESIS.....  | 17  |

|   |    |
|---|----|
| 2.6. VARIABLES.....   | 18 |
| III. METODOLOGÍA. ....  | 18 |
| 3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN. ....                                    | 18 |
| 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....  | 18 |
| 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....                           | 19 |
| 3.3.1. Población. ....  | 19 |
| 3.3.2. Muestra. ....  | 19 |
| 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....                                   | 19 |
| 3.5. RECOLECCION DE INFORMACION .....                                       | 22 |
| 3.5.1. Información procedimental .....                                      | 22 |
| 3.5.2. Determinaciones de laboratorio y gabinete .....                      | 22 |
| 3.5.3. Materiales y equipos .....   | 23 |
| 3.5.4. Detalles de procedimientos .....                                     | 24 |
| 3.5.5. Figuras ilustrativas del levantamiento de la información .....       | 24 |
| 3.5.6. Recolección de muestras .....  | 26 |
| 3.5.7. Ubicación de calicatas en el Centro Experimental San Francisco. .... | 27 |
| 3.5.8. Etapa de laboratorio .....   | 28 |
| 3.6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION .....                       | 30 |
| 3.7. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE SUELO .....                                  | 33 |
| 3.8. ESTIMACIÓN DE POTENCIALES PERIODOS DE ESTRÉS PARA LOS CULTIVOS.....    | 39 |
| 3.9. CATÁLOGO DE TIPOS DE SUELOS.....                                       | 44 |
| 3.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS .....                              | 45 |
| 3.11. DIFERENCIAS ENTRE LOS TIPOS DE SUELOS .....                           | 49 |
| 3.12. DISCUSION DE RESULTADOS.....  | 51 |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                    | 53 |
| 4.1. CONCLUSIONES .....   | 53 |



|      |                                    |     |
|------|------------------------------------|-----|
| 4.2. | RECOMENDACIONES.....               | 54  |
| V.   | BIBLIOGRAFÍA .....                 | 55  |
| VI.  | PROPUESTA.....                     | 58  |
| 6.1. | TITULO .....                       | 58  |
| 6.2. | ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA ..... | 58  |
| 6.3. | OBJETIVOS.....                     | 59  |
| 6.4. | FUNDAMENTACIÓN .....               | 59  |
| 6.5. | JUSTIFICACIÓN.....                 | 60  |
| 6.6. | DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....    | 61  |
| VII. | ANEXOS .....                       | 65  |
| 7.1. | GRAFICA DE PERFILES.....           | 65  |
| 7.2. | DESCRIPCIÓN DE PERFILES.....       | 83  |
| 7.3. | ANÁLISIS DE LABORATORIO.....       | 121 |

## INDICE DE TABLAS

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Tabla 1:     | Establecimiento de la investigación y ubicación geográfica.....    | 3  |
| Tabla 2:     | Operacionalización de variable independiente.....                  | 20 |
| Tabla 3:     | Operacionalización de variable dependiente .....                   | 21 |
| Tabla 4:     | Materiales .....   | 23 |
| Tabla 5:     | Actividades del proyecto .....                                     | 24 |
| Tabla 6:     | Catalogo de suelos .....   | 44 |
| Tabla 7-8:   | Diferencia entre suelos espesor de A1 y pH.....                    | 45 |
| Tabla 9-10:  | Diferencia entre suelos cantidad de macroporos y carbono .....     | 46 |
| Tabla 11-12: | Diferencia de suelos entre CC y Da.....                            | 47 |
| Tabla 13:    | Asociaciones lineales entre variables combinando profundidad ..... | 48 |
| Tabla 14:    | Clasificación de días sin lluvia por categorías .....              | 43 |
| Tabla 15:    | Perfil T1-P1 .....   | 83 |
| Tabla 16:    | Perfil T1-P2.....  | 84 |
| Tabla 17:    | Perfil T1-P3.....  | 85 |
| Tabla 18:    | Perfil T1-P4.....  | 86 |
| Tabla 19:    | Perfil T1-P5.....  | 87 |
| Tabla 20:    | Perfil T1-P6 .....   | 88 |
| Tabla 21:    | Perfil T1-P7.....  | 89 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Tabla 22:Perfil T2-P1 .....  | 90  |
| Tabla 23:Perfil T2-P2 .....  | 91  |
| Tabla 24:Perfil T2-P3 .....  | 92  |
| Tabla 25:Perfil T2-P4 .....  | 93  |
| Tabla 26:Perfil T2-P5 .....  | 94  |
| Tabla 27:Perfil T3-P1 .....  | 95  |
| Tabla 28:Perfil T3-P2 .....  | 96  |
| Tabla 29:Perfil T3-P3 .....  | 97  |
| Tabla 30:Perfil T3-P4 .....  | 98  |
| Tabla 31:Perfil T4-P1 .....  | 99  |
| Tabla 32:Perfil T4-P2 .....  | 101 |
| Tabla 33:Perfil T4-P3 .....  | 101 |
| Tabla 34:Perfil T5-P1 .....  | 102 |
| Tabla 35:Perfil T5-P2 .....  | 103 |
| Tabla 36:Perfil T5-P3 .....  | 104 |
| Tabla 37:Perfil T6-P1 .....  | 105 |
| Tabla 38:Perfil T6-P2 .....  | 107 |
| Tabla 39:Perfil T6-P3 .....  | 108 |
| Tabla 40:Perfil T6-P4 .....  | 109 |
| Tabla 41:Perfil T7-P1 .....  | 110 |
| Tabla 42:Perfil T7-P2 .....  | 111 |
| Tabla 43:Perfil T7-P3 .....  | 112 |
| Tabla 44:Perfil T8-P1 .....  | 113 |
| Tabla 45:Perfil T8-P2 .....  | 114 |
| Tabla 46:Perfil T8-P3 .....  | 115 |
| Tabla 47:Perfil T11-P1 ..... | 116 |
| Tabla 48:Perfil T11-P2 ..... | 117 |
| Tabla 49:Perfil T11-P3 ..... | 118 |
| Tabla 50:Perfil T12-P1 ..... | 119 |
| Tabla 51:Perfil T12-P2 ..... | 120 |

## **INDICE DE CUADROS**

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro 1:Precipitación en la Finca Experimental San Francisco ..... | 42  |
| Cuadro 2 :Periodos sin lluvia durante 2010-2011-2012 .....          | 43  |
| Cuadro 3: T1 P1.....  | 122 |
| Cuadro 4: T1P2.....   | 122 |
| Cuadro 5: T1P3.....   | 123 |
| Cuadro 6: T1P4.....   | 123 |
| Cuadro 7: T1P5.....   | 124 |
| Cuadro 8: T1P6.....   | 124 |
| Cuadro 9: T1P7.....   | 125 |
| Cuadro 10: T2P1.....  | 125 |
| Cuadro 11: T2P2.....  | 126 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Cuadro 12: T2P3..... | 126 |
| Cuadro 13: T2P4..... | 127 |
| Cuadro 14: T2P5..... | 127 |
| Cuadro 15: T3P1..... | 128 |
| Cuadro 16: T3P2..... | 128 |
| Cuadro 17: T3P3..... | 129 |
| Cuadro 18: T3P4..... | 129 |
| Cuadro 19: T4P1..... | 130 |
| Cuadro 20: T4P1..... | 130 |
| Cuadro 21: T5P1..... | 131 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Ubicación del Centro Experimental San Francisco.....            | 4  |
| Figura 2: Medición de pendientes con clisímetro y apertura del suelo..... | 25 |
| Figura 3: Barrenamientos de áreas.....                                    | 25 |
| Figura 4: Medición del espesor de cada horizonte del suelo.....           | 25 |
| Figura 5: Ubicación de calicatas.....                                     | 26 |
| Figura 6: Recolección de suelo para análisis de pH ,C.....                | 26 |
| Figura 7: Localización de las transectas.....                             | 27 |
| Figura 8: Muestras de densidad aparente.....                              | 29 |
| Figura 9: Muestras de carbono.....  | 29 |
| Figura 10: PH-metro marca Mettler Toledo.....                             | 29 |
| Figura 11: Tipos de suelo.....  | 31 |
| Figura 12: Procesos y horizontes.....                                     | 32 |
| Figura 13: Perfil modal-Estación meteorológica.....                       | 32 |
| Figura 14: Suelo Tipo 1, perfil modal.....                                | 34 |
| Figura 15: Tipo 2a: Medianamente degradado.....                           | 35 |
| Figura 16: Suelo tipo 2b.....   | 36 |
| Figura 17: Suelo tipo 3a.....   | 37 |
| Figura 18: Suelo tipo 3b.....   | 38 |
| Figura 19: Suelo tipo 4.....  | 39 |
| Figura 20: Transecta 1- Perfil 1.....                                     | 65 |
| Figura 21: Transecta 1- Perfil 2.....                                     | 65 |
| Figura 22: Transecta 1- Perfil 3.....                                     | 66 |
| Figura 23: Transecta 1- Perfil 4.....                                     | 66 |
| Figura 24: Transecta 1- Perfil 5.....                                     | 67 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 25: Transecta 1- Perfil 6.....   | 67 |
| Figura 26: Transecta 1- Perfil 7.....   | 68 |
| Figura 27: Transecta 2- Perfil 1.....   | 68 |
| Figura 28: Transecta 2- Perfil 2.....   | 69 |
| Figura 29: Transecta 2- Perfil 3.....   | 69 |
| Figura 30: Transecta 2- Perfil 4.....   | 70 |
| Figura 31: Transecta 2- Perfil 5.....   | 70 |
| Figura 32: Transecta 3 - Perfil 1.....  | 71 |
| Figura 33: Transecta 3 - Perfil 2.....  | 71 |
| Figura 34: Transecta 3 - Perfil 3.....  | 72 |
| Figura 35: Transecta 3 - Perfil 4.....  | 72 |
| Figura 36: Transecta 4 - Perfil 1.....  | 73 |
| Figura 37: Transecta 4 - Perfil 2.....  | 73 |
| Figura 38: Transecta 5 - Perfil 1.....  | 74 |
| Figura 39: Transecta 5 - Perfil 2.....  | 74 |
| Figura 40: Transecta 5 - Perfil 3.....  | 75 |
| Figura 41: Transecta 6 - Perfil 1.....  | 75 |
| Figura 42: Transecta 6 - Perfil 2.....  | 76 |
| Figura 43: Transecta 6 - Perfil 3.....  | 76 |
| Figura 44: Transecta 6 - Perfil 4.....  | 77 |
| Figura 45: Transecta 7 - Perfil 1.....  | 77 |
| Figura 46: Transecta 7 - Perfil 2.....  | 78 |
| Figura 47: Transecta 7 - Perfil 3.....  | 78 |
| Figura 48: Transecta 8 - Perfil 1.....  | 79 |
| Figura 49: Transecta 8 - Perfil 2.....  | 79 |
| Figura 50: Transecta 8 - Perfil 3.....  | 80 |
| Figura 51: Transecta 11 - Perfil 1..... | 80 |
| Figura 52: Transecta 11 - Perfil 2..... | 81 |
| Figura 53: Transecta 11 - Perfil 3..... | 81 |
| Figura 54: Transecta 12 - Perfil 1..... | 82 |
| Figura 55: Transecta 12 - Perfil 2..... | 82 |

## RESUMEN EJECUTIVO

El Valle Interandino norte en la provincia del Carchi está enmarcado por numerosos volcanes, algunos activos durante el Pleistoceno y otros durante el Holoceno. Ello ha posibilitado la existencia en el terreno de una gruesa capa de sedimentos volcánicos holocénicos, conformada en su parte superior por aproximadamente un metro de cenizas volcánicas (granos tamaño limo a arena gruesa) sobre un metro de lapilli (granos tamaño arena media y gruesa a grava, con abundantes inclusiones tamaño piedra de 2 a 10 cm). Ese material se distribuyó diferencialmente en el paisaje según la topografía, tanto en el momento de la deposición, como posteriormente por acción del viento y el agua, aumentando en las cercanías de la fuente emisora (especialmente el lapilli). Ello fue el material originario de los productivos suelos actuales que cubren el paisaje del valle interandino (Franco, 2015)

El desarrollo agrícola crecientemente intensivo, a partir de la deforestación del bosque húmedo montano desde la primera mitad del siglo XX, estimuló una nueva onda de redistribución del material provocada por erosión superficial y, posiblemente, nuevos procesos de soliflucción. Los movimientos en masa son favorecidos en formas de relieve cóncavos, debido a la acumulación de agua y la saturación del material superior, de texturas limosas a franco arenosa y medias de poca adhesividad y cohesión. El inicio de tales flujos pudo eventualmente haber sido desencadenado también por temblores de tierra, frecuentes en la región por la actividad volcánica y la presión de la placa de Nazca en la costa ecuatoriana.

Como resultado de todo ello, la “alfombra” de cenizas volcánicas que cubre el valle y las vertientes de las cordilleras occidental y oriental presenta una alta variabilidad en su espesor. Y es en esa capa de cenizas que se ha desarrollado el horizonte A1, de color negro y de alta fertilidad gracias a su alto contenido en

humus, del cual depende la potencialidad agrícola de la región (Franco, 2015). El objetivo de este trabajo fue formular una clasificación interpretativa de los jóvenes suelos del Centro Experimental San Francisco, propiedad de la UPEC, que reflejara su nivel de degradación/conservación, asumiendo que ello podría influenciar la productividad. La clasificación fue fundamentada, primeramente, en el espesor del horizonte A1 y en algunas de sus propiedades y, segundo, en su relación con la topografía (posición topográfica y grado de pendiente), lo cual facilitaría su posterior aplicación en la cartografía de los suelos. Se asumió como condición que la definición de los tipos de suelo se basara en parámetros de fácil detección, a los fines de viabilizar su uso con facilidad y bajos costos por parte de técnicos y agricultores.

Se diferenciaron 4 tipos de suelos, algunos de ellos con dos subtipos, en las 45 hectáreas de la finca (Cuadro 1). Cada tipo de suelo fue caracterizado en relación al espesor del horizonte A1, su color, textura, estructura y grado de compactación, contenido de carbono orgánico y pH. El tipo 1, denominado *modal*, corresponde al perfil de suelo poco afectado por pérdida o acumulación, presente en cimas convexas de muy poca pendiente y poca intensidad de uso. Todos los demás perfiles se compararon con este tipo para definir su carácter de *pérdida* o *ganancia*.

El tipo 2 corresponde a perfiles de pérdida de material en las partes altas de las pendientes, el tipo 3 a perfiles de acumulación en las partes media y baja y en la base de las laderas, y, finalmente, el tipo 4 a perfiles en fondos de valle, donde la acumulación de agua genere procesos de gleyzacion en el primer metro, lo que afecta la capacidad de uso del suelo. Si la gleyzacion se presenta a mayor profundidad no afectando la productividad se considera un tipo 3b (perfil de acumulación).

Luego de analizar y discutir las diferencias entre los tipos de suelo, el trabajo concluye demostrando la existencia de suelos severa y moderadamente erosionados, alternando con suelos de extraordinario espesor por efectos de la acumulación de material, y finaliza con recomendaciones relativas al uso y

conservación de los suelos. Se propone un catálogo de tipos de suelos y tres recomendaciones relacionadas al mismo: a) aplicar el catalogo en la cartografía de los suelos en las fincas del cantón Huaca, b) iniciar la recabación de datos sobre el desarrollo de los cultivos en cada tipo de suelo, a fin de observar su posible relación con la productividad, y c) realizar experimentos relacionados a los tipos de suelo, sobre sistemas de producción de carácter agroecológico, que pudieran coadyuvar en la detención de los procesos de degradación de los suelos y su restauración. Particularmente se proponen cultivos mixtos para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades y reducir el uso de pesticidas, y la implementación de medidas tales como andenes, curvas de nivel, zanjas de absorción y barreras físicas o biológicas para retener humedad y contener la erosión superficial.

## ABSTRACT

The ecuadorian Interandean valley, North of the Carchi province, is surrounded by volcanoes, which were active during the Pleistocene or the Holocene. It explains the existence of an extensive ashes cover about 1-meter-deep (grain size from silt to medium and coarse sand) over lapilli (grain size from medium-coarse sand to gravel with inclusions of 2 to 10 cm wide stones), also 1-meter-deep in average.

These materials were distributed differentially in the landscape during its downfall, and after it, also by wind and water. Thus, the landscape ash cover shows quite variable differences in depth along the Interandean Valley and the Occidental and Oriental Cordillera's slopes. The horizon A1, characterized by black color and high fertility, developed on this ash sediment, being determinant for the local intensive agriculture.

Being the main objective of this work to produce a soils interpretative classification for the UPEC experimental farm San Francisco, it was necessary to take into consideration the thickness of the horizon A1 and his properties, and its relationships to the topographic position and the slope inclination degree. The latter would help by soil mapping. We found 5 soil types. Type 1 is the "modal" profile, very little affected by material lost or accumulation, and land use. Type 2 represents the soils profiles affected by material loss, localized at steep inclination at the top of slopes and in other areas under intensive land use.

Type 3 is an accumulation profile localized at the medium and basis of slopes. Finally, Type 4 corresponds to soils profiles at the bottom of slopes and having water saturation within 1 meter of soil depth (pseudogley).

After characterization of each soil type, we discuss its differences to conclude, that there its severe and medium eroded soil profiles in the experimental farm, besides very deep soils profiles created by strong material accumulation.



Finally, we make three recommendations: a) to collect information about plant development and production in different soil types in order to correlate both parameters, b) conduct experiments related to soil types on agro-ecological production systems, aiming to stop soil degradation and promote soil restoration, and c) to introduce erosion control practices, like terraces, contour lines cultivation and water absorption trenches.

## INTRODUCCIÓN

La provincia del Carchi se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar en particular la existencia de suelos volcánicos (Andisoles) con un potencial agrícola elevado. El clima y los suelos han favorecido una alta densidad poblacional, superior a 100 habitantes/km<sup>2</sup> en buena parte de la provincia, lo que ha derivado en una intensidad de uso de las tierras poco común. Las reformas agrarias de los años 60 y 70 impulsaron la densificación de la tenencia de la tierra y la introducción de pastos y ganaderías más productivas, y, finalmente, los sistemas de producción fundamentados en la llamada Revolución Verde, altamente intensivos en capital e insumos, dominaron el paisaje agrícola del Valle Interandino. La monocultura, la mecanización del laboreo de la tierra y el uso intensivo de agroquímicos han impactado en forma severa, especialmente las áreas de pendientes fuertemente onduladas hasta escarpadas (Lopez, 2003) (Franco, 2015). Progresivamente, los procesos de degradación han venido afectando a los suelos agrícolas. En forma general, este aspecto había sido descuidado ya desde la época colonial, sea por despreocupación frente a la abundancia de los recursos naturales, sea por la falta de experiencia en materia de conservación de suelos.

El Centro Experimental San Francisco de la UPEC ofrece una buena oportunidad para potenciar el desarrollo agrícola de forma racional. La tecnología utilizada en terrenos con pendientes pronunciadas ha generado procesos erosivos graves, por lo que es necesario encontrar un manejo adecuado para esto, realizando prácticas de conservación de suelos y haciendo un buen uso de las pendientes. El mal manejo de las pendientes en nuestra provincia ha hecho que se vea marcado en mayor intensidad la pérdida de suelo, por ello se requiere aplicar técnicas y tecnologías que nos ayuden a reducir la erosión del mismo, En la actualidad la erosión se singulariza por tener un papel de primer orden en la degradación de los recursos naturales renovables.

# I. EL PROBLEMA

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los suelos en el Centro Experimental San Francisco (UPEC) en Huaca, Carchi, han sido objeto de un largo proceso de deterioro causado por el sobreuso y la aplicación de técnicas agropecuarias inadecuadas a lo largo del tiempo. La deforestación de la zona se estima ocurrió a mediados del siglo pasado (Hidalgo, 2007), por lo que el área ha estado sometida a uso agropecuario por al menos 60 años. En su nueva condición del Centro Experimental San Francisco de la UPEC, una de las metas a alcanzar es la de establecer usos de la tierra acordes con las condiciones de relieve y capacidad productiva de los suelos, a fin de detener el proceso de degradación e iniciar la restauración donde sea factible.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El Centro Experimental San Francisco, como la mayoría de las fincas de la región alta, húmeda y fría del norte del Carchi, ha sido sometida a un uso agropecuario intensivo por décadas, siendo los rubros fundamentales la producción de papa y la producción de leche (pastizales). Desde los años 1970-1980, es común en la región el uso del tractor, arado de discos y rastra, en la preparación de la tierra. Ello se cumple, por lo general, en el sentido de la pendiente, debido a la fuerte y media inclinación del terreno.

Simplemente es imposible hacerlo siguiendo las curvas de nivel sin riesgo de volcamiento del tractor. Esa práctica agrícola promueve el arrastre de considerables cantidades de suelo pendiente abajo (Cordova y Valverde, 2002) por otra parte, el pastoreo tiende a compactar el suelo afectando sus propiedades físicas y aumentando los riesgos de erosión por escorrentía

superficial. Un vacuno de 400-500 Kg distribuye su peso en las cuatro extremidades y al andar en tres extremidades, causando un efecto de compresión significativo sobre el suelo, que se traduce en un aumento de la densidad aparente del horizonte más superficial de hasta 31% (Tomasini, 2012). Por otra parte, el pisoteo tanto en condición húmeda (efecto de compresión), como en seca (efecto de pulverización) tiende a destruir la estructura del suelo, lo que incide negativamente en la tasa de infiltración. En razón de la fuerte variabilidad edáfica generada tanto por factores naturales (acumulación diferencial de cenizas volcánicas y movimientos en masa, asociados al relieve) como por el impacto de la erosión, este estudio se propone caracterizar esa variabilidad y formular un sistema de clasificación interpretativa de los suelos. Estudios posteriores, por ejemplo, de productividad, al ser asociados a los tipos de suelos permitirán verificar su relevancia y, asimismo, se podrá experimentar sistemas dirigidos a la restauración de las áreas degradadas.

### 1.3 DELIMITACIÓN

País: Ecuador, Provincia: Carchi, Cantón: Huaca

Fecha de inicio del proyecto: mayo 2015

Fecha de finalización del proyecto: junio 2016

Tabla 1: Establecimiento de la investigación y ubicación geográfica.

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| Campo                        | Agrícola                   |
| Área                         | Estudio de suelos          |
| Unidades de Observación      | Finca experimental (45 ha) |
| Altitud                      | 2.700-2855 m.s.n.m.        |
| Temperatura promedio anual   | 12 °C                      |
| Precipitación promedio anual | 1200 mm                    |
| Humedad relativa promedio    | 80 %                       |

## MAPA DE UBICACION DEL CENTRO EXPERIMENTAL SAN FRANCISCO

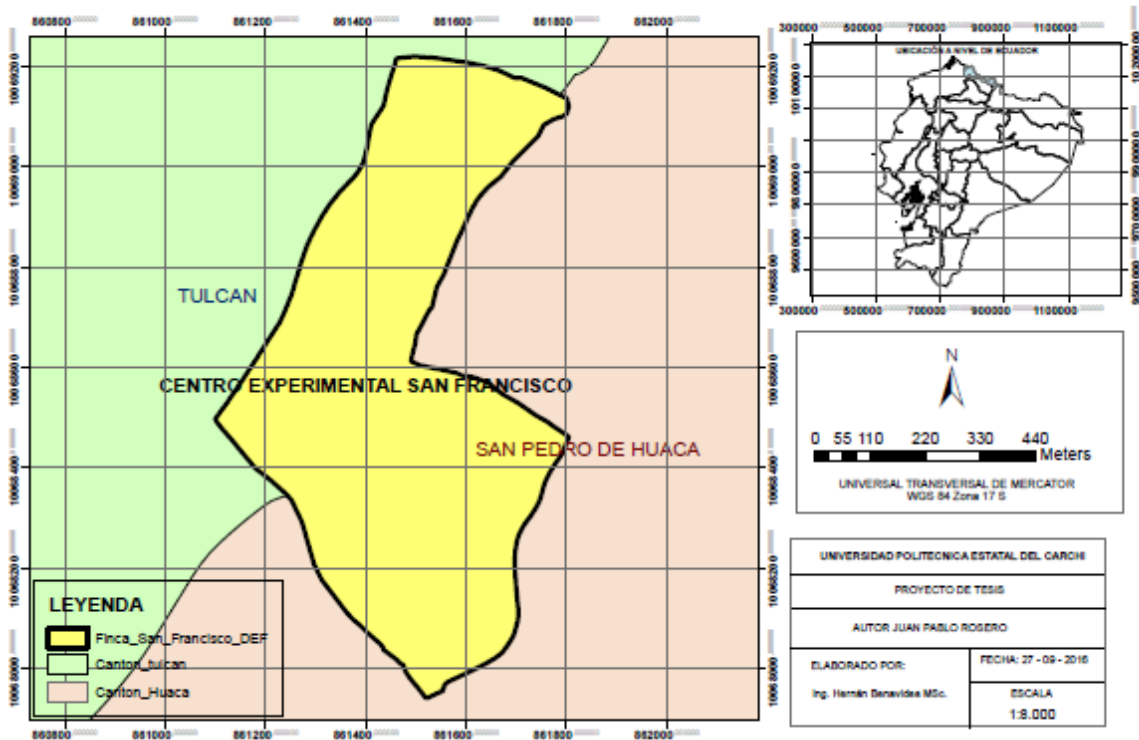


Figura 1: Ubicación del Centro Experimental San Francisco: cantón Huaca-Carchi

### 1.4 JUSTIFICACIÓN

La importancia del Centro Experimental San Francisco, de donde surjan experiencias agroproductivas sostenibles que influyan como modelo al entorno, requiere un mayor conocimiento de los suelos, sus potencialidades y limitaciones. Actualmente se adelantan una serie de proyectos de investigación y desarrollo agropecuario en la finca experimental, y se realizarán muchos otros en el futuro, para lo cual es relevante disponer de la mayor información posible sobre los suelos.

Por otra parte, el impacto erosivo en suelos de alta pendiente es notorio bajo el uso agropecuario intensivo de la zona húmeda y fría del Carchi, por encima de los 2.600 msnm, el cual se evidencia por el afloramiento de arenas blancas y/o la reducción del color negro intenso característico. Ante ello, es una necesidad

regional avanzar en el entendimiento del problema, sus dimensiones y su intensidad a los fines de proponer alternativas de solución eficientes. La producción agropecuaria del Carchi es una de las bases de la economía regional.

La UPEC, como Universidad Regional que incluye la especialidad de Desarrollo Integral Agropecuario, influye el tema de conservación de los suelos agrícolas en sus programas de docencia, investigación y extensión.

El estudio está dirigido a la generación de un catálogo de tipos de suelos que reflejen el estado de conservación, relacionando el espesor de la capa arable, la posición topográfica y la pendiente. Este catálogo, basado en tipos interpretativos de suelos, podría ser aplicado luego en otras fincas de la zona, y servir de base a estudios de productividad y programas y proyectos de restauración.

Es un importante reto para la UPEC, como universidad regional que incluye la especialidad desarrollo integral agropecuario y ciencias ambientales, contribuir a encontrar soluciones al problema de conservación de los suelos agrícolas y mejoramiento de los sistemas de producción. Para ello, lo procedente sería implementar progresivamente sistemas agroecológicos de producción, lo que requiere el conocimiento de los suelos, la vegetación y la fauna en toda la extensión de la finca. Desde el punto de vista académico y productivo, lo indicado es formular un Plan de ordenamiento y uso, con criterio agroecológico y visión de largo plazo, transformando la finca en un modelo experimental de desarrollo sostenible para la región de influencia, en el Norte del Carchi.

## 1.5 OBJETIVOS.

### 1.5.1. Objetivo General

Evaluar el estado de conservación y degradación de los suelos del Centro Experimental San Francisco, en relación a la posición topográfica y la clase de pendiente, y formular una clasificación interpretativa, referida al nivel de degradación del suelo, de la cual se derive un catálogo de tipos de suelos de fácil aplicación.

#### 1.5.2. Objetivos Específicos

- ✓ Hacer un reconocimiento de los suelos del Centro Experimental San Francisco, relacionándolos con la topografía y el grado de pendiente.
- ✓ Evaluar algunas propiedades físicas y químicas relevantes en los perfiles de suelo: espesor del horizonte A1, densidad aparente, porosidad total y tipos de porosidad, capacidad de campo, textura, estructura y compactación; y químicas: contenido de materia orgánica y pH, en función de reforzar la diferenciación de suelos.
- ✓ Elaborar un catálogo de los suelos del Centro Experimental San Francisco usando como criterio el nivel de conservación/degradación del perfil.
- ✓ Formular algunas medidas de conservación de los suelos frente al proceso de degradación por erosión y compactación.

## **II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En la actualidad, la Provincia del Carchi se caracteriza por ser una provincia en donde la tenencia de la tierra es minifundista; es decir, que más del 95% de sus unidades de producción agropecuaria tienen superficies que van desde una ha., hasta 20 ha., pocas son en realidad, las grandes propiedades que se conservan como tales. Este hecho sumado a los cultivos intensivos tradicionales, monocultivos, con falta de financiamiento, asesoramiento técnico e inseguridad en la comercialización, han sido y son, entre otras, las causa de la permanente pobreza, endeudamiento y marginación del agricultor. En el mundo contemporáneo, que exige el uso racional y altamente eficiente de los recursos naturales, como una de las bases de la competitividad; no es posible que potencialidades como las que ofrece el sector agropecuario en el Carchi, continúen siendo desperdiciadas, con enormes costos económicos y sociales. Ventajosamente, existen tecnologías agropecuarias que permiten, a través de un buen uso del suelo y demás recursos y medios de producción, obtener resultados y réditos satisfactorios. Todo este proceso se inicia a través del ordenamiento territorial de cada uno de los componentes que conforman el sistema agroproductivo, como son: El recurso agua, suelo, flora, entre otros (Ramirez, 2012)



La zonificación para la ordenación y manejo de las áreas es un ejercicio dinámico, flexible, el cual debe ser revisado y ajustado constantemente, demarcando zonas en base al uso potencial del suelo predestinándolo para un aprovechamiento adecuado y una actividad determinada (Peña, 2010).

Con el paso del tiempo las clasificaciones interpretativas o técnicas son una forma de agrupar los suelos, teniendo presente el objetivo de organizar la capa fértil del suelo por sus propiedades y su comportamiento, de modo que los productores puedan establecer decisiones correctas entre diversas alternativas de uso y de manejo agrícola. El sistema de capacidad de uso del suelo es una clasificación técnica que debe establecer características relevantes de un suelo, que permita decidir la combinación de cultivos apropiados para la tierra sobre una base sustentable, sin riesgos de erosión. Según una investigación realizada en Chile, las características más importantes del suelo que influyen en su capacidad de uso incluyen la profundidad de la capa fértil, textura, drenaje y porcentaje de pendiente (Stolpe, 2013).

A lo largo del tiempo se han realizado experimentos para evaluar el impacto del laboreo con rastra y discos sobre el estado del suelo y el proceso erosivo, encontrando que el mayor flujo de suelo se produce con el arado en pendientes de  $25^{\circ}$ , además se reporta la incidencia de procesos erosivos en diversas regiones del Carchi, señalándolo como un grave problema que debe ser abordado mediante innovación en los sistemas agroproductivos. Así mismo indica la necesidad de conocer la dimensión real del problema en cuanto a extensión y niveles de intensidad (Cordova y Valverde, 2002).

Por otra parte, la erosión del suelo puede ser causada por mala gestión de la ganadería en las aplicaciones agrícolas. El pastoreo excesivo reduce la utilidad, la productividad y la biodiversidad de la tierra y es una de las causas de la desertificación y la erosión. El pastoreo excesivo, como también la sobrepoblación de animales, causa un grave impacto sobre la estructura del suelo produciendo su compactación y reduciendo la tasa de infiltración; ello ha sido comprobado por multiplicidad de estudios. El cambio de la ecuación hídrica

en beneficio de la escorrentía superficial promueve la erosión superficial, y, en suelos poco permeables, la erosión en surcos y cárcavas. (Badillo, 2011).

En el caso del Centro Experimental San Francisco, los suelos de texturas gruesas facilitan la rápida infiltración de la lluvia, evitando surcos y cárcavas, pero, aun así, puede presumirse erosión superficial. Ello debe reflejarse en el espesor y la estructura del Horizonte A1, como un impacto adicional al proceso erosivo derivado del laboreo mecánico. La densidad aparente del suelo es un buen indicador de ciertas características del suelo, a saber: porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración. La densidad aparente se define como la relación del peso seco por unidad de volumen del suelo. Los factores que la afectan son principalmente tres: la textura, la estructura y la presencia de materia orgánica. Suelos con texturas arenosas tienden a tener densidades mayores que suelos más finos, al mismo tiempo en suelos bien estructurados los valores son menores que en suelos compactos. (Rosero,2016).

En numerosos países, el tamaño del rebaño es un elemento de dignidad, orgullo y de notoriedad para el ganadero, su familia o su clan. Ya desde hace tiempo atrás se consideró como medida de conservación edáfica evitar el sobrepastoreo. La exposición del suelo a los agentes erosivos, debido a la disminución de la cubierta vegetal por el pastoreo y a la remoción del suelo por el pisoteo, favorecen la erosión hídrica si el lugar es de pendiente significativa, y a la erosión eólica si el lugar es seco. El sobrepastoreo facilita la desertificación de áreas semiáridas y la desprotección de las cabeceras de cuenca en la zona serrana. Esto último influye también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas (Ganasal, 2011).

## 2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

La presente investigación se fundamenta en la Constitución de la República del Ecuador (2008), con el título Biodiversidad y recursos naturales, Sección cuarta: Recursos naturales, Sección quinta: Suelo manifiesta:

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

### 2.3. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

El Carchi, y particularmente el cantón Huaca tienen una tradición y vocación profundamente agrícola desde la época precolombina, fundamentada en su clima y la calidad de los suelos. El crecimiento demográfico y el desarrollo económico en las últimas décadas han generado una creciente presión sobre el ambiente, particularmente sobre las aguas y los suelos. La necesidad de incrementar la productividad y la implementación de prácticas agrícolas inadecuadas está creando riesgos crecientes a la sostenibilidad de las actividades productivas (Franco, 2015).

El desarrollo sostenible constituye un nuevo paradigma a alcanzar y se lo entiende como un proceso que pretende la transformación productiva para mejorar la calidad de vida, haciendo uso racional del talento humano y de los recursos naturales, financieros y culturales, sin poner en riesgo la satisfacción de las generaciones futuras (Janeiro, 1992)

En la búsqueda de ese nuevo paradigma, esta investigación pretende contribuir con el reconocimiento del estado de degradación/conservación en el que se encuentran actualmente los suelos del Centro Experimental San Francisco, como un ejemplo metodológico, y, además, en atención a su carácter experimental, pues allí podrían ensayarse sistemas agroproductivos incoativos que contribuyan a restaurar la calidad de los suelos (Rosero, 2016).

## 2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.

### 2.4.1. Los Suelos (Andisoles)

“Suelo es la capa superficial de la tierra en donde se desarrollan las raíces de las plantas, conocido también como capa arable o capa vegetal”. El suelo es el elemento fundamental para la producción agrícola y pecuaria, ya que un buen suelo nos ayuda a las cosechas de los productos, así como también nos ayuda al crecimiento del pasto para la alimentación de los animales (Guerra, 2009).

### **Componentes del Suelo**

En un volumen dado de suelo, donde la materia mineral y orgánica normalmente ocupa alrededor del 50% y el espacio poroso otro 50%, se diferencian tres componentes:

**Componentes Sólidos:** incluye componentes abióticos como piedras, grava, arenas, limo y arcilla, y componentes bióticos como humus, residuos de plantas, macro y microorganismos.

**Componente Líquido:** Está compuesto por los distintos tipos de agua, según su grado de adsorción en el suelo:

- **Agua gravitacional:** Es el agua que se introduce y fluye a través del suelo por efecto de la fuerza de gravedad a través de los macroporos.

- **Agua capilar:** Es el agua que se mantiene por tensión superficial sobre las superficies de las partículas y agregados del suelo, y relleno de huecos y poros capilares de tamaño medio o mesoporos.
- **Agua higroscópica:** Es el agua que se mantiene fuertemente adherida a las partículas por fuerzas de adhesión de origen molecular. Forma una lámina alrededor de las partículas, cuyo espesor es de unas decenas de moléculas de agua. Se denomina “agua muerta”, por no ser accesible a las raicillas de las plantas (Hernandez, 2009).

**Componente Gaseoso:** Existe un variable intercambio gaseoso entre el aire atmosférico y el volumen poroso del suelo, el que posibilita el desalojo del CO<sub>2</sub> generado por actividad microbiana y respiración celular en el suelo, y el ingreso de Oxígeno, vital para la vida aeróbica en el suelo. El intercambio depende del contenido de agua y de la macroporosidad, la que a su vez depende de la estructura y textura. (Guerra, 2009).

#### 2.4.2. El perfil del suelo

Los suelos presentan diferentes capas u horizontes que se superponen de manera horizontal, los cuales están determinados por el color, espesor, textura, porosidad, estructura, y el contenido de materia orgánica. Los horizontes reconocibles en un perfil de suelo son:

- **Mantillo orgánico.** - Es la capa superficial de desechos orgánicos sometidos a descomposición por efecto de macro y microorganismos.

- **Horizonte A.-** Es la capa mineral más superficial, normalmente de colores oscuros por el contenido de humus. Bajo uso agrícola se la conoce como la capa arable y es ahí donde el agricultor realiza el laboreo manual o mecánico.

- **Horizonte B.-** Subyace al A1 y presenta coloraciones por óxidos de hierro indicativos de su grado de evolución y de la dinámica hídrica; es más claro y menos estructurado que el anterior, por su mucho menor contenido de humus.

• **Horizonte C.-** Corresponde al material poco evolucionado, que mantiene más similitud con el regolito, o material original del suelo.

El perfil de suelo original puede sufrir modificaciones por procesos de pérdida (erosión o movimientos en masa) o deposición o acumulación de nuevo material, caso de deposición de sedimentos aluviales por inundaciones, coluviales por deslizamientos desde partes altas, o eólicos por erupciones volcánicas cercanas o tormentas de polvo (Ibáñez, 2006).

#### 2.4.3. Descripción del perfil de suelo

##### a. Preparación del perfil

Se realiza de mejor manera utilizando una calicata recién excavada, lo suficientemente grande para permitir la descripción de los diferentes horizontes del suelo y sus propiedades (2 m de largo x 1 m de ancho x 2 m de profundidad). Se puede hacer uso de perfiles existentes, como los cortes de camino o zanjas, pero para su uso correcto se debe descubrir el suelo hasta encontrar material poco afectado por influencias externas. En levantamiento de suelos se usa el barreno (0-120 cm, con extensión a 2,00 m) para describir con más rapidez y facilidad varios perfiles de suelo por día. Primero se registran las características de la superficie del suelo o sitio (relieve, posición topográfica, pendiente, cobertura vegetal y uso de la tierra, pedregosidad, grietas y otros detalles de posible relevancia). Luego se realiza la descripción del perfil de suelo, horizonte por horizonte, comenzando con el superior. Las normas y recomendaciones más usadas para la descripción del perfil de suelo y la codificación de atributos han sido compiladas por la FAO (FAO, 2009). La descripción del perfil incluye su fotografía con su identificación y referencia métrica (cinta métrica).

## **b. Estimación del balance hídrico local**

Los principales parámetros del clima, como pluviosidad, temperatura y evapotranspiración, permiten establecer el balance hídrico general de los sitios, de donde se deriva la disponibilidad o deficiencia de agua para los procesos de evolución y desarrollo del suelo. Así, un balance hídrico positivo promoverá la meteorización y transformación de los materiales originarios (minerales), el lixiviado de las bases (Ca, Mg, K y Na), y la acumulación de H y Al, pudiendo resultar un pH en el rango ácido (menor a 7). Un balance hídrico negativo, por el contrario, promoverá la acumulación de las bases y un pH en el rango básico (mayor a 7). En ello influye en forma determinante la relación entre el agua que se infiltra y la que se escurre superficialmente, lo que depende en primer lugar del relieve (posición topográfica y grado de pendiente) y la textura y estructura del suelo. Por ejemplo, bajo un mismo clima, el balance hídrico y la dinámica del agua en los suelos de las cimas pueden diferir de los de media vertiente y los de la base. Esta información permite entender mejor la constitución del perfil y hacer la interpretación de campo de la dinámica hídrica y de nutrientes del perfil, la que debe incluirse al final de la descripción (Franco, 2015).

### **2.4.4. Buenas prácticas agropecuarias en terrenos con pendientes**

Según la FAO la topografía es un importante factor determinante de la erosión del suelo, y, por tanto, de las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo. La pendiente tiene entonces una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra. La labranza en las pendientes puede además ser limitada por la presencia de suelos superficiales (FAO, 2009).

Se afirma que se debe evitar trazar los surcos en el sentido de la pendiente, especialmente en laderas muy empinadas, pues facilitan la erosión del suelo.

Debe hacerse la siembra siguiendo las curvas de nivel del terreno para reducir la erosión y escorrentía. A lo largo de los años el establecimiento de grandes extensiones de monocultivos y la profunda aplicación de plaguicidas y fertilizantes ha generado problemas como la degradación de los suelos, la contaminación del agua, la acumulación de sustancias tóxicas en alimentos, la intoxicación de agricultores con plaguicidas, la pérdida de fauna y flora silvestre y desbalance ambiental (Romeo, 2004).

Diversificar la producción vegetal y animal en pendientes fuertes permite una mejor utilización de la tierra y sus recursos, y ayuda a evitar la sobreproducción de un producto. Una parcela puede soportar durante períodos muy largos distintos tipos de plantas y animales debido a que sus necesidades nutritivas son diferentes y los recursos que ellos utilizan en la tierra son complementarios. Se debe aceptar la idea de que dejar reposar la tierra y reducir el tamaño de los rebaños no es económicamente nada fácil. Sin embargo, el mejoramiento de las técnicas agrícolas en las zonas cultivadas puede permitir liberar tierras. Por ello, es posible reducir la carga animal y consecuentemente la degradación edáfica. (Pardo, 2013)

#### 2.4.5. Principales factores de la degradación y erosión del suelo

Tanto en la provincia del Carchi como en cualquier parte del mundo, los factores climáticos y sus consecuencias (precipitación, oscilación de la temperatura, viento, escorrentía), así como antrópicos (construcción de vialidad, laboreo agrícola, sobrepastoreo) actúan como promotores de la erosión de los suelos. Adicionalmente, las propiedades del relieve y de los suelos, así como los diferentes tipos de cobertura vegetal (sobre los cuales el hombre puede tener un impacto determinante), condicionan la erosión. Cada uno de estos factores tiene una importancia variable, y para el caso de la provincia del Carchi, debe ponerse particular énfasis sobre la influencia del relieve y la topografía local, así como el uso actual y la historia del uso de la



tierra, con especial atención al impacto de la labranza y a la intensidad de las acciones propias del uso productivo (arado y rastreo, pastoreo, periodos de descanso bajo barbecho, rotación de cultivos, fertilización, aplicación de pesticidas, etc.). Todo ello contribuye a modificar las características de los suelos y a alterar su capacidad productiva (Castro, 2012).

Según (Casas, 2012) la degradación del suelo es el resultado de uno o más procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de su productividad, afectando las propiedades físicas, químicas y biológicas. Es difícil efectuar una separación entre los distintos procesos de degradación que puede sufrir el suelo, debido a que están íntimamente relacionados y en permanente evolución, en función principalmente de la utilización de la tierra por el hombre. Los agudos procesos erosivos que soportan la gran mayoría de los suelos agrícolas, ganaderos y forestales en el mundo han tenido su inicio en la pérdida gradual de la capa arable y su contenido de materia orgánica y a modificación de su dinámica aire/agua, debido a varios factores. Los más importantes son el agua, el viento, la deforestación, el sobrepastoreo, los barbechos, la labranza del suelo y la quema de residuos de cosecha.

La agricultura de la sierra norte ecuatoriana se caracteriza por desarrollarse en paisajes de relieve quebrado, moderada a fuertemente inclinados, predominando suelos de ladera con pendientes superiores a 20% y frecuentemente por encima del 40%. Pudiera estimarse que al menos 1/3 de los suelos cultivados en cantones como Huaca y Tulcán tienen pendientes superiores a 40%, lo que es indicativo de la magnitud de los riesgos de erosión existentes. La mecanización bajo estas condiciones se realiza a favor de la pendiente, ocasionando arrastre de suelo con los diferentes sistemas de labranza. En particular en la provincia del Carchi es generalizado el uso del tractor en la preparación del suelo, llegando a utilizarse en pendientes cercanas al 60%. Puede argumentarse que, en estas condiciones, la erosión por efecto del sistema de labranza tiene iguales o mayores dimensiones que

la erosión hídrica. Hace falta estudios comparativos sobre la remoción de suelos por estos dos factores.

Un estudio realizado en Costa Rica sobre el impacto del pastoreo con ganado Holstein y Jersey sobre la densidad aparente en un suelo, demostró el efecto inmediato de la fuerza ejercida por el pisoteo de las razas productoras de leche Holstein y Jersey, en un suelo del orden Andisol, con cobertura permanente de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El estudio se hizo en dos fincas dedicadas a la producción de leche desde hacía más de 15 años, determinándose que las variables raza, momento del pastoreo (antes y después) y potrero, fueron significativas para la cuantificación del cambio en la densidad aparente. Los valores de densidad aparente antes de que entrara el ganado variaron entre 0,47 y 0,58 Mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 0,52 Mg/m<sup>3</sup>, mientras que después del paso del ganado variaron entre 0,52 y 0,77 Mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 0,64 Mg/m<sup>3</sup>. Con ganado Jersey, la densidad aparente aumentó a valores entre 0,52 y 0,72 Mg/m<sup>3</sup>, con un promedio de 0,62 Mg/m<sup>3</sup> y con ganado Holstein entre 0,62 y 0,77 Mg/m<sup>3</sup>, con un valor promedio de 0,69 Mg/m<sup>3</sup>. El cambio en la densidad aparente producto del pisoteo en el suelo con cobertura permanente de pasto kikuyo, con las condiciones que prevalecieron durante este trabajo, varió entre 14 y 31%, El cambio en la densidad aparente producto del pisoteo en un suelo con cobertura permanente de pasto kikuyo indica que cada sistema de producción de leche en el país es una unidad independiente y que dentro de esta unidad se segregan una serie de subsistemas, los cuales varían dependiendo del número de variables que se empleen para su valoración. (Jones & Cabalceta, 2009)

## 2.5. HIPOTESIS

Los suelos de la Finca Experimental San Francisco han sufrido un proceso de degradación por erosión y compactación relacionadas con uso de maquinaria,

el pisoteo del ganado vacuno y la agricultura en varias décadas, que varía en intensidad con la posición topográfica y la clase de pendiente

## 2.6. VARIABLES

- Independiente: Estado de Conservación de los Suelos en el Centro Experimental San Francisco.
- Dependiente: Evaluación y Categorización de los suelos según la clase de pendiente y posición topográfica.

## **III. METODOLOGÍA.**

### 3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es cualitativa y cuantitativa; basada en el estudio de las características específicas de los perfiles de suelo, en sitios seleccionados de acuerdo a la posición topográfica y la pendiente, a fin de detectar y caracterizar el estado de conservación/degradación de los suelos en el Centro Experimental San Francisco, cantón Huaca, Carchi.

### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es de tipo empírico-analítico, basada en la observación directa de la distribución y características de los perfiles de suelo a lo largo de las pendientes, en el área en el Centro Experimental San Francisco. Complementariamente, determinaciones de laboratorio y cálculos derivados

generan información de variables aplicables a las determinaciones de campo, a los fines de verificar la hipótesis de trabajo.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.3.1. Población.

Unidades edáficas de tamaño variable, presentes en el Centro Experimental San Francisco (45 hectáreas), factibles de ser diferenciadas y caracterizadas según propiedades fácilmente detectables en campo, complementadas con determinaciones de laboratorio simples y poco costosas. Además, dichas unidades deberían poder ser relacionadas con parámetros del relieve de simple obtención.

#### 3.3.2. Muestra.

En la investigación se realizó 42 perfiles de suelo tratando de cubrir la uniformidad del Centro Experimental San Francisco para realizar el estudio de sus propiedades.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En las tablas 2 y 3 se presenta una síntesis de las variables en su contexto.

| HIPOTESIS   | Variables   | Definición de la variable   | Dimensión   | Indicadores  | Ítems                                       | Técnicas                                   | Instrumentos                                      | Informante   |
|---|---|---|---|--|---|--|---|--|
| Los suelos del Centro Experimental San Francisco han sufrido un proceso de degradación por erosión y compactación relacionadas con uso de maquinaria, el pisoteo del ganado vacuno y la agricultura en varias décadas, que varía en intensidad con la posición topográfica y la clase de pendiente. | VI. Estado de Conservación de los Suelos en la Finca Experimental San Francisco | Conservación de los suelos: El estado de conservación/degradación de los suelos se define en base al perfil del suelo, particularmente en base al grosor en cm y grado de compactación del Horizonte A1 (o capa arable) y del Horizonte BC. | Suelos<br>Conservación<br>Factores que ocasionan la erosión | Perfil del suelo y sus horizontes, propiedades físicas y químicas. | Horizonte A1<br>Horizonte AC<br>Horizonte C | Investigación<br>Observación<br>Entrevista | Libros<br>Revistas<br>Páginas web<br>Cuestionario | Juan Pablo Rosero<br>Juan Pablo Rosero<br>Administrador hacienda |

Tabla 2: Operacionalización de variable independiente

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Variables                       | Definición de la variable   | Dimensión   | Indicadores   | Ítems  | Técnicas    | Instrumentos              | Informante        |
|---------------------------------|---|---|---|--|-------------|---------------------------|-------------------|
| VD. Evaluación y Categorización | <p>Categorización del suelo:</p> <p>Es la diferenciación y clasificación de tierras basado en características distintivas y en variables de topografía.</p> <p>Evaluación:</p> <p>La evaluación del estado de conservación de los suelos es un concepto integrado, que se basa en la obtención de parámetros cuantitativos, físicos y químicos del perfil de suelo.</p> | Selección de áreas de trabajo para la investigación | Mapa de la finca con los puntos a realizar la observación | Selección de las áreas a de trabajo  | Observación | Ficha<br>Libreta de notas | Juan Pablo Rosero |
|                                 |   | Apertura de las calicatas                           | Realizar la excavación del suelo de 1m x 1m.              | Descripción de los sitios de muestreo  | Observación | Ficha<br>Libreta de notas | Juan Pablo Rosero |
|                                 |   | Medir las propiedades físicas de los suelos         | Espesor de los horizontes                                 | Descripción de perfiles  | Observación | Ficha<br>Libreta de notas | Juan Pablo Rosero |
|                                 |   |   | Densidad aparente   | Obtención del peso seco del suelo por unidad de volumen                                      | Observación | Ficha<br>Libreta de notas | Juan Pablo Rosero |
|                                 |   |   | Propiedades del suelo                                     | Determinación del color, la textura, la estructura, compactación y raíces de cada horizonte. | Observación | Ficha<br>Libreta de notas | Juan Pablo Rosero |
|                                 |   | Medir las propiedades químicas de los suelos        | PH y Carbono  | Establecer el nivel de acidez del suelo y de materia orgánica en el laboratorio.             | Observación | Libreta de notas          | Juan Pablo Rosero |

Tabla 3: Operacionalización de variable dependiente

Elaborado

por

(Rosero,

2016)

### 3.5. RECOLECCION DE INFORMACION

Para obtener la información sobre los suelos del Centro Experimental San Francisco se establecieron 12 transectas a través de diferentes formas y pendientes del terreno. Se tomaron y se analizaron muestras de suelo en el laboratorio.

#### 3.5.1. Información procedimental

- ✓ La selección de áreas se hizo en base a un mapa topográfico de la finca (curvas de nivel), delineándose las transectas desde las cimas al fondo de valle representado por la quebrada Santo Tomas.
- ✓ Se replanteo las transectas en el terreno, procediéndose a recorrerlas y medir la pendiente, definiéndose tramos por clases de pendiente (0-20, 20-35, 35-60 y más de 60%).
- ✓ En los tramos de pendiente definidos se hicieron calicatas y/o barrenamientos y se describieron las características del sitio y del suelo, atendiendo al Manual para la Descripción de Perfiles de Suelos (FAO, 2009). Se establece la toma de muestras en cada horizonte para la determinación de la densidad aparente (Da), capacidad de campo(CC), porosidad total, el pH y el contenido de carbono (C%).

#### 3.5.2. Determinaciones de laboratorio y gabinete

- ✓ El pH se midió en una mezcla de suelo (seco al aire) en agua destilada 1:2,5, agitada previamente, se calcula el valor con un pH-metro electrónico con electrodo de vidrio.

- ✓ El contenido de carbono orgánico (%) se determinó por combustión de una muestra de 5 gramos de suelo en mufla a 425°C por 24 horas. La muestra se secó previamente en estufa a 100°C por 24 horas.
- ✓ Adicionalmente se determinó la Capacidad de Campo (CC=contenido de humedad del suelo una vez desalojada el agua de los macroporos por gravedad) en volumen % (contenido de humedad en relación al peso seco x Da).
- ✓ Se determinó la porosidad total (PT) según la fórmula:

$PT = (1 - Da/Pe) \times 100$ , donde *Da* es densidad aparente en gramos/cm<sup>3</sup>, *Pe* es el peso específico de la materia mineral, asumiéndose el valor correspondiente al Cuarzo (2,65 g/cm<sup>3</sup>).

- ✓ Por diferencia entre la PT y la CC se obtuvo el valor correspondiente a Meso más microporos.

### 3.5.3. Materiales y equipos

| Materiales de campo         |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| Overol                      | Botas                  |
| Azadón                      | Barra de hierro        |
| Barreno                     | Cilindros              |
| Martillo de goma            | Cintas de seguridad    |
| Cámara digital              | Manguera plástica      |
| Marcadores                  | Libreta de registros   |
| Varillas de 1m              | Cinta métrica          |
| Tabla de colores de Munsell | Brújula                |
| Materiales de laboratorio   |                        |
| Mandil                      | Balanza analítica      |
| Guantes quirúrgicos         | Agitador magnético     |
| Mascarilla                  | PH-metro               |
| Estufa                      | Vasos de precipitación |
| 16 Crisoles                 | Probeta                |
| 12 Capsulas de porcelana    | Desecador              |

Elaborado por (Rosero,2016)



### 3.5.4. Detalles de procedimientos

Tabla 5: Actividades del proyecto

| Secuencia de actividades |   |  |
|--------------------------|---|--|
| 1                        | Levantamiento de la información de campo                | Se hizo el trazo de cada transecta y señalización, medición de pendientes y diferenciación de tramos por clase de pendiente y apertura de calicatas y barrenamientos.  |
| 2                        | Descripción de los perfiles de suelo y toma de muestras | La descripción de campo incluyo color, moteo, textura, estructura, gravosidad, raíces, compactación y minerales reconocibles. Se recolectaron muestras de suelo de los horizontes para densidad aparente (cilindros de 100 cc) y para análisis de laboratorio. |
| 3                        | Trabajo de laboratorio                                  | Análisis de muestras (Carbono por combustión en mufla, contenido de humedad en estufa y pH).   |
| 4                        | Cálculos  | Se calculó la densidad aparente y los volúmenes de porosidad total, capacidad de campo, y por diferencia, de macro más microporos.   |
| 5                        | Informe de resultados                                   | Interpretación de resultados obtenidos.  |

Elaborado por (Rosero, 2016)

### 3.5.5. Figuras ilustrativas del levantamiento de la información (etapa de campo)

Trazado de transectas y medición de pendientes: la selección de áreas de trabajo con relación a su pendiente y posición topográfica se realizó con apoyo del mapa topográfico de la finca (Peña, 2010). Las transectas se establecieron cortando las curvas de nivel.



Figura 2: Medición de pendientes con clisímetro y apertura del suelo de 1m x 1m con azadón (Rosero, 2016)



Figura 3: Barrenamientos en áreas hasta 1,20 cm de profundidad, posterior a la descripción de textura y estructura del suelo (Rosero, 2016)

En sitios seleccionados de cada tramo de pendiente se describió el perfil de suelo, haciendo énfasis en las propiedades morfológicas y físicas demostrativas del estado de conservación o degradación. Las observaciones se correlacionaron con la topografía.



Figura 4: Preparación y medición del espesor de cada horizonte del suelo y observación de coloración del suelo en la tabla de Munsell(Rosero, 2016)

Con la información obtenida se describió cada unidad de suelos y se interpretó en relación a su origen, evolución y estado actual. Se hizo énfasis en la degradación de la capa arable.

### 3.5.6. Recolección de muestras

Las muestras para el análisis de suelo fueron tomadas de acuerdo a la topografía del terreno, tomando en cuenta el cambio de pendiente.

La recolección de muestras de suelo se realizó en cada una de las calicatas realizadas en profundidades de 0-20 cm de profundidad (Parte A o superior del horizonte A1), y a 40 o más cm de profundidad (Parte B o base del horizonte A1, dependiendo del espesor del A1) y, adicionalmente, en los horizontes subyacentes (IIAC y IIC). Se tomaron muestras con cilindros de PVC de borde afilado, para obtención de la densidad aparente y se recolectó 1 kg de suelo para mediciones de laboratorio (pH y carbono) de cada horizonte.



Figura 6: Recolección de 1 kg de suelo para análisis de pH, Carbono y muestras con cilindros para densidad aparente (Quintero, 2015)



### 3.5.8. Etapa de laboratorio

#### 3.5.8.1. Preparación de material

Previamente al análisis de muestras en el laboratorio se realizó la preparación del material y de las muestras:

- Secado de las muestras al aire, extendiéndolas en bandejas por varios días.
- Limpieza de los materiales capsulas de porcelana, crisoles, vasos de precipitación y probetas con agua destilada y alcohol etílico.
- Al tener el material completamente limpio se llevó a la estufa a una temperatura de 105 grados centígrados por 24 horas.
- Obtención de la tara de los envases (capsulas de porcelana y crisoles).

#### 3.5.8.2. Análisis de muestras

- **Densidad aparente:** las muestras de los cilindros se colocaron en cápsulas de porcelana numeradas y pesadas en la balanza analítica, registrado el peso, la muestra se sometió a 105 ° grados centígrados en la estufa por un periodo de 24 horas; posteriormente se volvió a pesar y se registró el valor para realizar el cálculo de la humedad y obtención del peso seco del suelo. (Blake & Hartge, 1986).



Figura 8: Muestras de densidad aparente después del periodo de 24 horas (Rosero,2016)

- **C<sub>a</sub>** 105 grados  
ce 105 de suelo  
y se colocan en un crisol, se pesa en la balanza analítica, se registra su valor y se somete a una temperatura de 425 grados centígrados en la mufla por 24 horas. Luego, por diferencia de peso, se obtiene el contenido de carbono en % del peso seco de la muestra (Davies, 1974).



Figura 9: Muestras de carbono a 425 grados centígrados en la mufla (Rosero,2016)

- **pH:** De las muestras de suelo secas al aire libre se tomaron 5 gramos y se mezclaron con 12,5 ml de agua destilada (relación 1:2,5) con ayuda de un agitador magnético por un periodo de tiempo de 10 minutos, previo a la medición del pH (AGROCALIDAD, 2015).

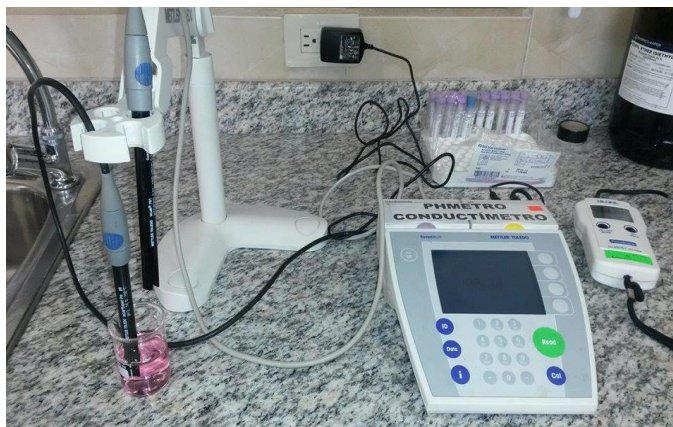


Figura 10: PH-metro marca Mettler Toledo (Rosero, 2016)

### 3.6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Las descripciones de los perfiles de suelo (Anexos) se prepararon en un formato según la profundidad de los horizontes y agrupados según los siguientes factores:

- a. El espesor del horizonte A1.
- b. Posición topográfica y clase de pendiente.
- c. Grado de mezcla de material del horizonte A1 y el IIAC o IIC (lapilli).

Los datos de porosidad y contenido de carbono, expresados en el porcentaje de volumen, se utilizaron para diseñar figuras verticales de los perfiles (Anexos), que permiten destacar las particularidades de cada uno y visualizar las diferencias.

Para el análisis de los resultados de las muestras tomadas se realizó el ANAVAR con un valor F aproximado y a fin de comparar las medias de los grupos, se utilizó la prueba de medias de Tukey a un nivel de significación de 0,05. En estos casos, medias con letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre ellas. A fin de calcular medias y probar niveles significativos de diferencias entre los parámetros de los grupos diferenciados, los datos de campo, laboratorio y gabinete fueron llevados a matrices del programa Microsoft Excel 2010 y procesados con el paquete estadístico Statistix versión 8.

#### **Distribución de los tipos de suelos en las transectas**

La distribución de los suelos en las diferentes transectas se representó en perfiles topográficos, en total se realizaron 12 transectas. A manera ilustrativa se presentan las transectas 6 y 8 consideradas las más representativas en las figuras 14 y 15. En las cimas y partes altas de las laderas, normalmente de forma convexa y reducida pendiente, se observan dos situaciones diferentes: a) perfiles poco degradados, con horizontes A1 mayormente entre 50 y 80 cm de espesor; y

horizontes A1 con menos de 50 cm de espesor. Entre estos últimos, es necesario diferenciar los perfiles con más de 30 cm de espesor y poca o ninguna mezcla con material del lapilli subyacente (IIAC), y los perfiles con horizonte A1 de menos de 30 cm de espesor y presentan una mezcla que puede variar en proporción con el lapilli subyacente; en este estudio se encontraron proporciones variables entre 25 y 75%.

## TRANSECTA 8

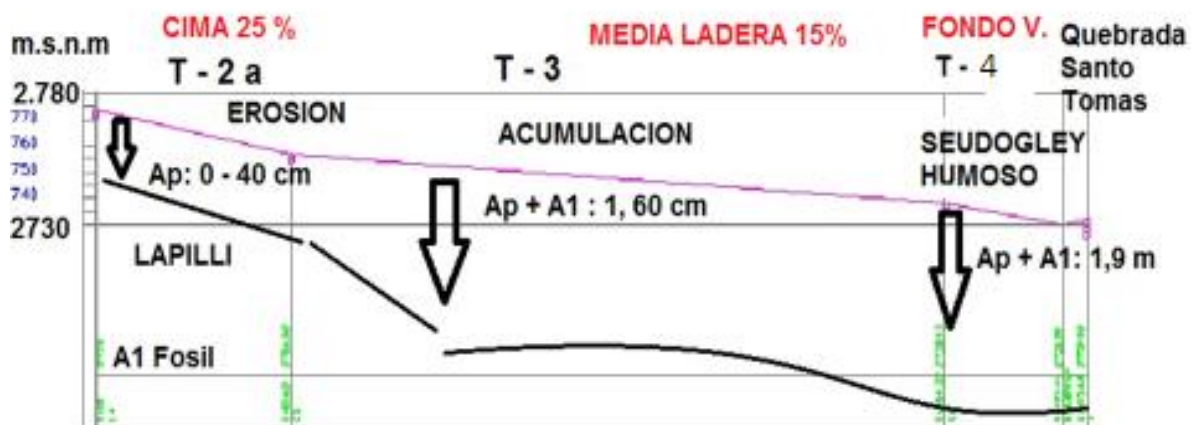


Figura 11: Centro Experimental San Francisco - Tipos de suelo

Elaborado por (Rosero; Peña,2016)

La diferencia descrita entre perfiles bajo las mismas condiciones topográficas (posición y grado de pendiente), debe necesariamente estar relacionada con la historia y la intensidad del uso a que han estado sometidas estas superficies en las últimas 5 décadas. Puede asumirse que el impacto descrito por (Cordova y Valverde, 2002) es capaz de generar esta diferencia entre los perfiles.



## TRANSECTA 6

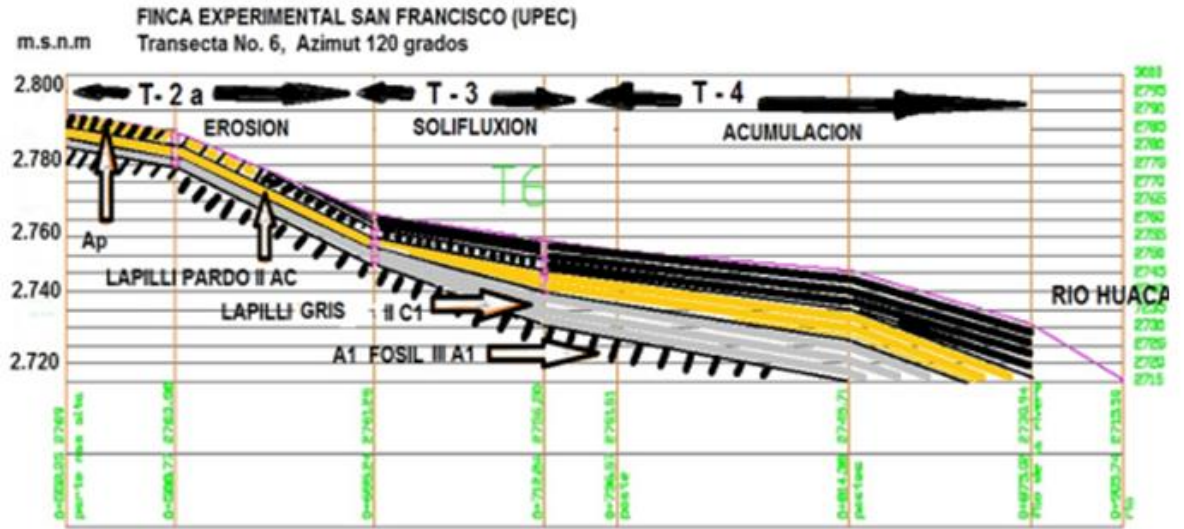
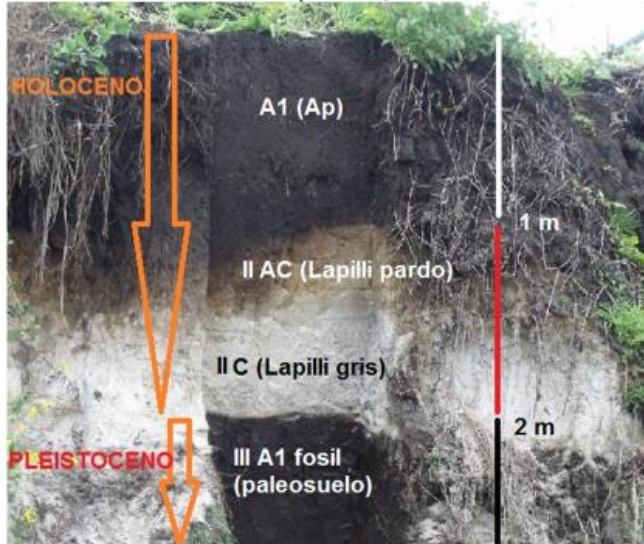


Figura 12: Tipos de suelo (procesos y horizontes) el Centro Experimental San Francisco UPEC  
Elaborado por (Franco, Peña, & Rosero, 2015)

### PERFIL MODAL (cima, no erosionado)



Suelo Tipo 1, perfil no afectado por pérdida (erosión o solifluxión). Se observa una pedogénesis reciente (Holoceno superior) sepultando una pedogénesis previa (posiblemente Pleistoceno superior). Entre ambas hay una gruesa capa de Lapilli (pómez).

Figura 13: Tipo de Suelo 1 (Perfil modal-Estación meteorológica) Elaborado por (Franco, 2015)

### 3.7. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE SUELO SEGÚN SUS PROPIEDADES

De las figuras 14 a la 19 se presenta un perfil representativo de cada tipo de suelo, mostrando los porcentajes volumétricos de poros, materia orgánica y materia mineral, según la profundidad. El volumen de macroporos resultó de la diferencia entre porosidad total y capacidad de campo, y esta última corresponde al volumen combinado de meso y microporos. El valor de capacidad de campo se obtuvo tomando muestras de suelo 2-3 horas después de eventos de lluvia, multiplicando el contenido de humedad, calculado mediante secado en estufa, por la densidad aparente.

#### **Tipo 1:**

Considerado el *perfil modal*, se observa una abundante macroporosidad en el horizonte A1 y hasta media profundidad, notándose la diferencia entre el estrato de cenizas (0-70 cm) donde se desarrolló el horizonte A1, rico en materia orgánica, y el lapilli subyacente, También se observa la fuerte reducción de la materia orgánica con la profundidad y el incremento de la materia mineral. Se puede asumir la rápida infiltración y percolación del agua hasta 175 cm de profundidad, acumulándose en el estrato de lapilli más profundo (130-175 cm), desde donde se evacua por flujo lateral siguiendo la pendiente. Esta saturación frecuente, y continua evacuación lateral, ocasiona la eluviación en el estrato de toda materia soluble (óxidos de Fe, nutrientes), generando el color blanco del horizonte (“arenas blancas”). Sin embargo, en el A1, pese a la rápida percolación, el bajo contenido de arcilla (menos de 10%) permite asumir que al menos 1/2 de la meso-microporosidad corresponde a reserva asequible de agua, en este caso 13,5%. Ello significa en todo el horizonte A1 una reserva de agua de 94,5 mm (de 0-70 cm), y de 40,5 mm en los primeros 30 cm del perfil, esta última reserva sería suficiente para soportar 11-12 días de evapotranspiración sin lluvia o riego para alcanzar el Punto Permanente de Marchitez.

## TRANSECTA 4 PERFIL 1 (Estación meteorológica)

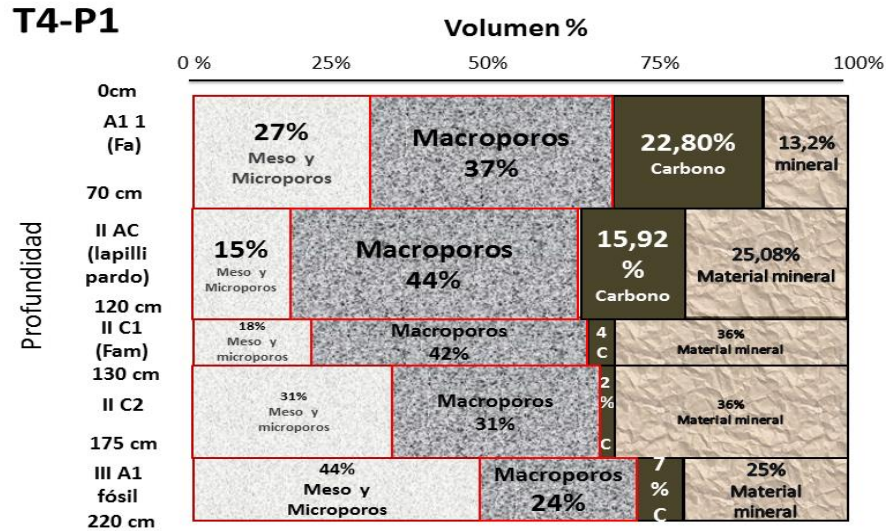


Figura 14: Suelo Tipo 1, perfil modal (Rosero, 2016)

### Tipo 2a: medianamente degradado

En este perfil, en comparación con el suelo modal, se reduce el espesor del horizonte A1 de 70 a 45 cm (aproximadamente en 1/3). Se ha reducido la porosidad total (cercana a 60%), y la proporción de meso-microporos, pero se mantiene la de macroporos. Destaca la fuerte reducción de la materia orgánica en aproximadamente 1/3. Es decir, la degradación de este perfil, posiblemente por sobreuso, a pesar de que su pendiente es de solo 16%, se ha manifestado por partida doble: la significativa pérdida de parte del horizonte A1 y la pérdida de materia orgánica. Se infiere una alta tasa de infiltración, que debe continuar hasta encontrar el horizonte A1 fósil debajo del lapilli. En este perfil la reserva de agua asequible, siguiendo el procedimiento anterior, podría ser de 49,5 mm de 0-45 cm de profundidad, y de 33 mm de 0-30 cm. Para los cultivos de enraizamiento superficial, la diferencia con el Tipo 1 no es significativa, pues la reserva asequible de agua alcanzaría para 9 días. La reducción de la fertilidad natural, debido a la reducción de la capacidad de intercambio catiónico, dependiente casi totalmente de las sustancias húmicas ante el bajo contenido de arcilla,

tendría que ser compensada en la agricultura convencional mediante la aplicación de más fertilizantes a los requeridos en el tipo 1.

TRANSECTA 1 PERFIL 2 (cultivo de tomate de árbol)

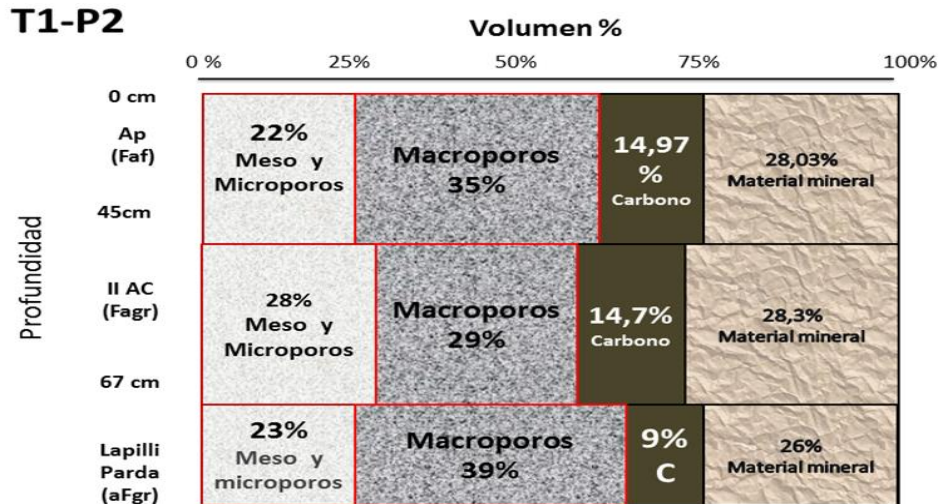


Figura 15: Tipo 2a: Medianamente degradado: Transecta 1, perfil 2, pendiente 16%( Rosero,2016)

**Tipo 2b: Fuertemente degradado**

En este perfil, en comparación con el suelo modal se destaca la reducción del espesor del horizonte A1 desde 70 a solo 15 cm, una pérdida del 78%, y la extraordinaria reducción del contenido de materia orgánica, al reducirse el contenido de carbono a solo 5% (78% de pérdida). Y todo ello, pese a posición de cima con una pendiente inferior a 16%. Ello solo pudo haber sido posible por un nivel excesivamente intensivo de sobreuso del suelo. La capacidad de reserva asequible del horizonte A1 es de solo 20 mm, alcanzando para 6 días sin lluvias o riego antes del Punto Permanente de Marchitez.

Por otra parte, la reducción en la capacidad de intercambio catiónico por pérdida de sustancias húmicas obligaría a tener que aplicar grandes o repetidas dosis de fertilizantes para el cultivo, y buena parte se perdería por percolación.

TRANSECTA 7 PERFIL 1 (cultivo de pasto)

**T7-P1**

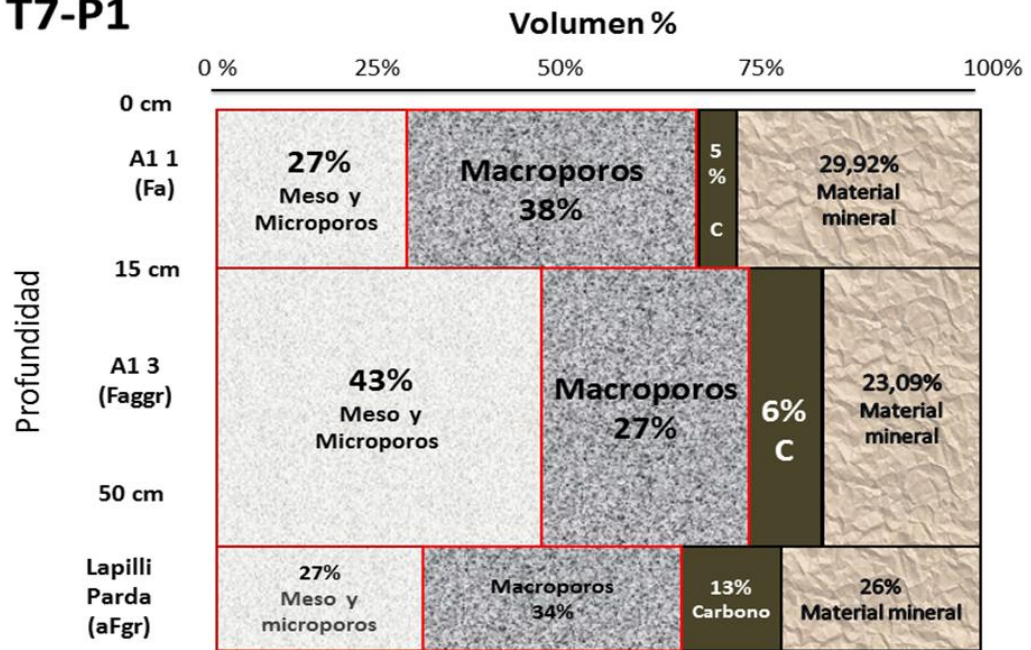


Figura 16: Suelo tipo 2b (Rosero, 2016)

**Tipo 3a: Perfil de acumulación moderada**

En este perfil, en comparación con el perfil modal el horizonte A1 se incrementa de 70 a 95 cm (ganancia de 35%), sin embargo, los contenidos de carbono se han reducido a la mitad, posiblemente por la influencia del laboreo y el traslado a lo largo de la pendiente. En este caso, la capacidad de reserva asequible en el A1 es de 161,5 mm, y en los primeros 30 cm de 51 mm. El alta pendiente (40%) puede influir en el balance infiltración/percolación durante lluvias fuertes, sin embargo, este suelo ofrece buena capacidad de reserva de agua. La fertilidad se ha reducido en relación al tipo 1 debido a la pérdida del 50% del contenido de carbono orgánico.

TRANSECTA 6 PERFIL 2 (Cultivo de pasto)

**T6-P2**

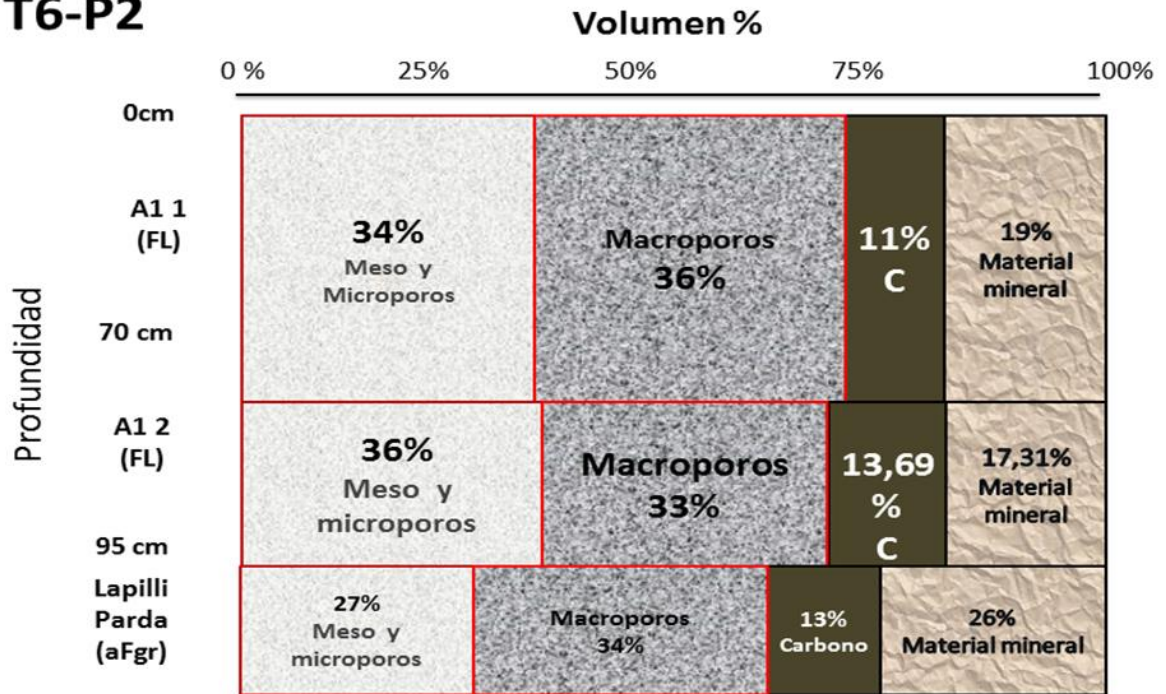


Figura 17: Suelo tipo 3a (Rosero, 2016)

**Tipo 3b: Perfil de acumulación**

En este perfil localizado en la base de la ladera a ocurrido una considerable acumulación de material por lo que en comparación con el suelo modal el horizonte A1 se incrementa de 70 a 220 cm (ganancia de +200%), sin embargo, los contenidos de carbono se han reducido considerablemente, posiblemente por el sobrepastoreo en esta zona a lo largo de la pendiente.

TRANSECTA 2 PERFIL 3 (Cultivo de pasto)

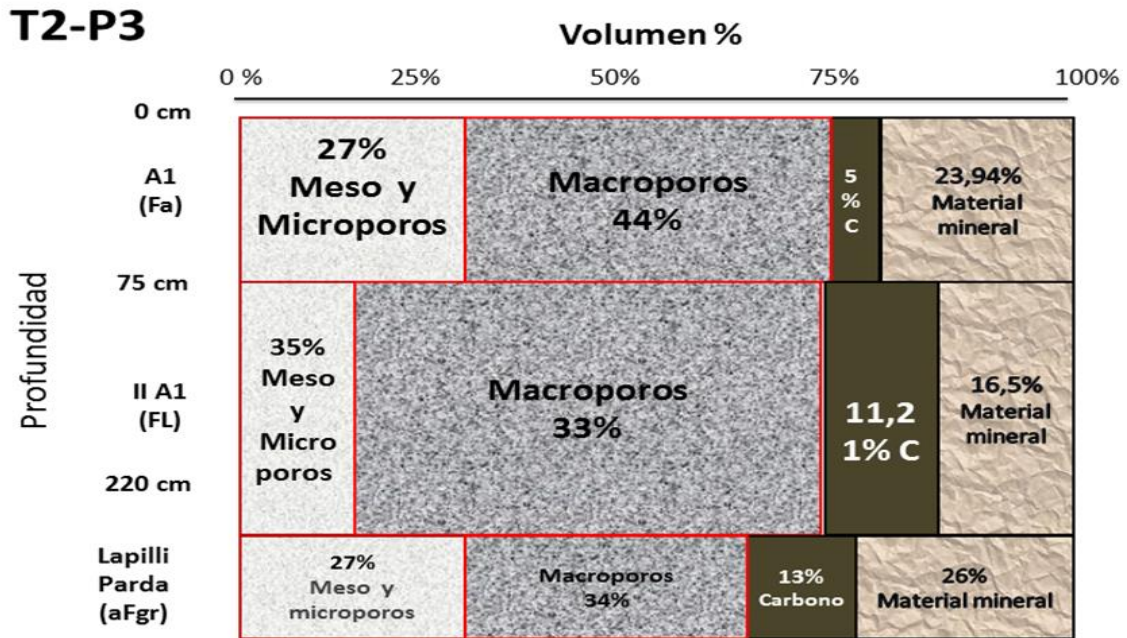


Figura 18: Suelo tipo 3b (Rosero, 2016)

**Tipo 4: Pseudogley**

Este perfil corresponde a los suelos en el fondo del valle, normalmente cruzados por corrientes de agua, y con influencia a niveles críticos altos. La saturación periódica, que debe ocurrir durante los meses más lluviosos, le confiere carácter de pseudogley (saturación alternada con desecamiento). En ese contexto, para la dinámica hídrica en el perfil lo fundamental es la existencia de suficiente porción de macroporos en la zona de enraizamiento principal (0- 40 cm) posibilitando suficiente aireación para el desarrollo de las plantas.

TRANSECTA 1 PERFIL 7 (cultivo de pasto en el fondo del valle)

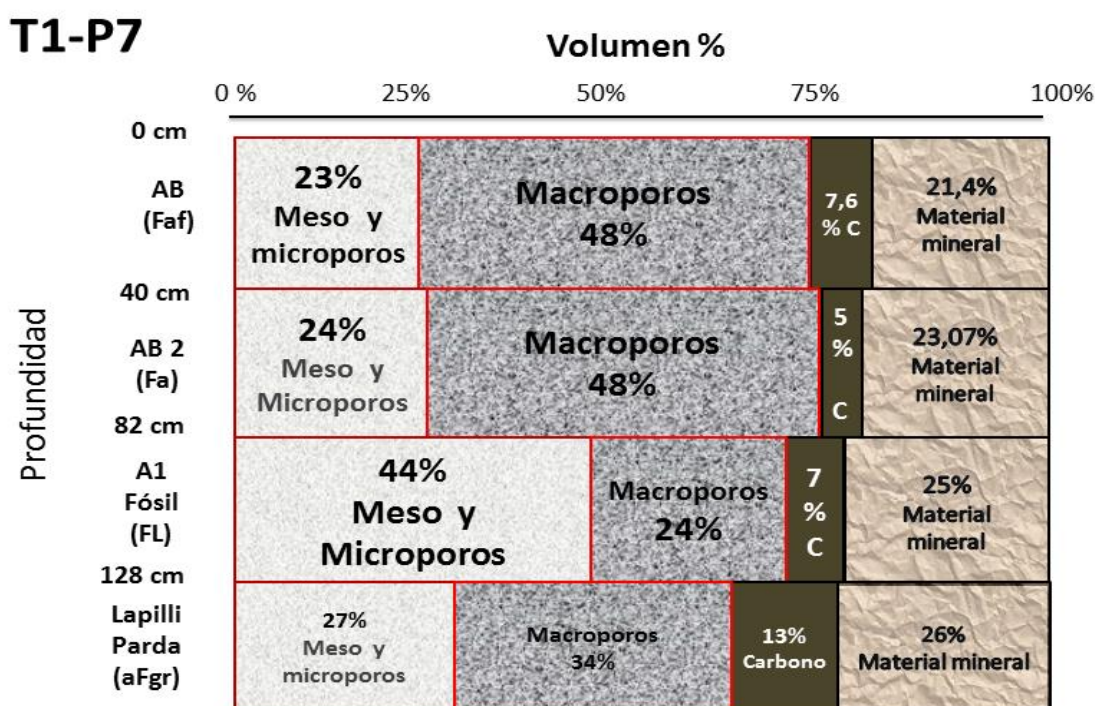


Figura 19: Suelo tipo 4 (Rosero, 2016)

### 3.8. ESTIMACIÓN DE POTENCIALES PERIODOS DE ESTRÉS PARA LOS CULTIVOS

El horizonte A1 es el fundamento real de la productividad de los suelos de la sierra norte del Carchi. La degradación de los suelos por pérdida parcial o total de dicho horizonte puede afectar los rendimientos de los cultivos y los pastizales por: a) Estrés hídrico en temporadas secas, y/o b) Por deficiencias nutricionales. Es conocido que, en Carchi, la mayor parte de la producción agropecuaria se adelanta sin disponibilidad de riego.

Ello determina riesgos para la producción, que se agravan ante la incertidumbre de las lluvias que está causando el cambio climático.

Ahora bien, periodos de déficit hídrico obedecen primeramente al régimen de lluvias y luego al rol intermediario que juega el suelo entre el clima y las plantas.



En atención a ello, a título ilustrativo, se presenta en el cuadro 1 la evapotranspiración diaria promedio y total mensual, y la comparación con la precipitación mensual; también se compara la evapotranspiración y la precipitación anual, para los años 2010, 2011 y 2012. En el cuadro 1, se presenta la frecuencia de periodos sin precipitación de los años 2010, 2011 y 2012.

Se observa que en años húmedos (2011), la precipitación anual supera a la evapotranspiración anual, y en años “secos” (2010 y 2012) la evaporación supera, aunque por escaso margen, a la precipitación. En el balance anual puede concluirse que el clima de Huaca tiende a ser húmedo y, además, frío. Sin embargo, a nivel del balance mensual, se observan meses cuando la evapotranspiración cuadruplica o quintuplica a la precipitación y, además, ocurren periodos de días continuos sin lluvia, donde las condiciones del suelo determinan el nivel de estrés para las plantas.

Por ejemplo, en enero y marzo de 2010 el déficit hídrico fue muy acentuado, y además hubo periodos sin lluvia de 4-7 días (enero 2010) y hasta de 12-15 días (marzo 2010), con una evapotranspiración promedio de 3,45 y 2,92 mm/día. El suelo explorado intensamente por las raíces de las plantas debe estar en capacidad de proveer entonces 3,45 mm x 7 días (24 mm) y 2,92 mm x 15 días (equivalente a una lámina de agua de 44 mm), respectivamente. Si el enraizamiento intensivo es de 20 cm de profundidad y la mesoporosidad es de 20%, el suelo puede almacenar 40 mm.

Sin embargo, a medida que el suelo se va desecando, se van interrumpiendo las laminillas de agua hacia las raicillas y la tensión superficial aumenta, lo que reduce la tasa de absorción mientras la de evapotranspiración se mantiene. El estrés generado obliga a las plantas al cierre de estomas y a interrumpir así la fotosíntesis y el crecimiento.

En el cuadro 1 se puede observar la comparación entre la precipitación y la evaporación mensual en el Centro Experimental San Francisco (cantón Huaca) a 2.800 m.s.n.m.

Considerando los suelos poco o nada erosionados de cima en la finca San Francisco, el valor combinado de meso y microporosidad (ver figuras 40 y 49) varía entre 30 y 40% como promedio de los valores más altos. De ese porcentaje, gracias al muy bajo contenido de arcilla (menos de 15% en promedio), se puede estimar que al menos la mitad es mesoporosidad y la otra mitad microporosidad, es decir de 15 a 20% de mesoporos, donde se reserva el agua útil y accesible a las plantas. Geissert et al., 2000) reportan para suelos volcánicos Hapludands en México (igual categoría a los de este estudio), entre 17 y 20% de microporosidad.

Asumiendo esos valores, en estos suelos no erosionados las plantas podrían soportar periodos sin lluvia de 15 días. En cambio, en los suelos degradados, se encontraron valores de micromesoporosidad entre 9 y 27% (figuras 36-37-38), lo que supone una fuerte reducción de la capacidad de reserva de agua útil o asequible a las plantas, estimable entre 5 y 14%; es decir, en los primeros 20 cm de suelo habría entre 10 y 28 mm de reserva de agua útil, lo que no cubriría sino entre 3 y 8 días sin lluvia.

Por otra parte, a medida que el suelo se va desecando, se van interrumpiendo las laminillas de agua en los poros capilares que fluyen hacia las raicillas y la tensión de adsorción superficial del agua en los poros del suelo aumenta; todo ello reduce progresivamente la tasa de absorción de agua, mientras la de evapotranspiración se mantiene. Consecuentemente, el estrés generado obliga a las plantas al cierre de estomas ya a tempranas horas de la mañana, interrumpiéndose así la fotosíntesis y el crecimiento.

En el cuadro 1 se puede observar la comparación entre la precipitación y la evaporación mensual en la finca San Francisco (cantón Huaca) a 2.800 m.s.n.m. Allí se destacan los meses de enero, febrero, marzo y agosto de 2010, como los más deficitarios en lluvias en los tres años considerados a título ilustrativo. Consecuentemente son los tres meses con periodos sin lluvia más prolongados. Es de suponerse que el efecto del cambio climático se refleje en más frecuencia y longitud de estos periodos.

| Año               | Mes        | Evapotranspiracion |               | Precipitacion     |
|-------------------|------------|--------------------|---------------|-------------------|
|                   |            | Pro/ Dia           | Pro/Mens      | Hcd.San Francisco |
| 2010              | Enero      | 3,45               | 107,1         | 21,6              |
| 2010              | Febrero    | 2,90               | 81,2          | 57,3              |
| 2010              | Marzo      | 2,92               | 90,6          | 32,3              |
| 2010              | Abril      | 2,95               | 88,6          | 97,5              |
| 2010              | Mayo       | 2,91               | 90,1          | 73,2              |
| 2010              | Junio      | 2,52               | 75,6          | 60,9              |
| 2010              | Julio      | 2,85               | 88,4          | 97,1              |
| 2010              | Agosto     | 2,77               | 85,9          | 43,4              |
| 2010              | Septiembre | 3,19               | 95,7          | 84,8              |
| 2010              | Octubre    | 2,97               | 92,0          | 84,5              |
| 2010              | Noviembre  | 2,33               | 69,9          | 208,9             |
| 2010              | Diciembre  | 2,72               | 84,4          | 157,4             |
| <b>Total 2010</b> |            |                    | <b>1049,5</b> | <b>1018,9</b>     |
| 2011              | Enero      | 2,96               | 91,8          | 101,4             |
| 2011              | Febrero    | 2,63               | 81,5          | 99,5              |
| 2011              | Marzo      | 2,68               | 83,1          | 129,4             |
| 2011              | Abril      | 2,53               | 78,4          | 142,4             |
| 2011              | Mayo       | 2,70               | 83,8          | 119,3             |
| 2011              | Junio      | 2,82               | 87,5          | 106               |
| 2011              | Julio      | 2,42               | 74,9          | 101,8             |
| 2011              | Agosto     | 2,83               | 87,6          | 56,5              |
| 2011              | Septiembre | 2,53               | 78,4          | 69,2              |
| 2011              | Octubre    | 2,71               | 83,9          | 71,2              |
| 2011              | Noviembre  | 2,96               | 91,9          | 140,6             |
| 2011              | Diciembre  | 2,47               | 76,5          | 121,8             |
| <b>Total 2011</b> |            |                    | <b>999,3</b>  | <b>1259,1</b>     |
| 2012              | Enero      | 3,25               | 100,7         | 92,8              |
| 2012              | Febrero    | 3,41               | 95,6          | 181,3             |
| 2012              | Marzo      | 3,33               | 103,3         | 93,6              |
| 2012              | Abril      | 2,73               | 81,9          | 142               |
| 2012              | Mayo       | 2,43               | 75,2          | 57,6              |
| 2012              | Junio      | 2,76               | 82,8          | 38,9              |
| 2012              | Julio      | 2,69               | 83,3          | 24,5              |
| 2012              | Agosto     | 2,96               | 91,8          | 46,1              |
| 2012              | Septiembre | 2,85               | 85,4          | 17,8              |
| 2012              | Octubre    | 3,16               | 98,0          | 100,9             |
| 2012              | Noviembre  | 3,03               | 90,8          | 94,9              |
| 2012              | Diciembre  | 2,60               | 80,5          | 81,6              |
| <b>Total 2012</b> |            |                    | <b>1069,3</b> | <b>972</b>        |

Cuadro 1: Precipitación en el Centro Experimental San Francisco

Elaborado por (Benavides & Rosero , 2016)

Cuadro 2: Periodos sin lluvia durante 2010-2011-2012 (días continuos sin lluvia)

| Meses      | Precipitación |    |    |    |          |    |    |    |          |    |    |    |
|------------|---------------|----|----|----|----------|----|----|----|----------|----|----|----|
|            | Año 2010      |    |    |    | Año 2011 |    |    |    | Año 2012 |    |    |    |
|            | C1            | C2 | C3 | C4 | C1       | C2 | C3 | C4 | C1       | C2 | C3 | C4 |
| Enero      | 1             | 1  | 1  | 0  | 2        | 1  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 0  |
| Febrero    | 0             | 1  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  |
| Marzo      | 3             | 2  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 0  |
| Abril      | 2             | 0  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  |
| Mayo       | 2             | 0  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 0  | 0        | 1  | 0  | 0  |
| Junio      | 3             | 0  | 0  | 0  | 0        | 1  | 0  | 0  | 1        | 0  | 1  | 0  |
| Julio      | 1             | 0  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 1  | 0  |
| Agosto     | 0             | 0  | 0  | 0  | 2        | 1  | 0  | 0  | 1        | 0  | 1  | 0  |
| Septiembre | 3             | 0  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 1  |
| Octubre    | 2             | 0  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  | 3        | 1  | 0  | 0  |
| Noviembre  | 0             | 0  | 0  | 0  | 2        | 1  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  |
| Diciembre  | 1             | 0  | 0  | 0  | 2        | 0  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 0  |

Elaborado por (Rosero ,2016)

**Tabla 6** :Clasificación de días sin lluvia por categorías.

|  |
|--|
| Categoría 1: de 4 - 7 días sin lluvias |
| Categoría 2:de 8 -11 días sin lluvias  |
| Categoría 3: 12 -15 días sin lluvias   |
| Categoría 4: ≥16 días sin lluvias      |

Elaborado por (Rosero ,2016)

El día sin lluvia equivale a menos de 1 milímetro de precipitación en 24 horas, en cambio el periodo más largo sin lluvia fue octubre del 2012 con 16 días sin lluvia.

### 3.9. CATÁLOGO DE TIPOS DE SUELOS

En la tabla 6 se presentan los tipos de suelos diferenciados y sus principales características y en las tablas de la 7 a la 12 se presentan los resultados del análisis estadístico. En la tabla 6 se muestra el Catálogo de Tipos de Suelos, basado en la clasificación Interpretativa según el nivel de degradación de los suelos, desarrollado en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC, Huaca, Carchi.

| Tipo de Suelo | Posición topográfica   | Pendiente (%)       | Espesor del horizonte A1 y textura             | Da A1 (g/cc) | Propiedades y limitaciones   |
|---------------|--|---------------------|--|--------------|--|
| <b>1</b>      | Cimas convexas, poco uso. Suelo "modal", poco alterado.  | ≤ 20% (13±5)        | 60-95 cm Franco arenoso fino a FL.± 9,21       | 0,80 ±0,12   | Conservado, máxima productividad, riesgo a déficit hídrico moderado, alta exposición vientos         |
| <b>2 a</b>    | Sin soliflucción, localizado en cimas y parte alta de vertientes afectadas por sobreuso. Degradación media.                        | 15-32% (20,8±6,9)   | 45-60 cm Franco arenoso a aF. ±5,1             | 0,90 ±0,15   | Erosión moderada a fuerte, riesgo a déficit hídrico acentuado  |
| <b>2 b</b>    | Perdida por soliflucción, localizado en cimas y parte alta de vertientes, erosión laminar severa por sobreuso. Fuerte degradación. | 20-40% (28,6±8,5)   | 0-35 cm. Arenoso Franco (Mezcla con IIC) ±11,3 | 0,72 ±0,13   | Erosión severa, mezcla del A1 con lapilli desde la superficie. Riesgo a acentuado déficit hídrico. . |
| <b>3 a</b>    | Media vertiente, acumulación por soliflucción y erosión desde partes altas.  | 35-80% (56,33±18,0) | 80-160 cm Franco arenoso fino a FL±27,2        | 0,74 ±0,07   | Erosión ligera, moderadamente conservado. Riesgo a déficit hídrico moderado.                         |
| <b>3 b</b>    | Base de vertiente, acumulación por soliflucción y erosión desde partes altas. Saturación ocasional a ± 1 m profundidad.            | 30-40% (16,87±10,9) | 110-220 cm Franco limoso±40,8 4                | 0,75 ± 0,06  | Conservado, sin riesgo a déficit hídrico, máxima productividad                                       |
| <b>4</b>      | Fondo de valle, márgenes de ríos con saturación frecuente (pseudogley).  | ≤ 10%               | ≤ 40 cm Franco arcillo-limoso                  | 0,68 ± 0,014 | Saturado frecuentemente, vegetación natural o pastizal   |

Tabla 7: Catalogo de suelos. Elaborado por (Rosero modificado por Franco,2016).

Se determinaron seis tipos de suelos, el tipo 1 situado en cimas convexas, poco uso y poco alterado (suelo modal); el tipo 2a situado en cimas y parte alta de vertientes (degradación media); el tipo 2b situado igualmente en cimas y parte alta de vertientes con pérdida por solifluxión y erosión laminar (fuerte degradación); el tipo 3a situado en parte media de vertientes, con acumulación por solifluxión y erosión desde partes altas; el tipo 3b situado en la base de vertientes, con acumulación por solifluxión y erosión desde partes altas, eventualmente con saturación ocasional a  $\pm 1$  m profundidad, y el tipo 4 situado en fondo de valle, hasta márgenes de ríos con saturación frecuente en el primer metro de profundidad (pseudogley).

### 3.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS SEGÚN EL TIPO DE SUELO

**Tabla 8:** Diferencia y similitudes entre tipos de suelo con respecto a espesor de A1

| ESPESOR A1 | MEDIA  |    |
|------------|--------|----|
| 3b         | 174,12 | A  |
| 3a         | 105,00 | B  |
| 4          | 82,00  | BC |
| 1          | 72,55  | C  |
| 2a         | 50,60  | CD |
| 2b         | 19,67  | D  |
| CV         | 61,93% |    |

Elaborado por: (Rosero, 2016)

El tipo de suelo 3b se diferencia abiertamente de todos los demás por ser un perfil de máxima acumulación de material en la base de laderas, pudiendo alcanzar cerca de los 2 m de profundidad del horizonte A1. Le sigue el 3a, también de acumulación, aunque localizado en media ladera y frecuentemente en fuerte pendiente. El tipo 4 se caracteriza por la acumulación excesiva de humedad. Los tipos 2a y 2b representan las áreas degradadas por erosión, por lo general estimulada por el uso intensivo y mecanizado del suelo.

**Tabla 9:** Diferencia de pH entre tipos de suelos

| Ph |        |   |
|----|--------|---|
| 1  | 5,8347 | A |
| 2a | 5,8550 | A |
| 2b | 5,9833 | A |
| 3a | 5,8750 | A |
| 3b | 5,8860 | A |
| 4  | 5,7750 | A |
| CV | 5,06%  |   |

Elaborado por: (Rosero, 2016)L

Los tipos de suelo no muestran diferencias con referencia a pH, lo que se puede relacionar con la uniformidad del material originario, el clima húmedo y frío y la vegetación de bosque húmedo bajo el cual evolucionaron.

**C Tabla 10:** Diferencia entre suelos cantidad de macroporos

| MACROPOROS |        |    |
|------------|--------|----|
| 1          | 37,118 | B  |
| 2a         | 40,500 | AB |
| 2b         | 54,667 | A  |
| 3a         | 44,583 | AB |
| 3b         | 38,100 | AB |
| 4          | 48,000 | AB |
| CV         | 23,19% |    |

Elaborado por: (Rosero, 2016)

La textura gruesa predominante (franco arenoso con predominancia de arena fina), además de una buena estructuración, en todos los suelos determina una alta proporción de macroporos. En el tipo de suelo 2b (transecta 7 -perfil 1) se presenta además la mezcla de lapilli (areno-gravosa) con el material del A1, incrementando aún más la fracción de macroporos. Ello acelera la infiltración y el desecamiento en estos suelos, tendencia que se acentúa en pendientes fuertes.

**Tabla 11:** Diferencia y similitud entre tipos de suelo con su cantidad de carbono orgánico.

| CARBONO |        |    |
|---------|--------|----|
| 1       | 19,027 | A  |
| 2a      | 18,431 | AB |
| 2b      | 12,507 | AB |
| 3a      | 14,363 | AB |
| 3b      | 17,407 | AB |
| 4       | 9,275  | B  |
| CV      | 25,03% |    |

Elaborado por: (Rosero, 2016)

El tipo de suelo 1, considerado el menos afectado por el uso, presenta el máximo valor, seguido del 2a. Los valores menores corresponden al suelo más degradado por erosión (2b) y al pseudogley (4) bajo condiciones de mal drenaje. Los suelos de acumulación presentan valores intermedios, posiblemente debido a la pérdida durante el proceso de lavado y traslado del material desde las partes altas a las más bajas de la pendiente.

**Tabla 12:** Diferencia y similitud entre los tipos de suelo entre su capacidad de campo.

| CAPACIDAD DE CAMPO |        |    |
|--------------------|--------|----|
| 1                  | 37,176 | A  |
| 2a                 | 29,100 | AB |
| 2b                 | 22,667 | AB |
| 3a                 | 25,000 | AB |
| 3b                 | 32,900 | AB |
| 4                  | 24,000 | B  |
| CV                 | 27,45% |    |

Elaborado por: (Rosero, 2016)



El tipo de suelo 1 posee el mayor valor de capacidad de campo, seguido del 3b, siendo los suelos mejor conservados y de mayor potencial productivo. Los menores valores están en los suelos más erosionados (2a) y los de mal drenaje (4).

**Tabla 13:** Diferencia y similitud de los tipos de suelo y con respecto a su densidad aparente.

| DENSIDAD APARENTE |        |   |
|-------------------|--------|---|
| 1                 | 0,7982 | A |
| 2a                | 0,8810 | A |
| 2b                | 0,7267 | A |
| 3a                | 0,7442 | A |
| 3b                | 0,7690 | A |
| 4                 | 0,6800 | A |
| CV                | 14,15% |   |

Elaborado por: (Rosero, 2016)

Los tipos de suelo no presentan diferencia significativa en la densidad aparente, reflejo de la uniformidad en textura y estructura. El sobrepastoreo pudiera incrementar los valores en los primeros centímetros del suelo, reduciendo la infiltración y favoreciendo la escorrentía superficial.

**Tabla 14:** Asociaciones lineales entre variables combinando profundidad.

|                 | CAPA-CIDAD   | CARBO-NO     | DENSINDA D   | ESPE-SOR A1  | MACRO-POROS  | MESO MICRO-POROS | Y PEND |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|--------|
| CARBONO         | 0,177<br>NS  |              |              |              |              |                  |        |
| DENSIDAD        | 0,253<br>*   | 0,045<br>NS  |              |              |              |                  |        |
| ESPE-SOR A1     | -0,126<br>NS | 0,025<br>NS  | -0,264<br>*  |              |              |                  |        |
| MACRO PORO      | -0,768<br>** | -0,096<br>NS | -0,523<br>** | 0,0001<br>NS |              |                  |        |
| MICRO+ MESOPORO | 0,7077<br>** | 0,088<br>NS  | 0,186<br>NS  | 0,0008<br>NS | -0,879<br>** |                  |        |
| PENDIENTE       | -0,373<br>** | -0,2426<br>* | -0,107<br>NS | 0,019<br>NS  | 0,320<br>**  | -0,316<br>**     |        |
| PH              | -0,016       | -0,0008      | 0,047        | 0,022        | 0,122        | -0,164           | 0,062  |

Se realizaron análisis de asociaciones lineales entre cada par de variables y se presenta el coeficiente  $r$  de Pearson y el valor  $p$  correspondiente (Cuadro 3). Valores  $p < 0,05$  son evidencia de que existe una asociación lineal entre cada par de variables. Si el signo es positivo existe una relación directamente proporcional y si es negativo la relación es inversamente proporcional.

Es evidente la relación directamente proporcional que hay entre capacidad de campo y la densidad aparente, por tanto, a medida que aumenta la densidad aumenta la capacidad de campo.

Igualmente, a medida que disminuye el espesor del horizonte A1 aumenta la densidad ( $r = -0,264$ )

A medida que aumenta la cantidad de macroporos disminuye la capacidad de campo ( $r = -0,768$ ), también a medida que aumenta la pendiente aumenta la cantidad de macroporos ( $r = 0,320$ ) y disminuye la fracción de meso-microporos ( $r = -0,316$ ). Continuando con la pendiente, es de resaltar que esta se relaciona inversamente con la capacidad de campo y cantidad de carbono, por tanto, si aumenta la pendiente disminuyen estas dos variables.

El pH no se relaciona con ninguna de las variables estudiadas.

### 3.11. DIFERENCIAS ENTRE LOS TIPOS DE SUELOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

En las tablas de la 7 a la 12 se presentan las pruebas de comparaciones múltiples entre medias, de acuerdo al tipo de suelo. Para el espesor del horizonte A1 hubo diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los tipos de suelo, diferenciándose el suelo tipo 1 del 2b, del 3a y 3b; no habiendo diferencia significativa con los tipos 2a y 4. El suelo tipo 1 corresponde al perfil modal, poco disturbado y el 2b al perfil más severamente erosionado. El tipo 2a, si bien ha sufrido un proceso de erosión

que se traduce en algunos perfiles en la pérdida de al menos un tercio del horizonte A1, su diferencia con el perfil modal (tipo 1) no resultó significativa. Con este suelo la diferencia más evidente radica en la posición topográfica y, en muchos casos, en la textura, que en 2a tiende a hacerse más gruesa por mezcla con el lapilli subyacente. Hacia el otro extremo, el de los suelos de acumulación, 3a y 3b, si hubo diferenciación significativa. Con el tipo 4 (suelo pseudogley en fondo de valle) no hubo diferenciación en cuanto al espesor del A1, sin embargo, se diferencian notoriamente en la posición topográfica y el régimen hídrico.

La no diferenciación observada en relación a la densidad aparente, los tipos de porosidad, contenido de carbono y pH, es indicativo de la homogeneidad del material del horizonte A1 a lo largo de las pendientes, independientemente de su espesor. Ello se confirma con la no diferenciación de los valores obtenidos de 0-10 cm de profundidad (tope del horizonte A1) con los valores tomados en la base del mismo horizonte (a 40, 50, 60 o más cm de profundidad), según su espesor. Es decir, este horizonte mantiene valores similares en estos parámetros tanto en extensión como en profundidad.

Ello sugiere alta uniformidad de la ceniza volcánica que le dio origen, su carácter relativamente reciente (Holoceno superior) y la uniformidad de las condiciones de temprana evolución del suelo bajo bosque húmedo montano. La diferenciación de los perfiles, especialmente de su horizonte A1 debe entonces ser relacionada con los siguientes factores y procesos: a) movimientos en masa (soliflujión) bajo condiciones topográficas específicas, las que posibilitan la concentración de altos volúmenes de agua y la saturación del estrato de cenizas sobre el lapilli, ocasionando el traslado masivo del material a lo largo de la pendiente; b) erosión del material superficial del A1 por efecto del laboreo intensivo con maquinaria (arado y rastra), y c) mezcla del A1, ya reducido a menos de 40 cm de espesor, con material del lapilli subyacente por el citado laboreo.

Respecto a la capacidad de campo, el tipo de suelo 1 posee el mayor valor en comparación con el resto de suelos, siendo el de menor valor el tipo 4, consiguientemente, macroporos presenta menor valor en el tipo de suelo 1.

Con relación a la densidad aparente, porosidad total y pH no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tipos de suelo, siendo el coeficiente de variación muy bajo, el tipo 1 muestra la mayor cantidad de carbono y el tipo 4 la menor.

### 3.12. DISCUSION DE RESULTADOS

Una investigación comparable en suelos volcánicos (Andisoles), en el estado de Veracruz –México, en un cultivo de papa situado a 3200 msnm sobre la ladera norte del volcán Cofre de Perote, en un área con una precipitación anual de 900 mm y temperatura anual de 9<sup>o</sup> C, se fundamentó en el muestreo de 36 sitios. Las propiedades consideradas fueron carbono orgánico, humedad, densidad aparente, porosidad, cantidad de limo y arena, capacidad de retención de agua (CC) y el punto de marchitez permanente, todo ello entre 0-30 cm de profundidad (Ramirez et al., 2011). Se encontró un contenido de carbono de 5%, muy por debajo del correspondiente al Centro Experimental San Francisco con 15%; el reducido valor en Veracruz fue atribuido al uso agrícola intensivo durante 40 años.

Martínez et al., (2008) afirman que según las prácticas de manejo puede generarse la reducción del Carbono con el paso del tiempo, o su acumulación, y que el manejo agrícola convencional de suelos, con uso intensivo del arado, promueve la liberación de Carbono hacia la atmósfera, mientras que el uso conservacionista favorece la permanencia de formas orgánicas dentro del suelo. En Veracruz, la densidad aparente fue 1,24 gr/cm<sup>3</sup> y la porosidad total 42%, mientras que en el Centro Experimental San Francisco estos valores son 57% y 0,76 gr/cm<sup>3</sup>, de donde puede inferirse el determinante efecto del contenido de materia orgánica del suelo volcánico en sus propiedades físicas, y por tanto en la dinámica del agua en el suelo.

Donoso, 1992 afirma que los macroporos son de gran valor en lo que se refiere a la aireación y al drenaje interno del suelo; esta fracción de la porosidad está relacionada con la densidad aparente y también influye en la tasa de movimiento

del agua y del aire a través del suelo. Los macroporos facilitan una rápida percolación del agua y el movimiento del aire, en tanto que los microporos (relacionados con el contenido de arcilla) dificultan el movimiento del aire y retienen gran cantidad de agua por capilaridad; agua no aprovechable por las plantas. Los mesoporos determinan la capacidad de reserva de agua asequible y están determinados por la textura, siendo el limo la fracción que más le favorece.

En relación a las clasificaciones interpretativas de suelos, la más conocida y usada universalmente, es la clasificación por capacidades de uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Departamento de Agricultura de los EEUU, 1983), el cual comprende tres grandes categorías: clase, subclase y unidad de capacidad de uso. El sistema de clasificación distingue ocho clases (señaladas con los números romanos I a VIII) que indican un aumento progresivo de las limitaciones que presentan los suelos para el desarrollo de los cultivos. Las limitaciones consideradas son riesgo a la erosión, drenaje, escasa profundidad, salinidad, baja capacidad de retención de agua, baja fertilidad difícil de corregir y limitaciones de tipo climático. Esta clasificación es aplicable con excelentes resultados en áreas con gran diversidad de condiciones edáficas.

En el valle interandino norte, por encima de 2.600 metros, donde una gruesa capa de cenizas volcánicas, bajo clima uniforme, frío y húmedo, evoluciono bajo bosque húmedo montano durante los últimos miles de años, se han generado condiciones muy uniformes de suelo, cuya variabilidad depende fundamentalmente de las variables escogidas para la realización de este estudio: posición topográfica, grado de pendiente, espesor del horizonte A1 y sus propiedades.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- El relieve del área del Centro Experimental San Francisco en Huaca-Carchi es suave a moderadamente ondulado, y es atravesado por la quebrada Santo Tomas, por lo que en algunos sectores se presentan pendientes suaves a medias (inferior a 30%), en otros de medias a fuertes (hasta 40%) y en el área socavada por la quebrada hasta escarpadas (mayores de 60%). De allí se deduce la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos y movimientos en masa (soliflucción).
- Los suelos se caracterizan por ser de origen volcánico muy reciente (Holoceno superior), predominando la textura franco arenosa, con contenidos medios de limo y muy bajos de arcilla. Ello favorece los movimientos en masa y la erosión laminar.
- Pudo constarse una extraordinaria variabilidad del espesor del Horizonte A1. Se asumió el espesor de 60 a 95 cm, encontrado en topes de colinas casi planas y posiblemente sometida a un uso de baja intensidad de laboreo, como el espesor del perfil del suelo original (perfil modal), tipificado como suelo Tipo 1.
- Se encontró espesores de horizonte A1 menores a 15 cm en cimas de suaves pendientes (menores a 20%), cuyo estado de erosión severa solo es explicable por el sobreuso del suelo. Estos suelos se tipificaron como Tipo 2b. En perfiles de erosión menos acentuada se tipifico como Tipo 2 a.

- En el otro extremo, se encontró áreas, en la base de largas vertientes, con un perfil con hasta 3 horizontes A1 superpuestos para un total de 220 cm de espesor del A1(T2-P3). Este perfil fue tipificado como 3b. Los perfiles de menor acumulación en partes medias de vertientes fueron tipificados como suelos Tipo 3a. Finalmente se encontraron suelos pseudogley en fondo de valle, designados como Tipo 4.
- Las acciones que causan mayor impacto sobre los suelos del Centro Experimental San Francisco son el pase de arado y rastra en pendientes mayores al 20%entre otras causas de degradación es el pastoreo intensivo que conlleva a una compactación del suelo.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

- Formular un Plan de manejo de las áreas, adaptando los usos a los diferentes tipos de suelo.
- Implementar sistemas de producción agroecológicos, con sistemas combinados de uso de la tierra, a fin de detener la erosión y contribuir con la restauración de las áreas degradadas.
- Disminuir la compactación del suelo producida por el sobrepastoreo de ganado alternamente con la rotación de cultivos, introduciendo cultivos como zanahoria y habas, ya que estos poseen características que permitirían mejorar la estructura del suelo y reducir el grado de compactación del mismo.
- Plantar árboles en curvas de nivel en áreas de fuerte pendiente, con el objetivo de recuperar y mantener la superficie recuperando el equilibrio ecológico del sector.

- Promover la realización de estudios similares en fincas vecinas, a fin de orientar el mejor uso adecuado de los suelos.

## V. BIBLIOGRAFÍA

Ministerio del Ambiente, (2012). Productividad Del Suelo. Quito.

Obtenido De [Http://Www.Ambiente.Gob.Ec/EI-Analisis-De-Suelos-Es-Un-Mecanismo-Clave-Para-La-Adaptacion-Y-Mitigacion-Al-Cambio-Climatico/](http://Www.Ambiente.Gob.Ec/EI-Analisis-De-Suelos-Es-Un-Mecanismo-Clave-Para-La-Adaptacion-Y-Mitigacion-Al-Cambio-Climatico/)

Arias, L. (2001). Evolución Del Suelo Y El Relieve. Medellín.

Badia, D. (2011). Factores Formadores Del Suelo . El Suelo Es Un Recurso Natural, Imprescindible Para La Vida En La Tierra.

Badillo, J. (2011). Geología. Edafología. Ciencia Del Suelo. Mecánica De Suelos.

Casas, R. (2012). Evaluación De La Degradación De Tierras En Zonas Áridas.

Obtenido De [Www.Fao.Org/Nr/Lada/Index.Php?Option=Com\\_Docman&Task=Doc...Gid...](http://Www.Fao.Org/Nr/Lada/Index.Php?Option=Com_Docman&Task=Doc...Gid...)

Castro, T. Y. (2012). Estudio De La Pérdida Del Recurso Suelo

Obtenido De Pontificia Universidad Católica Del Ecuador:

[Http://Repositorio.Puce.Edu.Ec/Bitstream/Handle/22000/7094/6.H07.001317.Pdf?Sequence=4](http://Repositorio.Puce.Edu.Ec/Bitstream/Handle/22000/7094/6.H07.001317.Pdf?Sequence=4)

Cordova Y Valverde. (2009). Evaluacion De La Erosion Causada Por Labranza Con Arado. Viii Congreso Ecuatoriano De La Ciencia Del Suelo

Delgado, & Lopez, F. (1995) Productividad En Suelos De Los Andes Venezolanos.

Fao. (2009). Manual Para Descripcion De Suelos . Mexico: 2009.



Franco, W. (2015). Tierra Infinita. Manejo Y Conservacion De Suelos. Tulcan.

Franco, W., Peña, J., Quintero, O., & Rosero, J. Vi Congreso Nacional De La Papa.:

[https://www.researchgate.net/publication/300727672\\_Clasificacion\\_Interpretativa\\_De\\_Suelos\\_Para\\_Cultivo\\_De\\_Papa\\_Y\\_Pastizales\\_En\\_El\\_Canton\\_Huaca\\_Carchi-Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/300727672_Clasificacion_Interpretativa_De_Suelos_Para_Cultivo_De_Papa_Y_Pastizales_En_El_Canton_Huaca_Carchi-Ecuador)

Ganasal. (2011). ¿Que Es Sobrepastoreo? Y Los Problemas Que Puede Generar.

Guerra, J. (2009). Agroecuador. Recuperado El 2 De Julio De 2016, De Manejo Y Conservacion De Suelos: Obtenido:<http://www.agroecuador.com/html/infocamara/2009/30042009/manejo%20y%20conservacion%20de%20suelos.pdf>

Hernandez. (2009). Cuidado ambiental . Obtenido De El Agua En El Suelo : <https://edafologia2urjc.wikispaces.com/2.+Tipos+De+Agua+En+El+Suelo>

Hidalgo (2007). Degradación Del Suelo En El Distrito De Riego 003 . Obtenido De [https://www.researchgate.net/publication/264496302\\_Degradacion\\_Del\\_Suelo\\_En\\_El\\_Distrito\\_De\\_Riego\\_003\\_Tula\\_Valle\\_Del\\_Mezquital\\_Hidalgo\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/264496302_Degradacion_Del_Suelo_En_El_Distrito_De_Riego_003_Tula_Valle_Del_Mezquital_Hidalgo_Mexico)

Franco, W. 2016a. Suelos Volcánicos y Riesgos y Oportunidades en la Vía al Desarrollo Agrícola Sostenible del Cantón Huaca, Carchi-Ecuador. Ponencia en: 1er Congreso Internacional sobre Desarrollo Sustentable del Carchi. Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). Tulcán, abril 2016.

Ibáñez, J. J. (2006). Universo Bajo Nuestros Pies . Recuperado El 02 De Julio De 2016, De Suelos Vegetacion Y La Aliemntacion : <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/>

Janeiro, R. D. (1992). Cumbre De La Tierra De Río De Janeiro. 1992.

Jones, W., & Cabalceta, G. (17 De 02 De 2009). Impacto Del Pastoreo Con Ganado Holstein Y Jersey.

Lopez. (2003). Evaluación De Las Tierras En Zonas Aridas .

Pardo, O. P. (2013). Secretaría De Ambiente Y Desarrollo Sustentable .

Ramirez Et Al. (2011). Propiedades Fisicas Y Quimicas De Los Suelos Volcanicos. Mexico.

Ramirez, C. (2012). Zoonificacion De Suelos En La Provincia Del Carchi .

Romeo, C. (2004). Buenas Prácticas Agropecuarias.

Silva, L. D. (15 De 4 De 2013). Sustentabilidad agricola y pecuaria en el Ecuador  
Obtenido De Estudiante De La Universidad Central del Ecuador:  
<Http://Www.Sustentabilidadorg.Com/Trabajos6/Elsu/Elsu.Shtml>

Stolpe, N. (2013). Suelos Y Sus Maravillas .

Tomasini, D. (2012). Evaluacion De Tierras Aridas . Instituto De Suelos. Centro De Recursos Naturales .

Vetiver. (2012). Bosque De Paz. manejo para evitar la erosion y control de aguas  
Obtenido de  
[Http://Www.Bospas.Org/Bospas/Index.Php?Option=Com\\_Content&Task=View&Id=42&Itemid=77](Http://Www.Bospas.Org/Bospas/Index.Php?Option=Com_Content&Task=View&Id=42&Itemid=77)

## **VI. PROPUESTA**

### **6.1. TITULO**

Aplicación del catálogo de tipos de suelos del Centro Experimental San Francisco propuesto para la evaluación de suelos de la zona de la provincia del Carchi.

### **6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Los suelos del cantón Huaca provincia del Carchi han sido objeto de degradación, y en sectores, bastante avanzada, principalmente por sobreuso mecanizado, sin consideración de posición topográfica o nivel de inclinación. Tampoco se han cuidado de preservar las cabeceras de cuencas más altas, destruyendo las vertientes y fuentes de agua. En ese contexto, será necesario avanzar hacia el ordenamiento y manejo de las cuencas como lo establece la ley, lo que requiere la evaluación de los recursos suelo, vegetación y agua, y los usos actuales, como base para planificar los mejores usos según las limitaciones de relieve y suelos.

Además, será necesario planificar medidas de restauración de las áreas más críticamente degradadas.

En su conjunto, el cantón Huaca presenta una gran diversidad de relieves con una topografía bastante accidentada, lo que favorece la agudización de la dinámica erosiva. A pesar de la problemática, el productor trata de elevar la productividad mediante el uso indiscriminado de productos químicos generando impactos ambientales considerables. Por ejemplo, lo errático de las lluvias puede generar pérdidas cuantiosas por déficit hídrico en suelos degradados, los que tratan de compensarse mediante mayor fertilización.

La respuesta debe ser la planificación del uso a nivel de fincas.

### 6.3. OBJETIVOS

#### Objetivo general

Estimular y facilitar el levantamiento y cartografía de los suelos a nivel de fincas, a los fines de fundamentar la conversión progresiva de la agricultura actual en sistemas de base agroecológica, dirigidos a restaurar y conservar los recursos suelo, agua y agrobiodiversidad en el cantón Huaca.

#### Objetivos específicos.

- Difundir la Clasificación interpretativa de Tipos de suelo, según su posición topográfica, pendiente y espesor del horizonte A1, como instrumento innovador en la cartografía de suelos a nivel de fincas.
- Promover la aplicación y perfeccionamiento del catálogo de tipos de suelos, en futuros proyectos de investigación.
- Promover el ensayo de técnicas de manejo y conservación del suelo en los tipos 2a y 2b, para fines de su restauración.

### 6.4. FUNDAMENTACIÓN

Se estima que en la provincia del Carchi se pierde aproximadamente 8000 hectáreas anualmente de suelo arable por causa de la erosión. La erosión del suelo es una crisis silenciosa, un desastre insidioso y provocado por el hombre mismo y se desarrolla gradualmente. En muchos lugares ni siquiera se lo reconoce como tal: el suelo desaparece haciendo visible el lapilli subyacente. Para contrarrestar este desastre ambiental, provocado por la erosión, es imperativo iniciar acciones, como el levantamiento y clasificación interpretativa de los suelos, con miras a cuantificar la proporción de suelos degradados y determinar el nivel de daño alcanzado en la provincia, así como las consecuencias que puede traer a los agricultores (Vetiver, 2012).

Los procesos de erosión están influenciados en la zona de estudio por los siguientes factores: a) de tipo social, como son la alta densidad de población, los niveles de pobreza, y la predominancia de minifundios, todo lo cual ha conducido a niveles de sobreuso de grave impacto sobre el suelo; y b) de tipo físico-ambiental, como son el relieve abrupto, la textura media a gruesa del material superficial, y el laboreo mecanizado en sentido de la pendiente en terrenos muy inclinados (Franco, 2016).

## 6.5. JUSTIFICACIÓN

La degradación ambiental sustenta e impulsa la afectación de la calidad de vida de la población, pero de tal manera subrepticia y progresiva que la población misma termina ignorando la situación o acostumbrándose a ella. Tal es el caso de aldeas rurales que hasta hace una o dos décadas disponían de sus propias fuentes de agua, y hoy, el recurso debe ser traído desde decenas de kilómetros y apenas alcanza para fines domésticos. ¿Cómo ocurrió la pérdida de las fuentes de agua? A través de la deforestación de las cabeceras de cuencas para cultivos y la contaminación de los cursos de agua por excrementos animales, agroquímicos y aguas servidas de aldeas y fincas (Franco, 2016b)

La pregunta a hacerse es: si los nietos ya no pueden disfrutar del ambiente, la calidad de vida y los recursos naturales que disfrutaron los abuelos ante el avance de la degradación, que espera a los nietos de los actuales nietos, frente al indetenible empuje de la deforestación y la destrucción ambiental, por una parte, y la agricultura contaminante, por la otra.

Revertir los procesos comienza con el reconocimiento de la gravedad de la situación, con el diagnóstico y la evaluación de los daños y el desarrollo de propuestas en la dirección correcta.

## 6.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 6.6.1. Introducción

El catálogo de clasificación interpretativa de los suelos desarrollado en el Centro Experimental San Francisco permite diferenciar los suelos en forma práctica y simple, mediante trabajo de campo.

El sistema ha sido diseñado para ser comprendido y aplicado por técnicos y agricultores con muy pocas dificultades y a bajo costo. Su aplicación a nivel de fincas permitirá su ampliación para cubrir nuevos tipos de suelo que vayan surgiendo.

En el Centro Experimental San Francisco se determinaron seis tipos de suelos:

**Tipo 1:** Situado en cimas convexas, poco uso y poco alterado (suelo modal) con pendientes menores al 20% y un espesor de 60-95cm.

**Tipo 2a:** Situado en cimas y parte alta de vertientes (degradación media) con pendientes de 15 a 40% y un espesor de A1 de 45 a 60 cm.

**Tipo 2b:** Situado igualmente en cimas y parte alta de vertientes con pérdida por solifluxión y erosión laminar (fuerte degradación) con pendientes de 20 a 40% con un espesor de A1 hasta 35 cm, este es un tipo de suelo de uso limitado.

**Tipo 3a:** Situado en parte media de vertientes, con acumulación por solifluxión y erosión desde partes altas con pendientes de 35 a 80% y un espesor de A1 de 80 a 160cm.

**Tipo 3b:** Situado en la base de vertientes, con acumulación por solifluxión y erosión desde partes altas, eventualmente con saturación ocasional a  $\pm 1$  m profundidad y pendientes de 30 a 40%.

**Tipo 4:** Situado en fondo de valle, hasta márgenes de ríos con saturación frecuente en el primer metro de profundidad (pseudogley) con pendientes menores a 10% y un espesor de A1 de 40 cm.

## 6.6.2. Recomendaciones de usos por tipo de suelo

| Tipo de Suelo | Recomendaciones de uso   |
|---------------|--|
| 1             | Suelo en cimbras, relativamente bien conservado pero sometido a riesgo de degradación por mecanización del laboreo y sobreuso, con una reserva de agua asequible de 94,5mm suficiente para soportar de 11 a 12 días sin lluvia. Se recomienda implementar prácticas de conservación del suelo y rotación de cultivos.  |
| 2 a           | Suelo moderadamente degradado y en riesgo de pérdida de productividad, con una reserva de agua asequible de 49,5mm suficiente para soportar de 11 a 12 días sin lluvia. Se recomienda evitar el uso intensivo y mecanizado y establecer sistemas de producción agroecológicos (cultivos combinados, cultivos permanentes, zanjas de absorción en curvas de nivel, barreras vivas, etc., evitando el flujo superficial).    |
| 2 b           | Suelo fuertemente degradado, con una reserva de agua asequible de 20 mm suficiente para soportar 6 días sin lluvia. Se recomiendan prácticas de restauración de suelos que incluyan la estabilización del material y el enriquecimiento en materia orgánica. Evitar el uso agropecuario y dedicar preferentemente a la sucesión natural o a plantaciones de arbustos y árboles nativos (Conservación de la biodiversidad). |
| 3 a           | Suelo bien conservado, con una reserva de agua asequible de 161,5mm suficiente para soportar de 16 a 18 días sin lluvia. Puede ser sometido a uso moderadamente intensivo con algunas prácticas de conservación (cultivos en contorno, rotación de cultivos incluyendo leguminosas, establecer periodos de descanso y evitar el sobrepastoreo).  |
| 3 b           | Suelo bien conservado. Puede ser sometido a uso intensivo con algunas prácticas de conservación (rotación de cultivos incluyendo leguminosas, establecer periodos de descanso y evitar el sobrepastoreo).  |
| 4             | Suelo con limitaciones por mal drenaje. Se recomienda dedicar estas áreas a la sucesión natural (conservación de la biodiversidad nativa) y a la conservación de márgenes de corrientes de agua.   |

Elaborado por: (Rosero,2016)

La no diferenciación observada en relación a la densidad aparente, los tipos de porosidad, contenido de carbono y pH, es indicativo de la homogeneidad del material del horizonte A1 a lo largo de las pendientes, independientemente de su espesor. Ello se confirma con la no diferenciación de los valores obtenidos de 0-10 cm de profundidad (tope del horizonte A1) con los valores tomados en la base del mismo horizonte (a 40, 50, 60 o más cm de profundidad), según su espesor. Es decir, este horizonte mantiene valores similares en estos parámetros tanto en extensión como en profundidad. En el cantón Huaca, muy posiblemente, esa uniformidad se mantenga en la mayor parte de la superficie, facilitando la aplicación del catálogo de suelos.



## **BIBLIOGRAFIA**

Franco, W. 2016a. Suelos Volcánicos y Riesgos y Oportunidades en la Vía al Desarrollo Agrícola Sostenible del Cantón Huaca, Carchi-Ecuador. Ponencia en: 1er Congreso Internacional sobre Desarrollo Sustentable del Carchi. Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). Tulcán, abril 2016.

Franco, W. 2016b. La Agricultura del Futuro y la Pobreza: Sistemas Agroecológicos y Restauración de Suelos y Aguas Degradados en el Valle Interandino del Carchi. Ponencia en: 1er encuentro de planeación del uso sustentable del penco y la cabuya. UPEC – MIPRO. Tulcán, mayo 2016.

## VII. ANEXOS

### 7.1. GRAFICA DE PERFILES

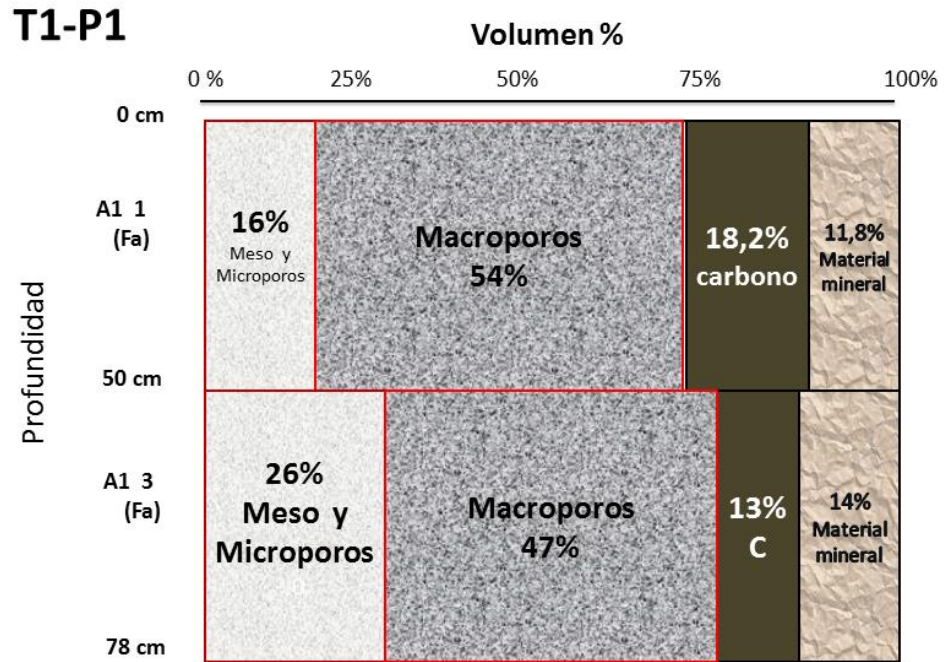


Figura 20: Transecta 1- Perfil 1 (Rosero, 2016)

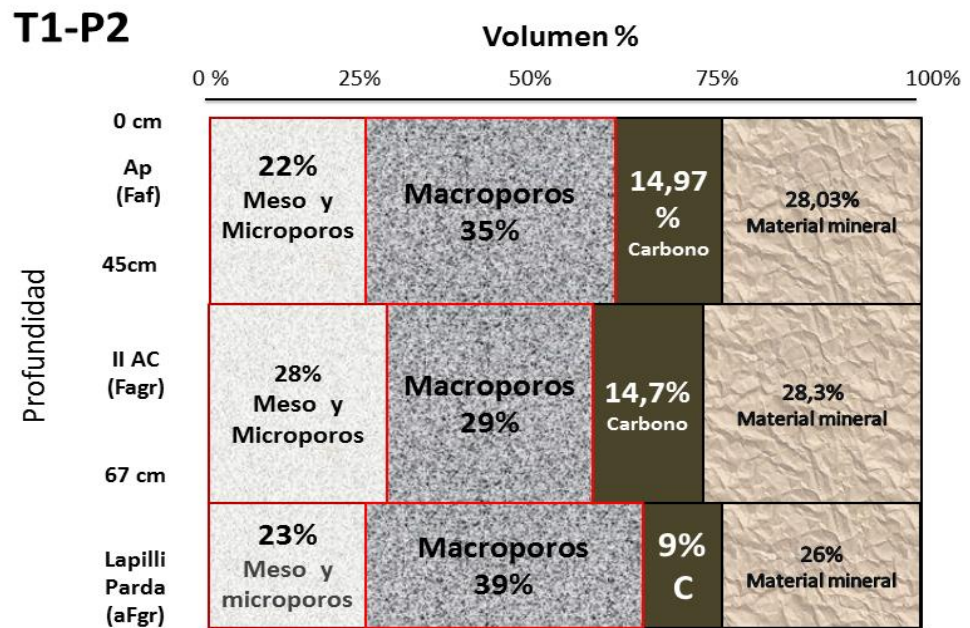


Figura 21: Transecta 1- Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T1-P3

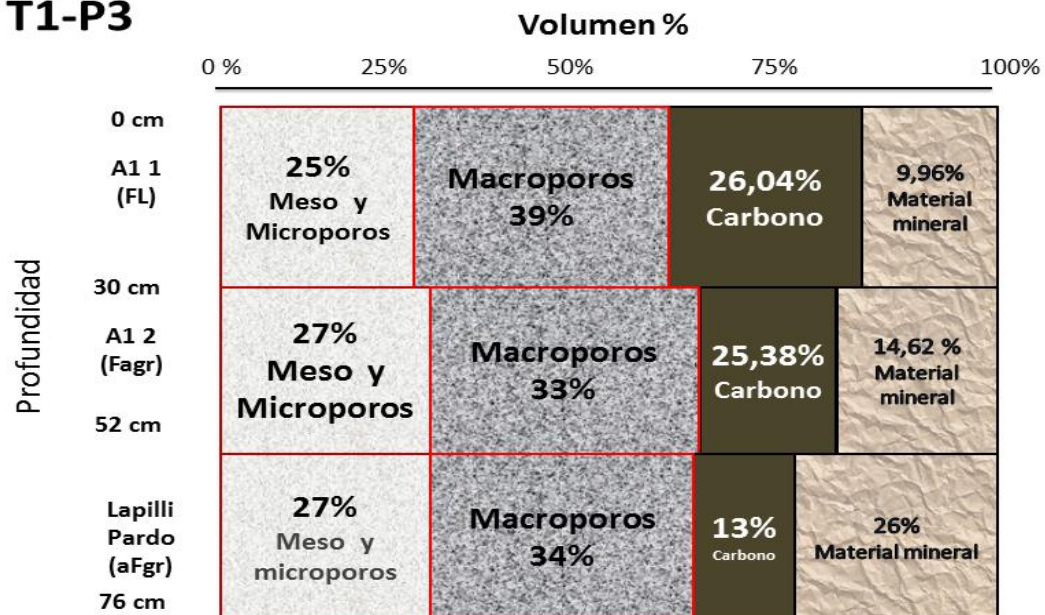


Figura 22: Transecta 1- Perfil 3 (Rosero, 2016)

## T1-P4

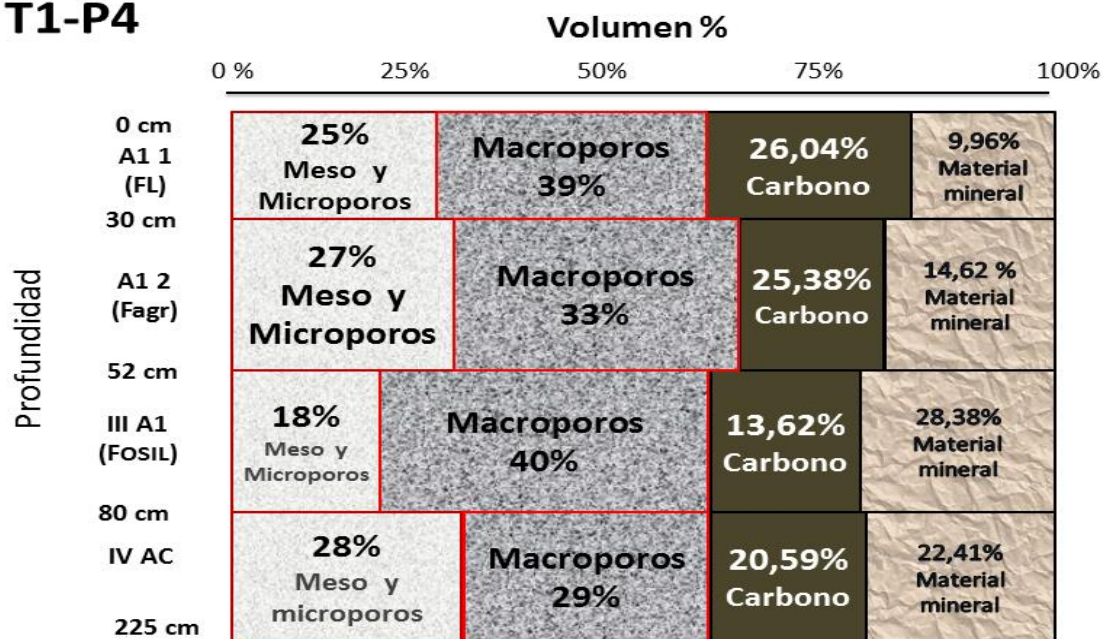


Figura 23: Transecta 1- Perfil 4 (Rosero, 2016)

## T1-P5

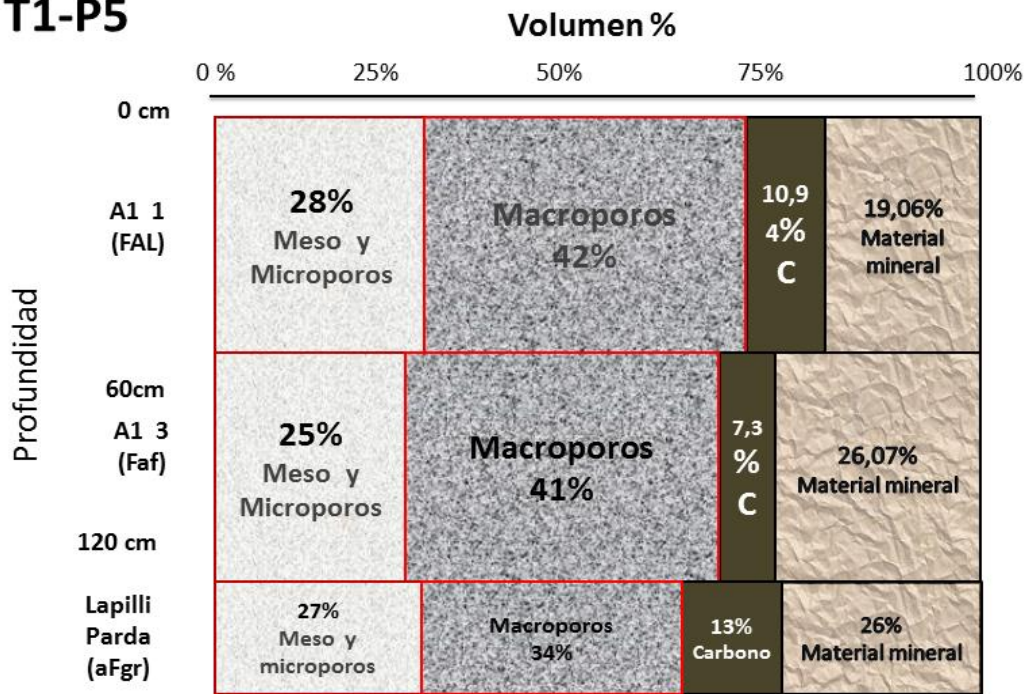


Figura 24: Transecta 1- Perfil 5 (Rosero, 2016)

## T1-P6

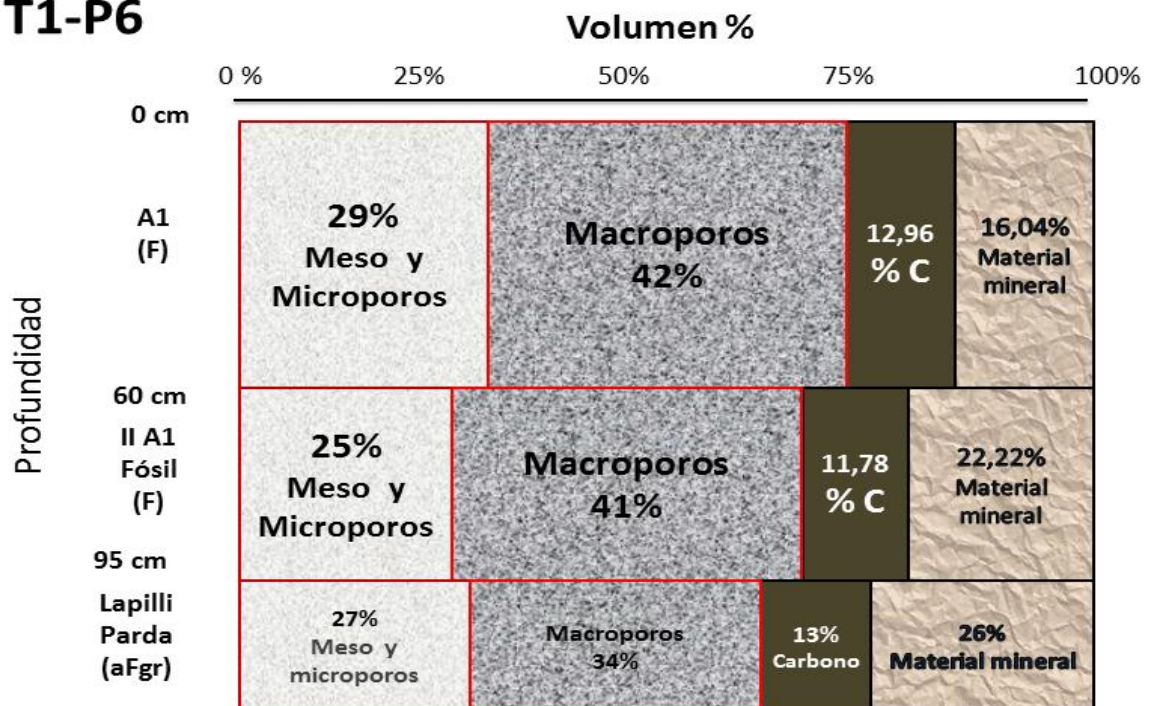


Figura 25: Transecta 1- Perfil 6 (Rosero, 2016)

## T1-P7

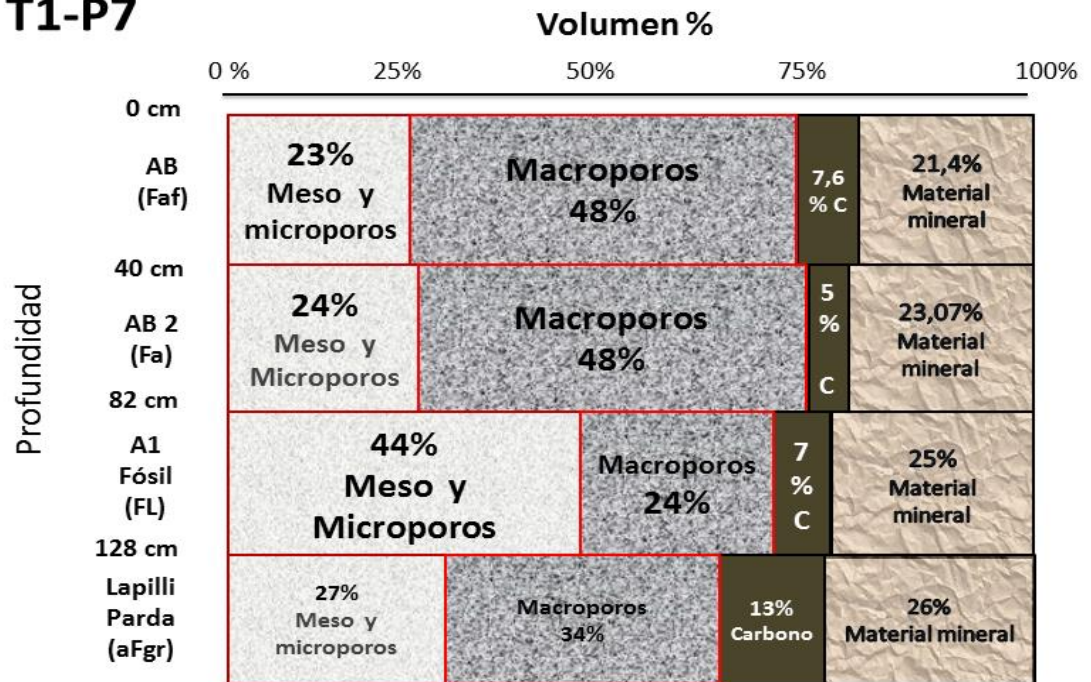


Figura 26: Transecta 1- Perfil 7 (Rosero, 2016)

## T2-P1

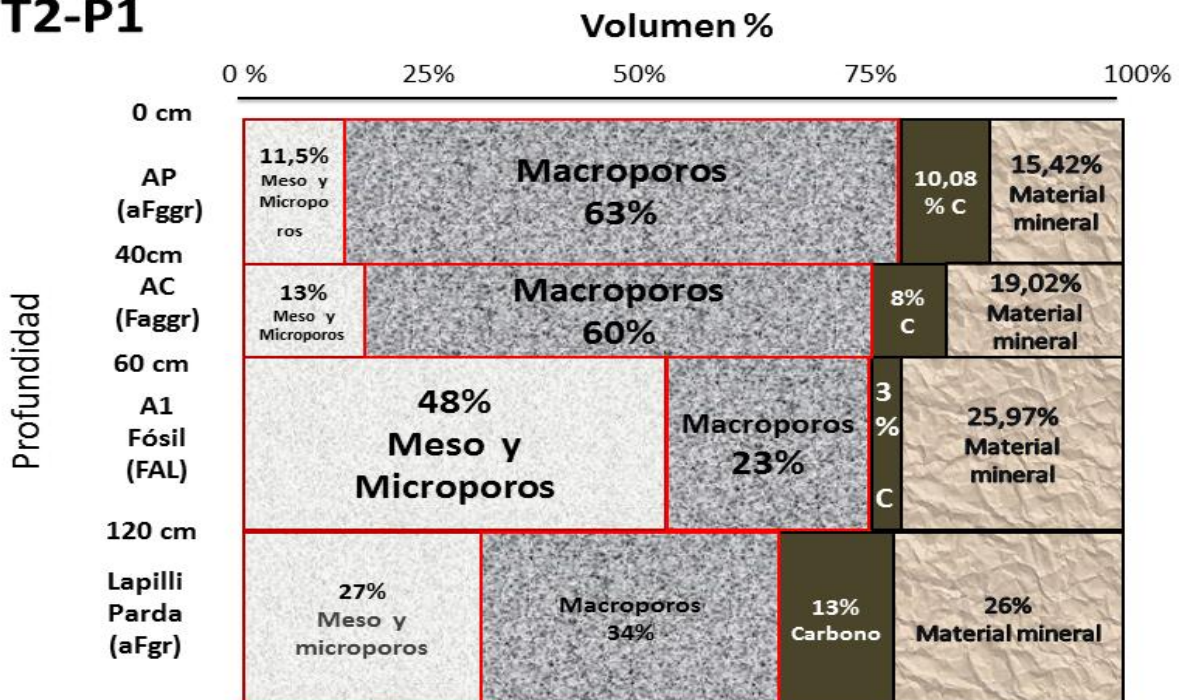


Figura 27: Transecta 2- Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T2-P2

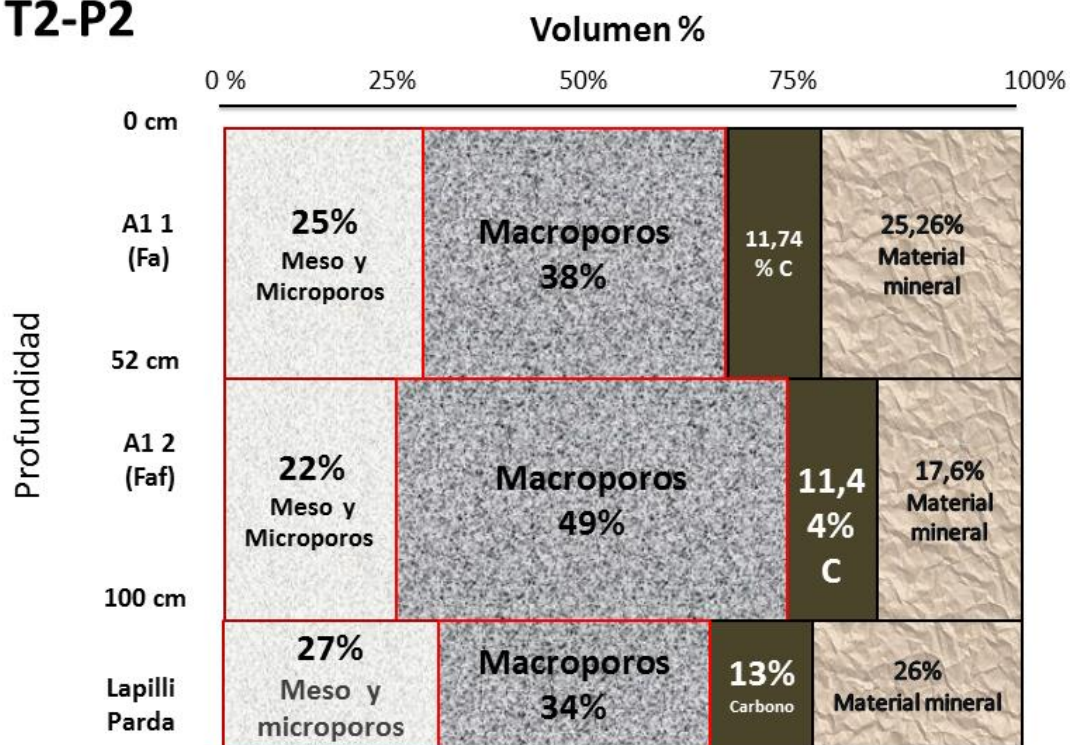


Figura 28: Transecta 2- Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T2-P3

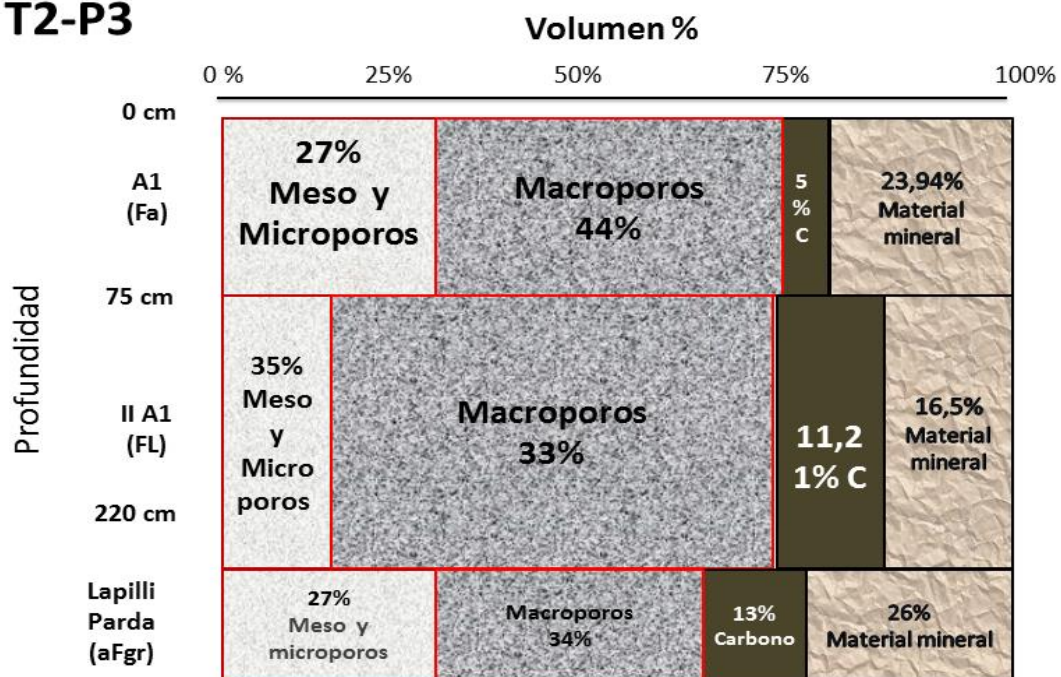


Figura 29: Transecta 2- Perfil 3 (Rosero, 2016)

## T2-P4

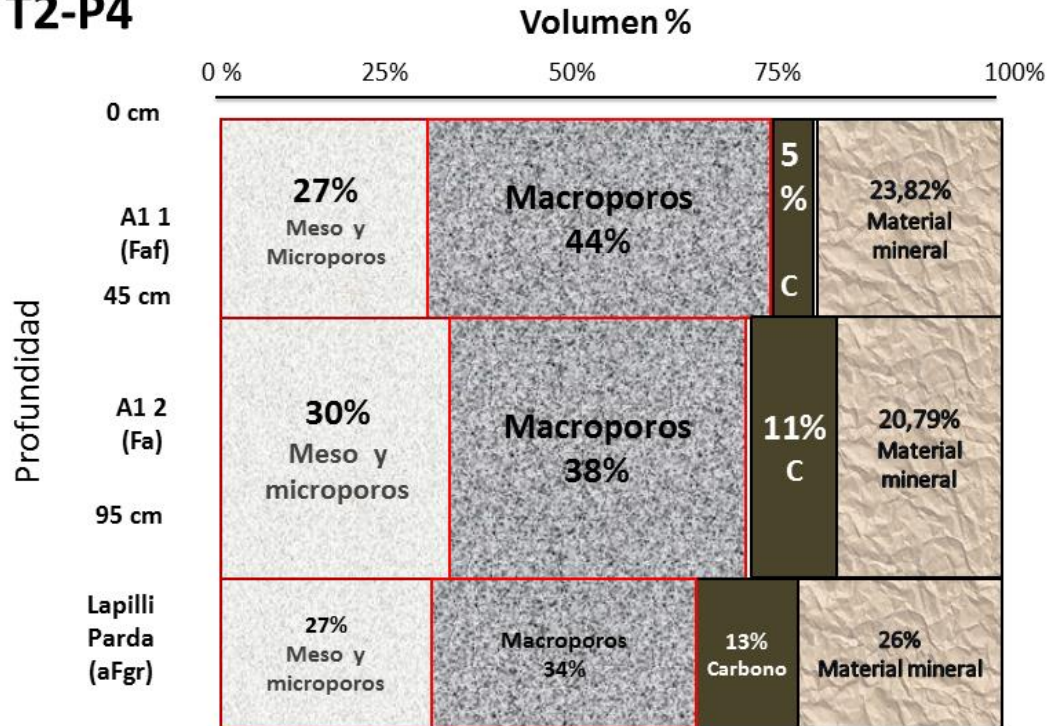


Figura 30: Transecta 2- Perfil 4 (Rosero, 2016)

## T2-P5

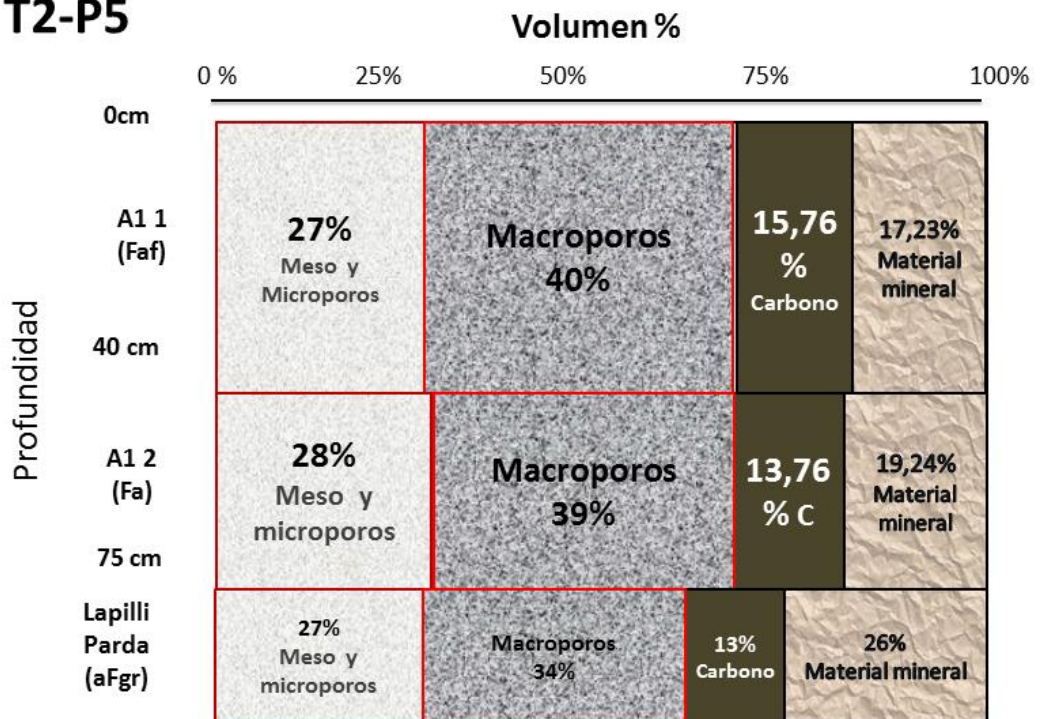


Figura 31: Transecta 2- Perfil 5 (Rosero, 2016)

### T3-P1

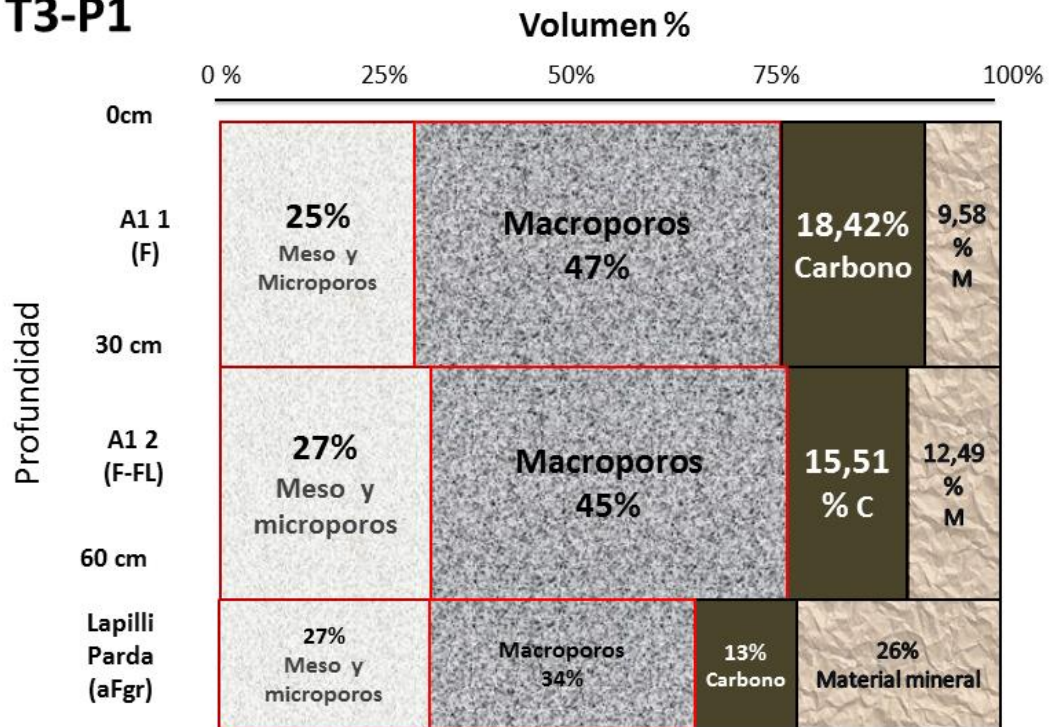


Figura 32: Transecta 3 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

### T3-P2

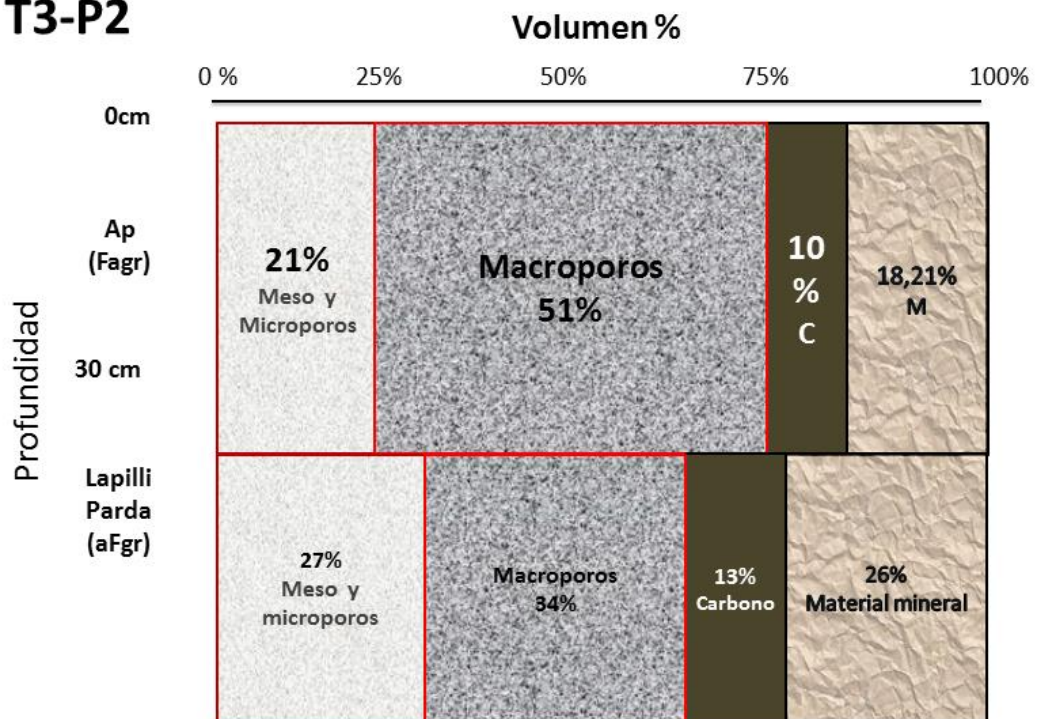


Figura 33: Transecta 3 - Perfil 2 (Rosero, 2016)



### T3-P3

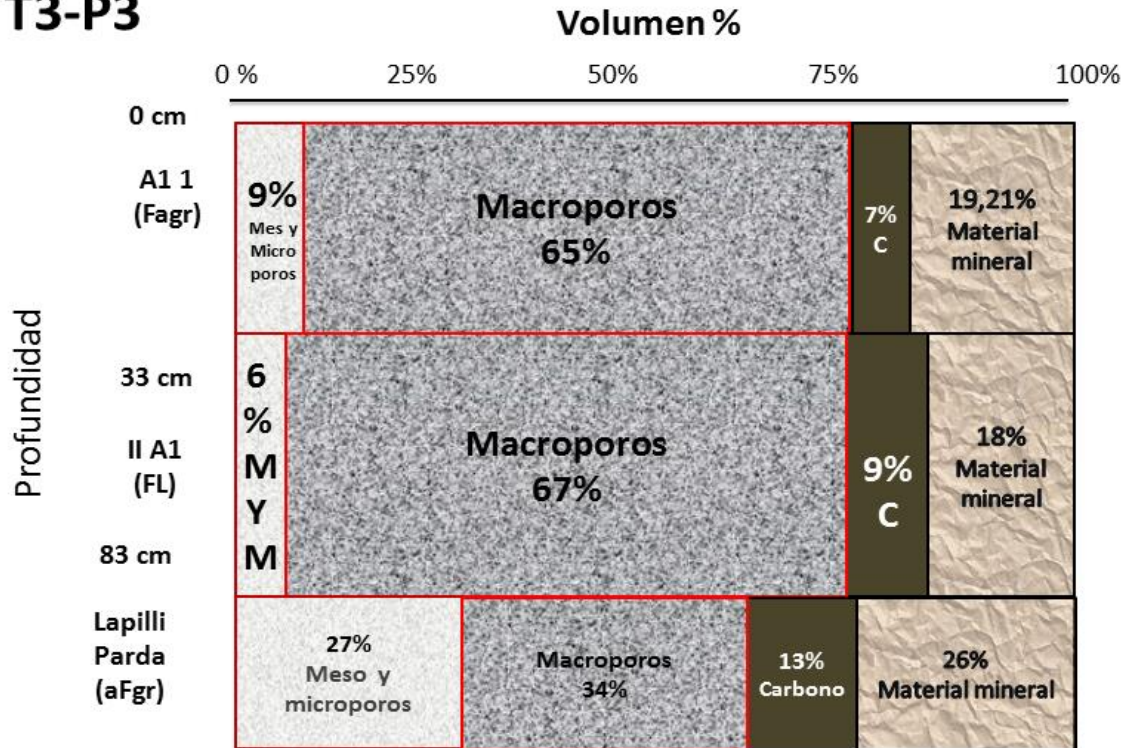


Figura 34: Transecta 3 - Perfil 3 (Rosero, 2016)

### T3-P4

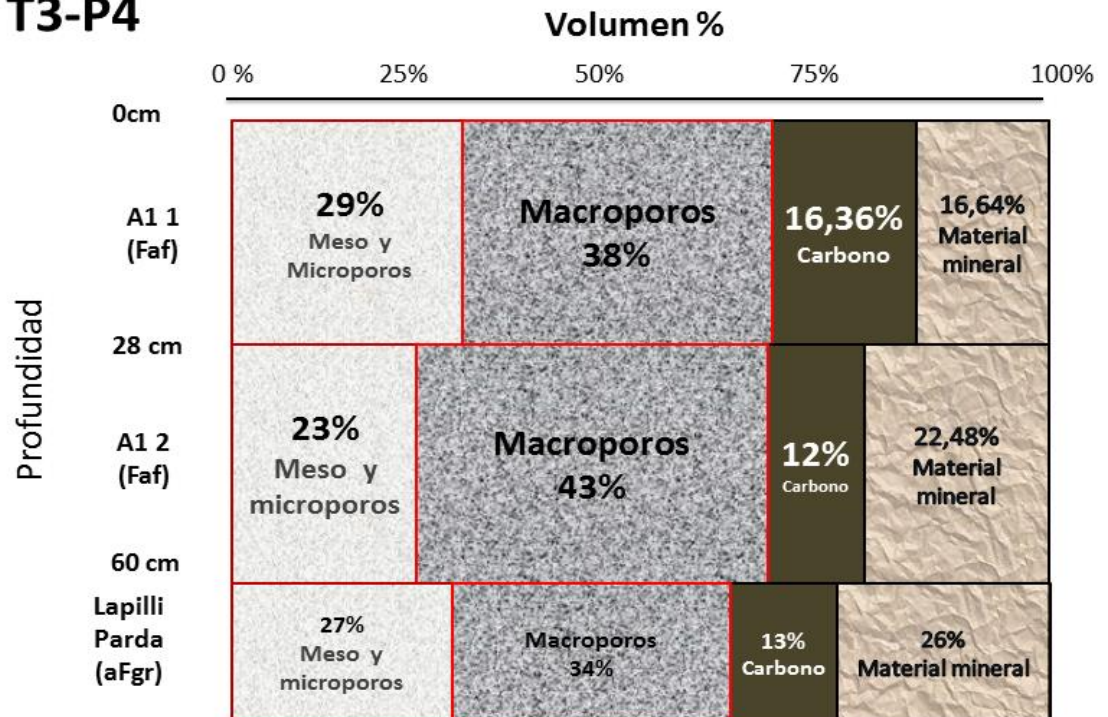


Figura 35: Transecta 3 - Perfil 4 (Rosero, 2016)

# T4-P1

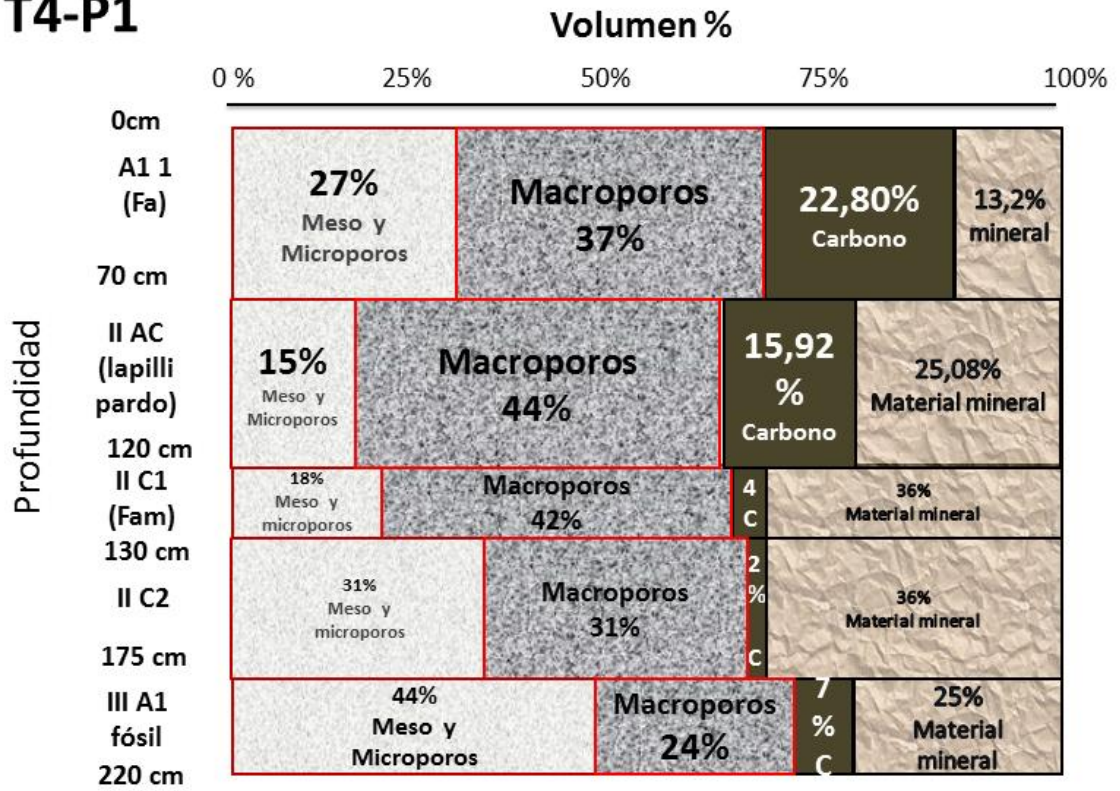


Figura 36: Transecta 4 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

# T4-P2

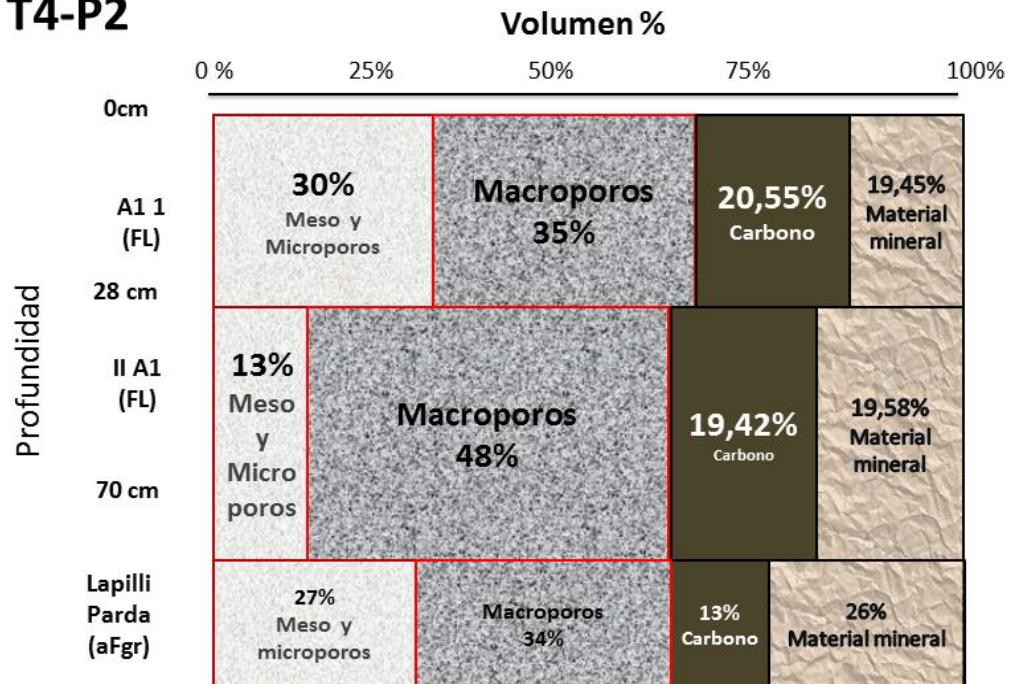


Figura 37: Transecta 4 - Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T5-P1

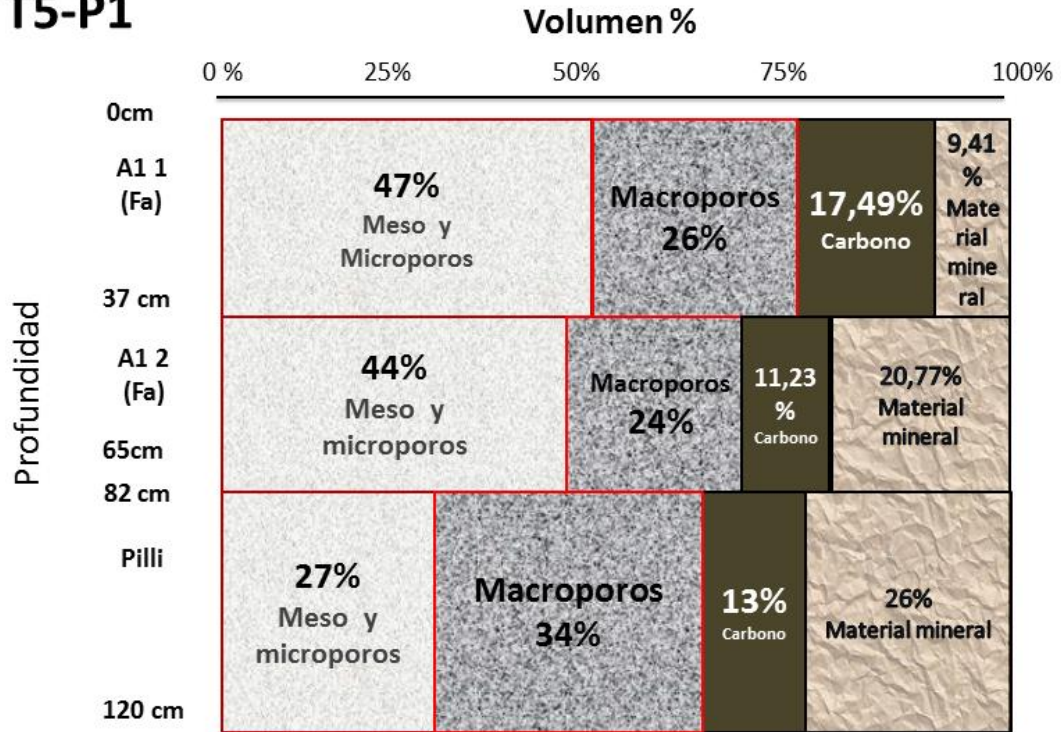


Figura 38: Transecta 5 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T5-P2

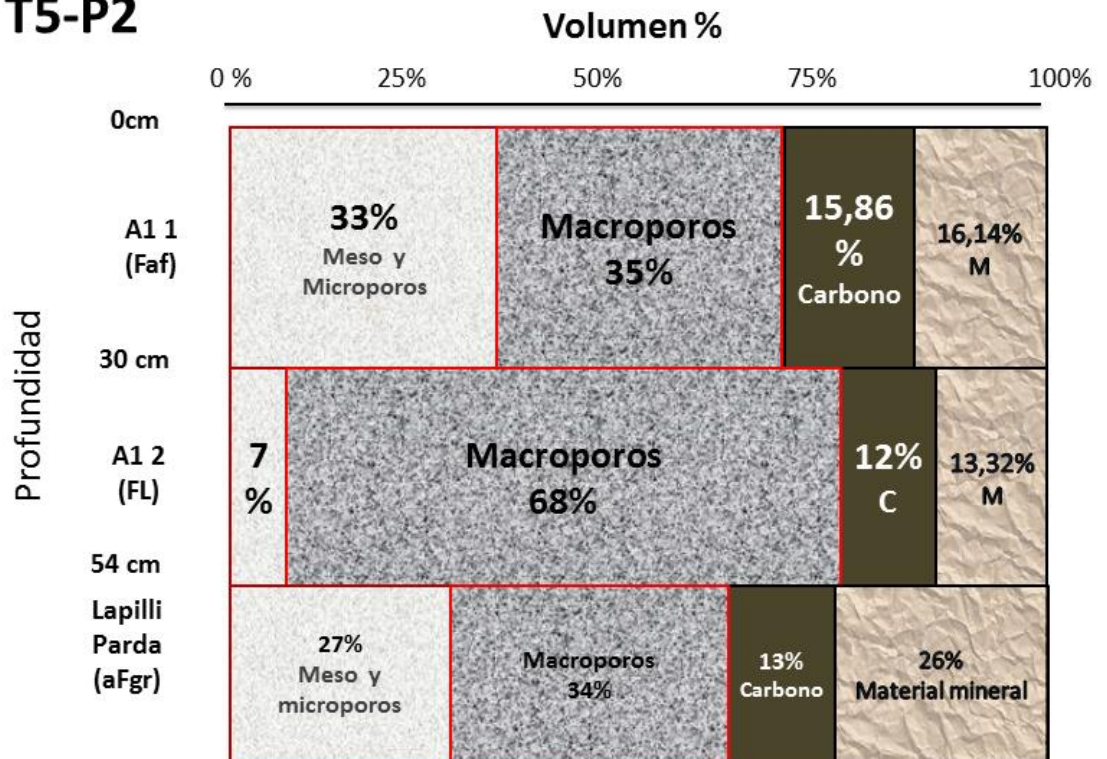


Figura 39: Transecta 5 - Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T5-P3

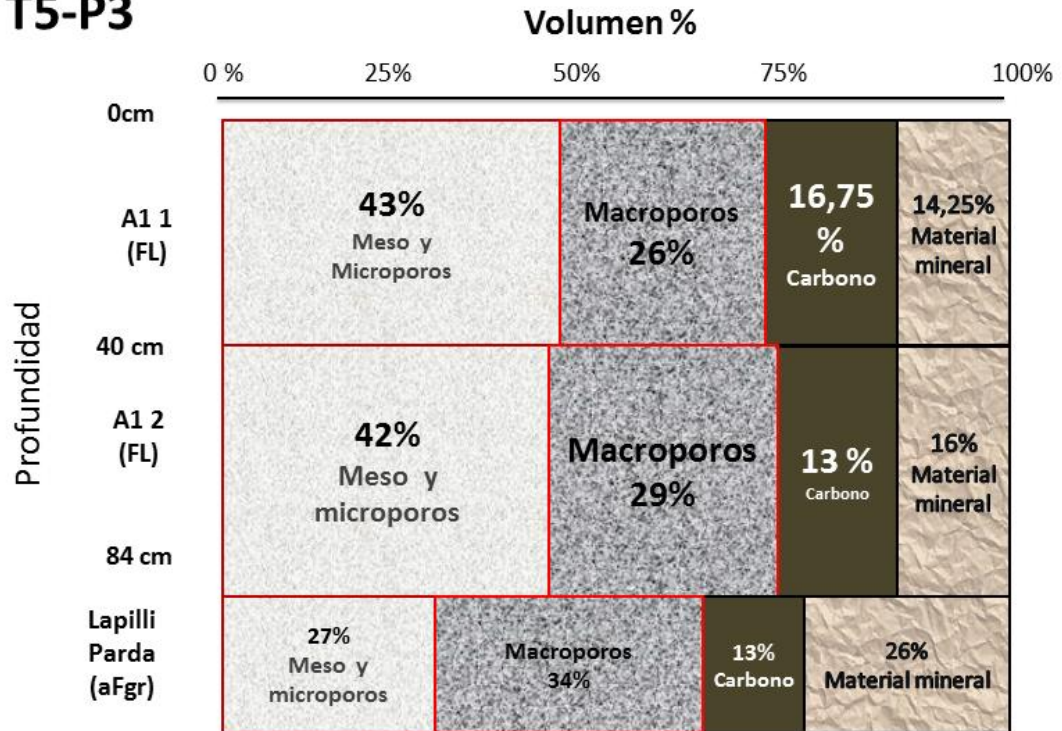


Figura 40: Transecta 5 - Perfil 3 (Rosero, 2016)

## T6-P1

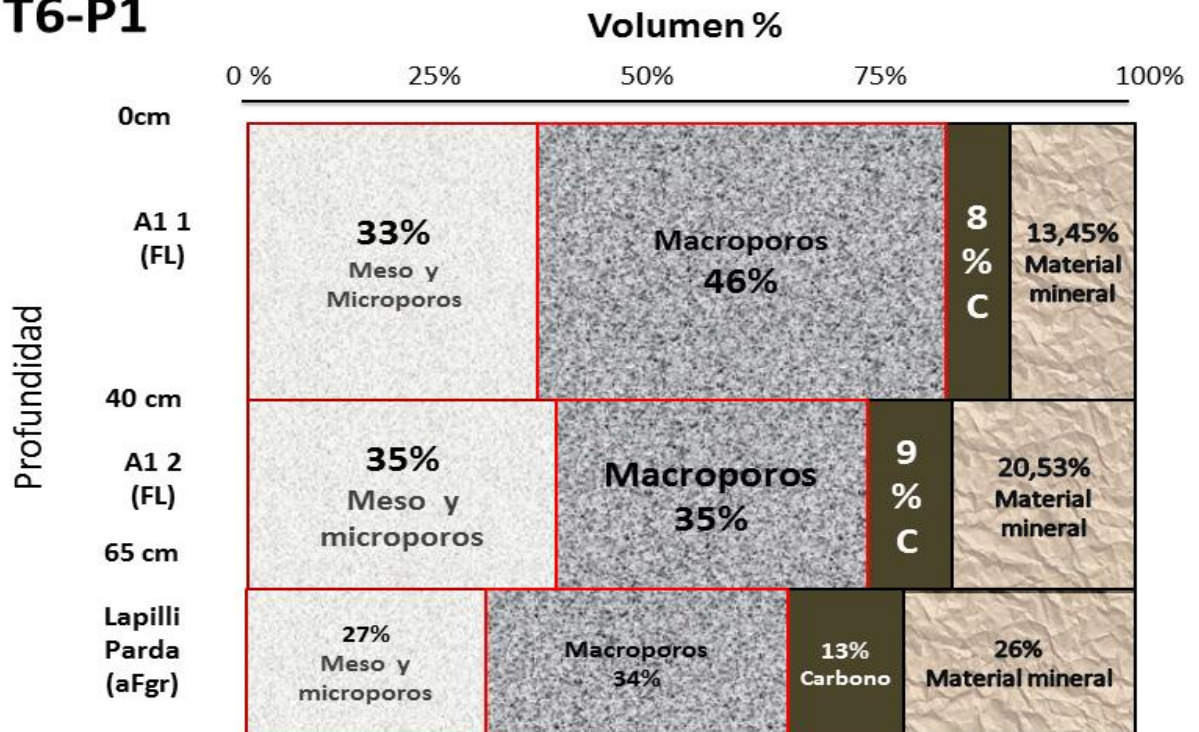


Figura 41: Transecta 6 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T6-P2

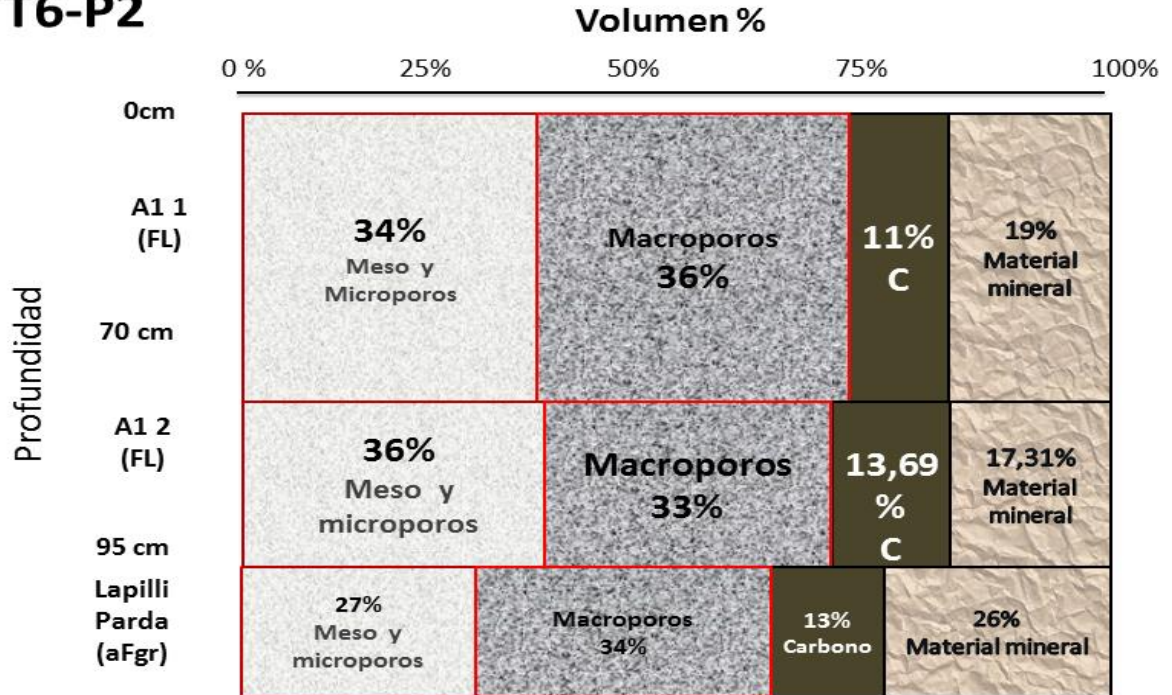


Figura 42: Transecta 6 - Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T6-P3

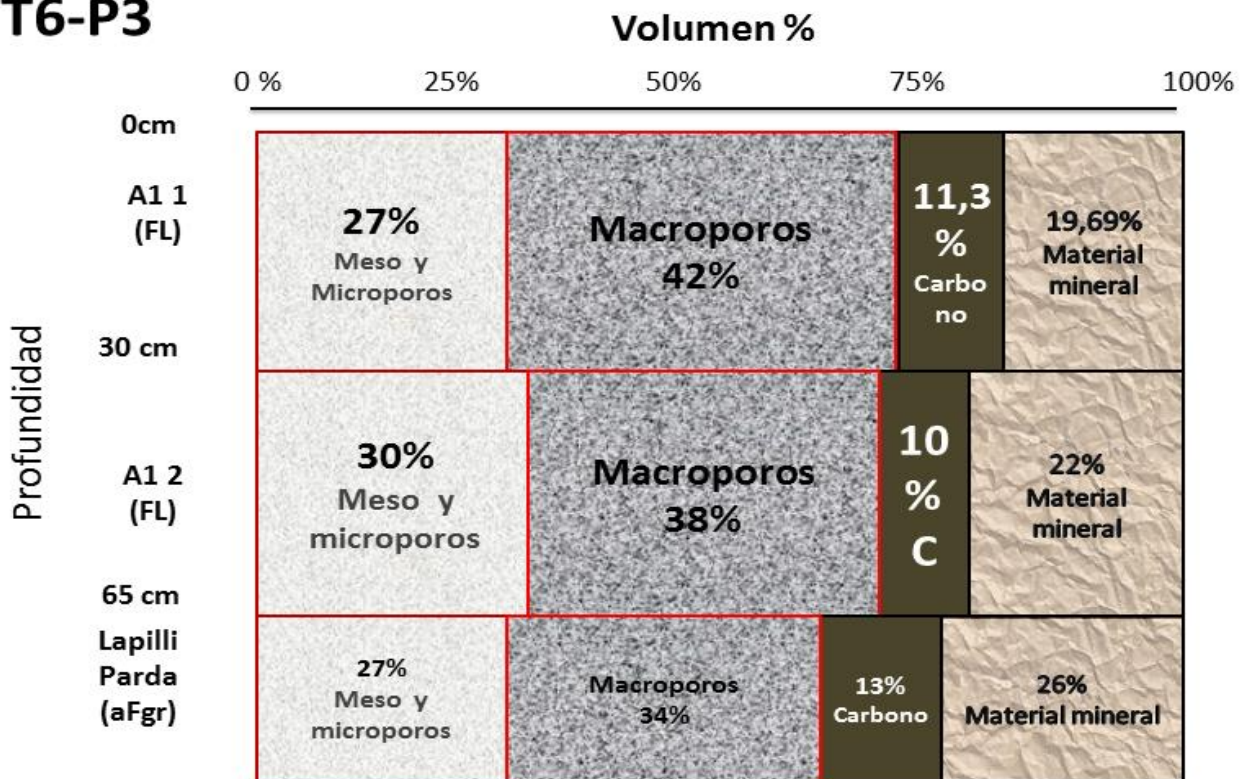


Figura 43: Transecta 6 - Perfil 3 (Rosero, 2016)

## T6-P4

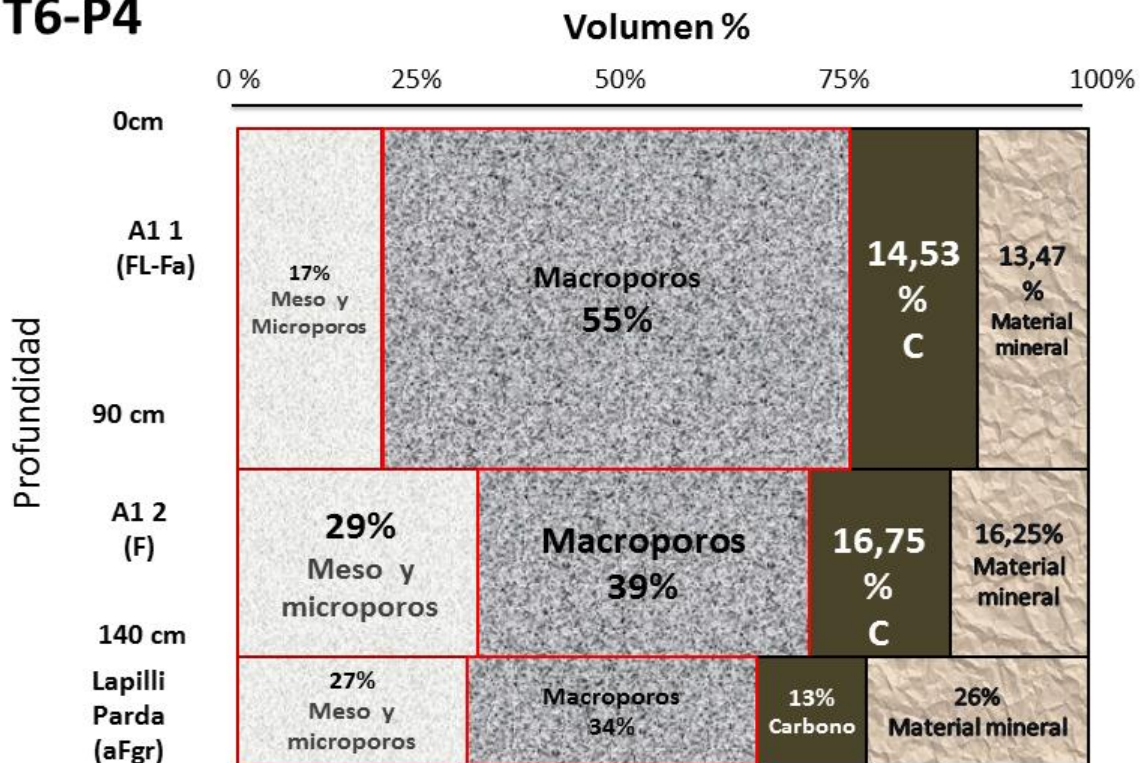


Figura 44: Transecta 6 - Perfil 4 (Rosero, 2016)

## T7-P1

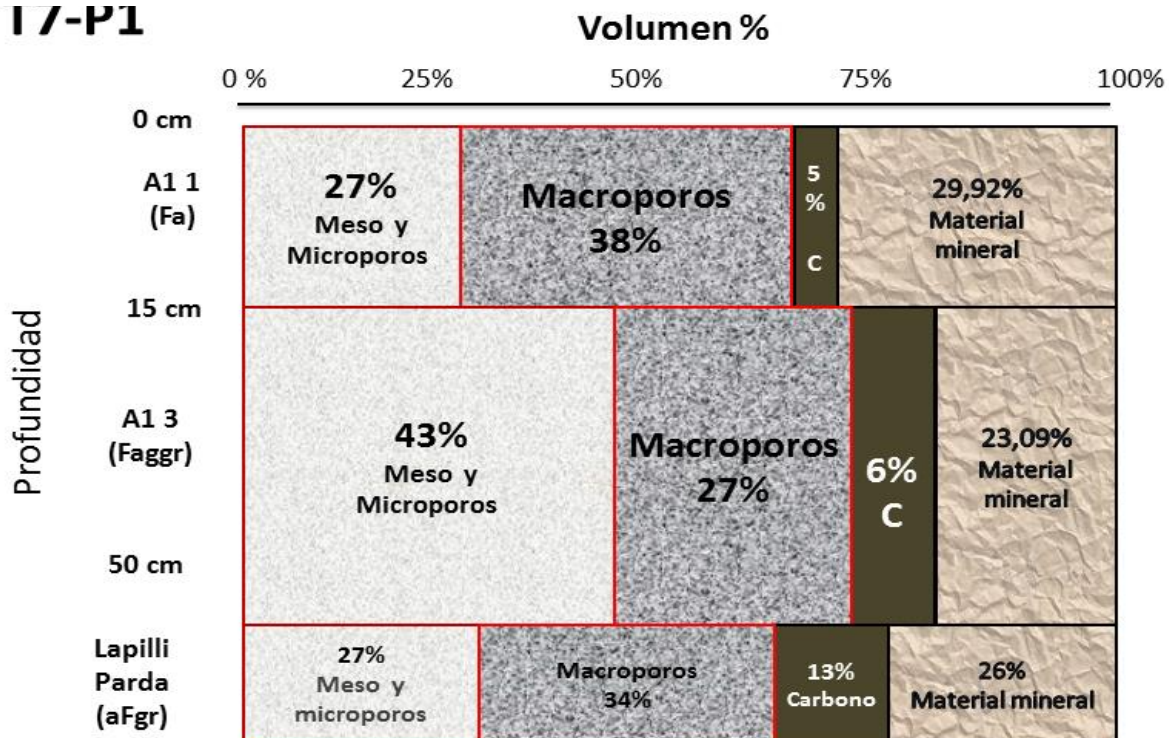


Figura 45: Transecta 7 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T7-P2

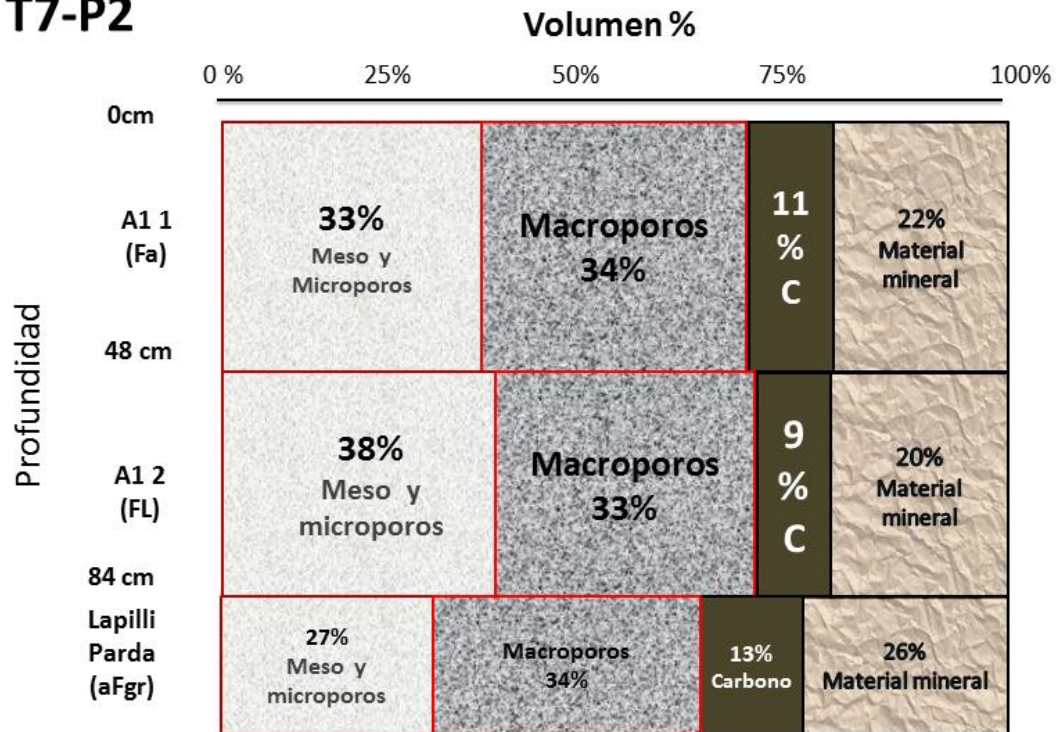


Figura 46: Transecta 7 - Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T7-P3

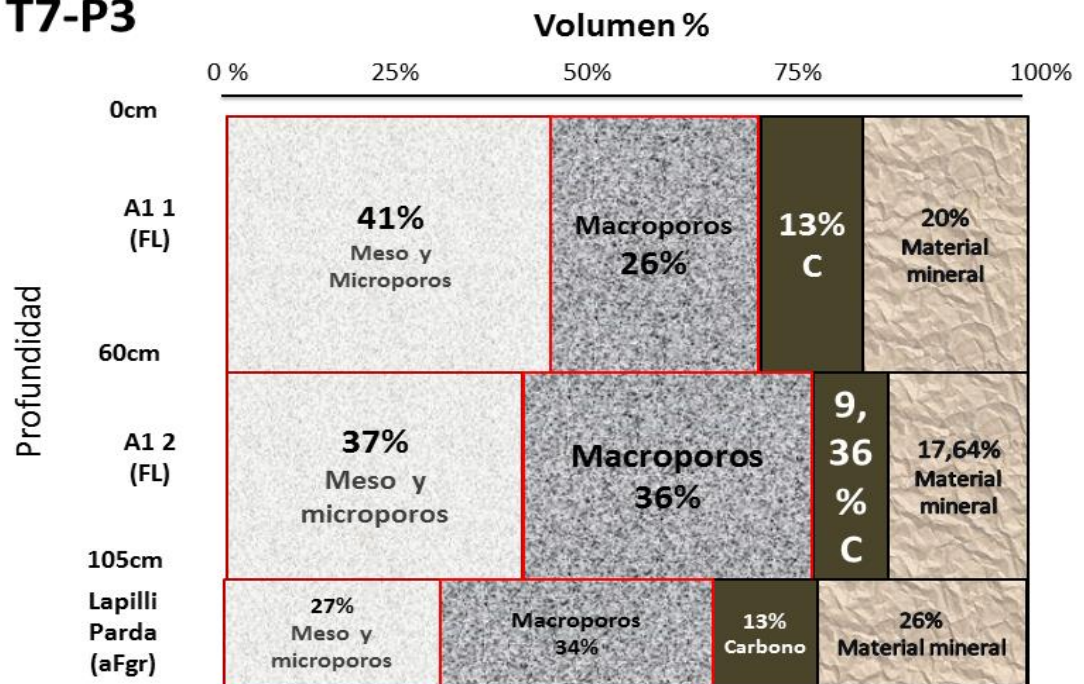


Figura 47: Transecta 7 - Perfil 3 (Rosero, 2016)

## T8-P1

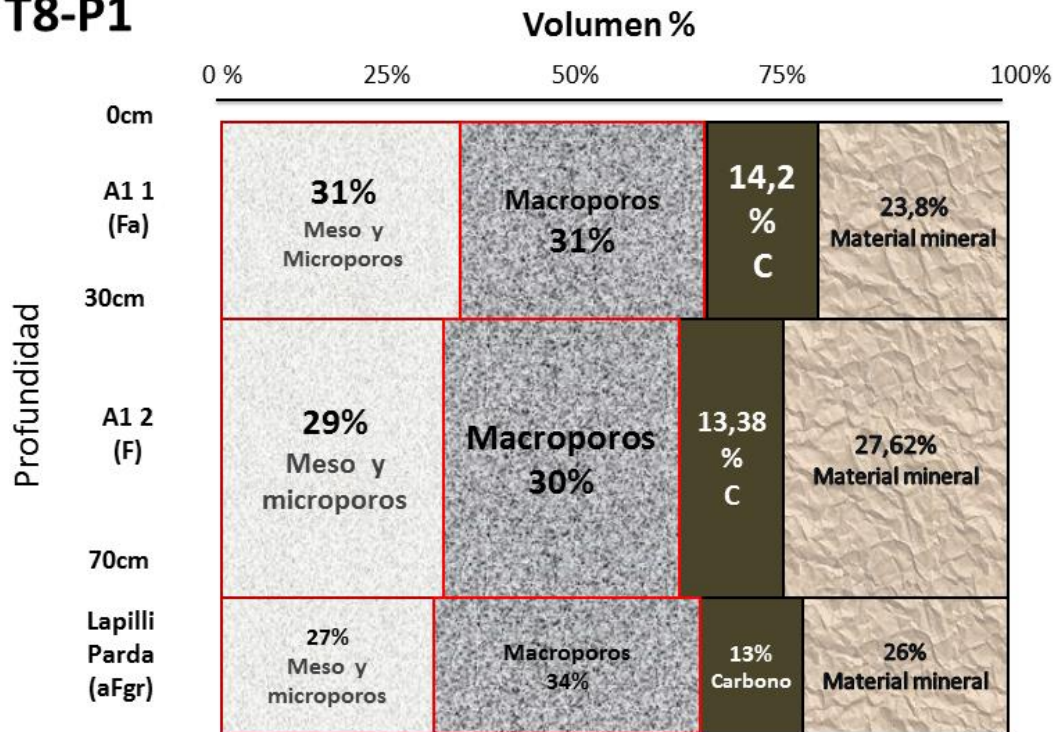


Figura 48: Transecta 8 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T8-P2

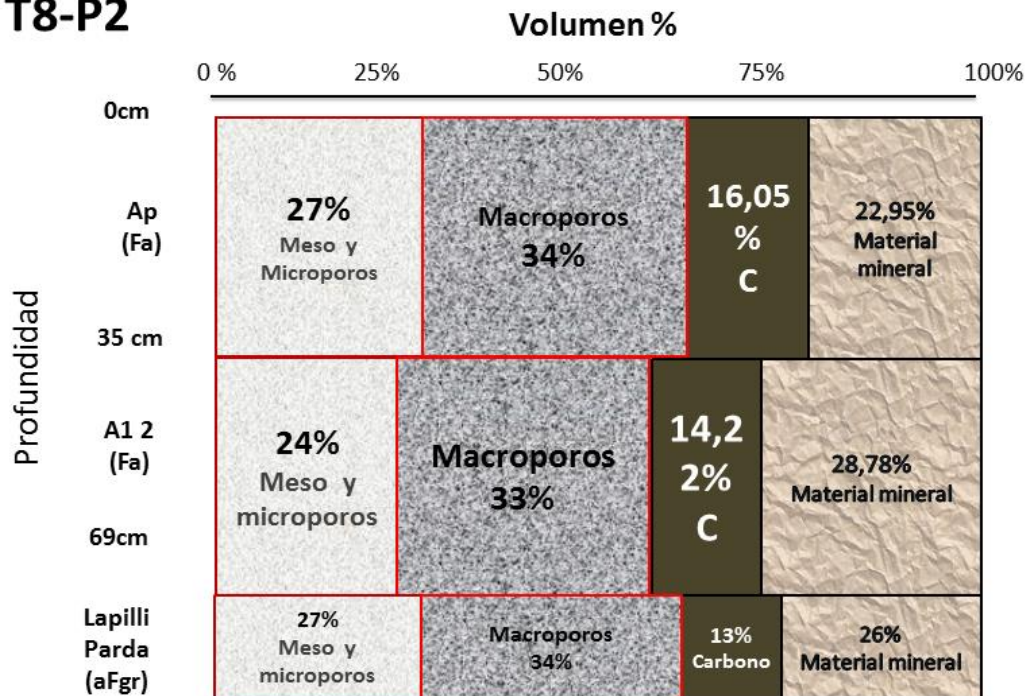


Figura 49: Transecta 8 - Perfil 2 (Rosero, 2016)



### T8-P3

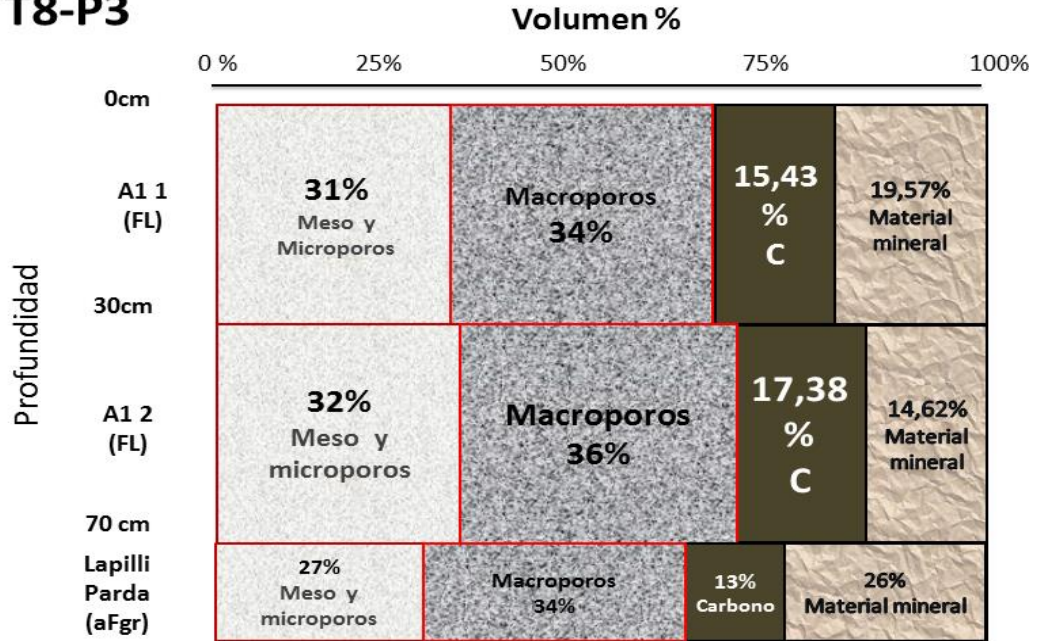


Figura 50: Transecta 8 - Perfil 3 (Rosero, 2016)

### T11-P1

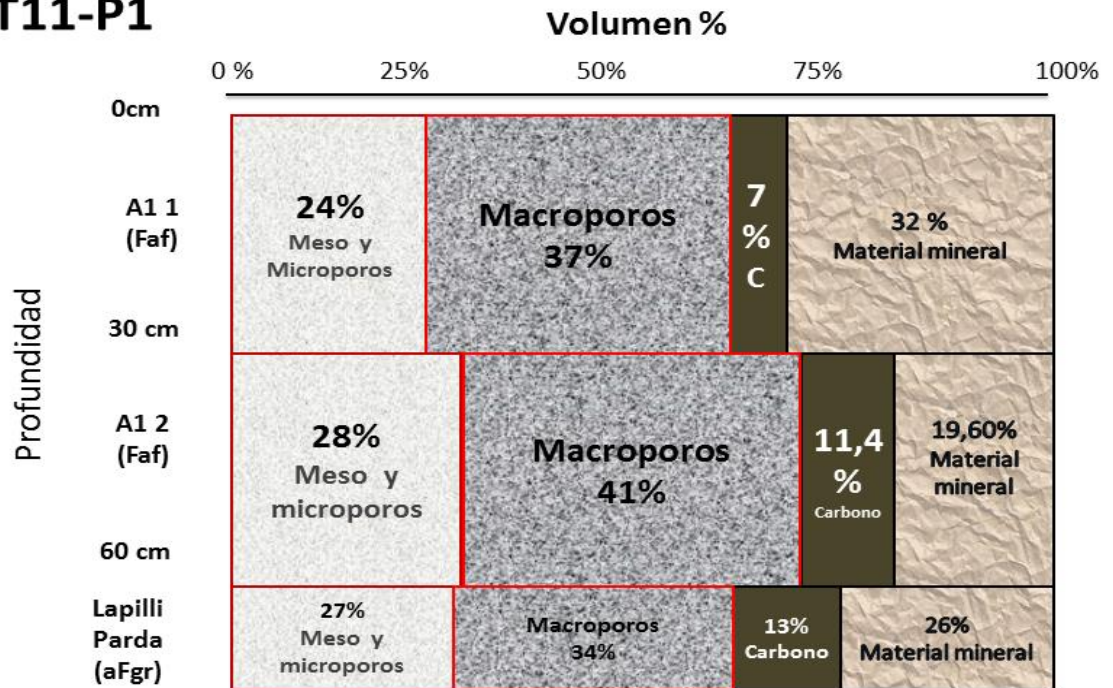


Figura 51: Transecta 11 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T11-P2

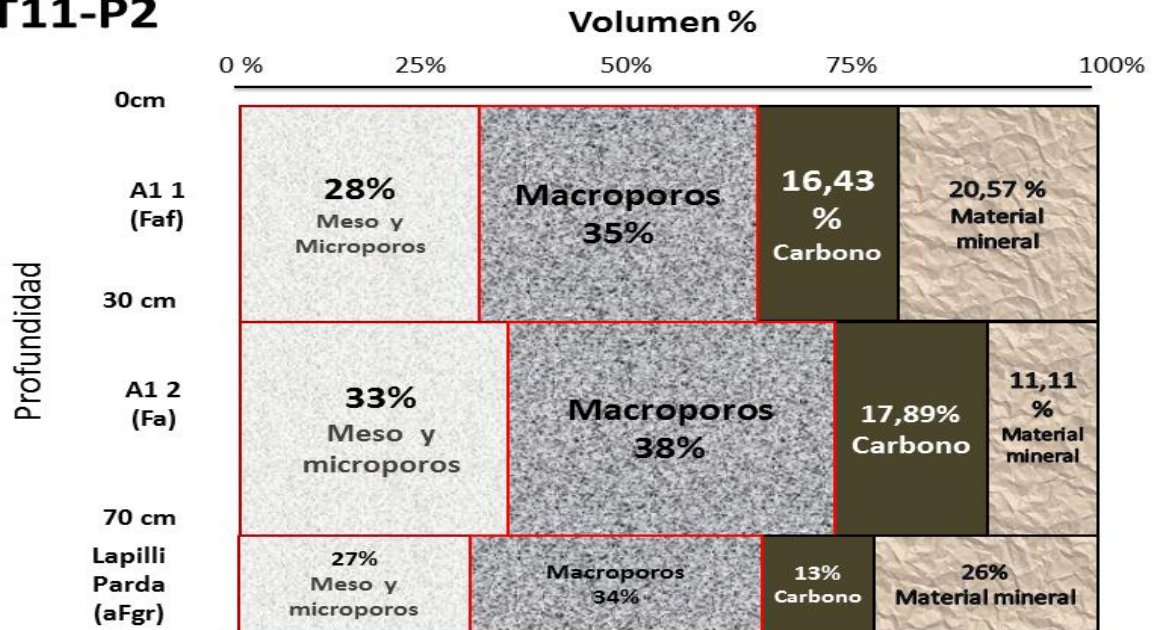


Figura 52: Transecta 11 - Perfil 2 (Rosero, 2016)

## T11-P3

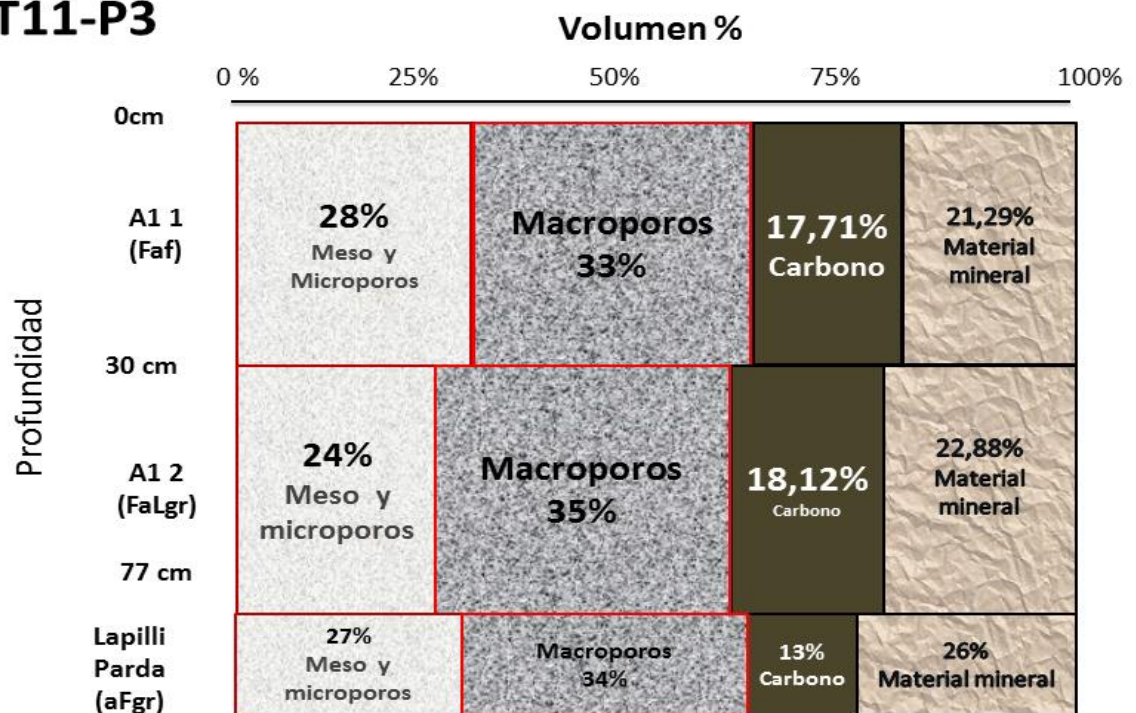


Figura 53: Transecta 11 - Perfil 3 (Rosero, 2016)

## T12-P1

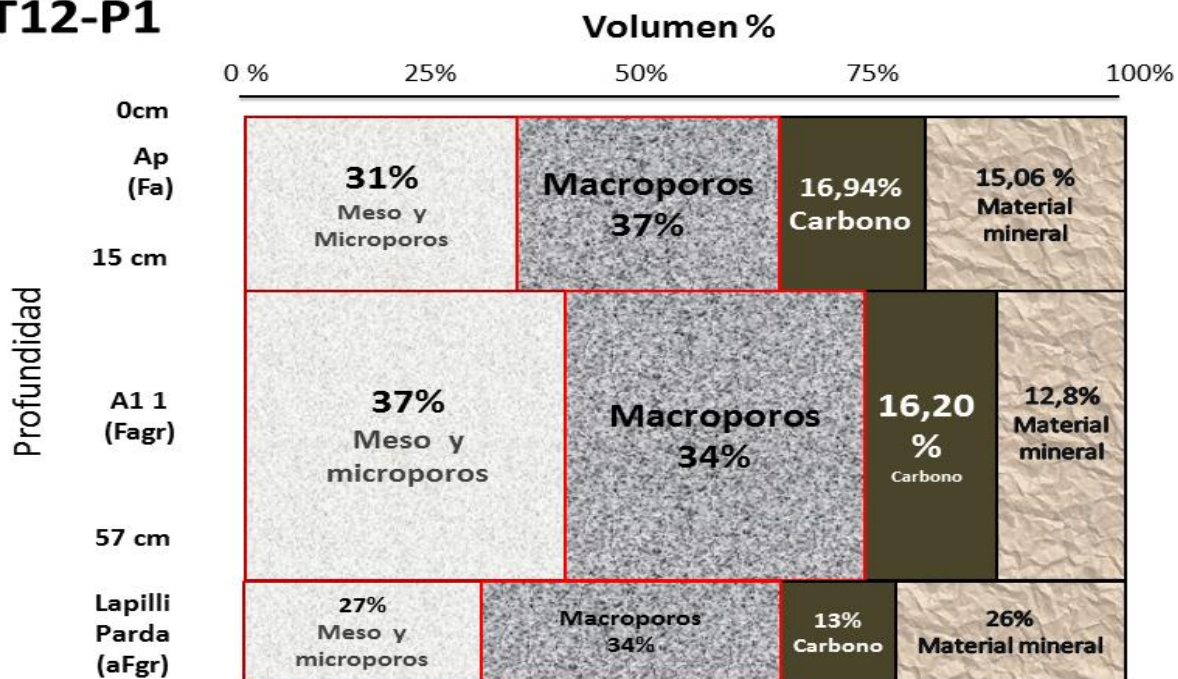


Figura 54: Transecta 12 - Perfil 1 (Rosero, 2016)

## T12-P2

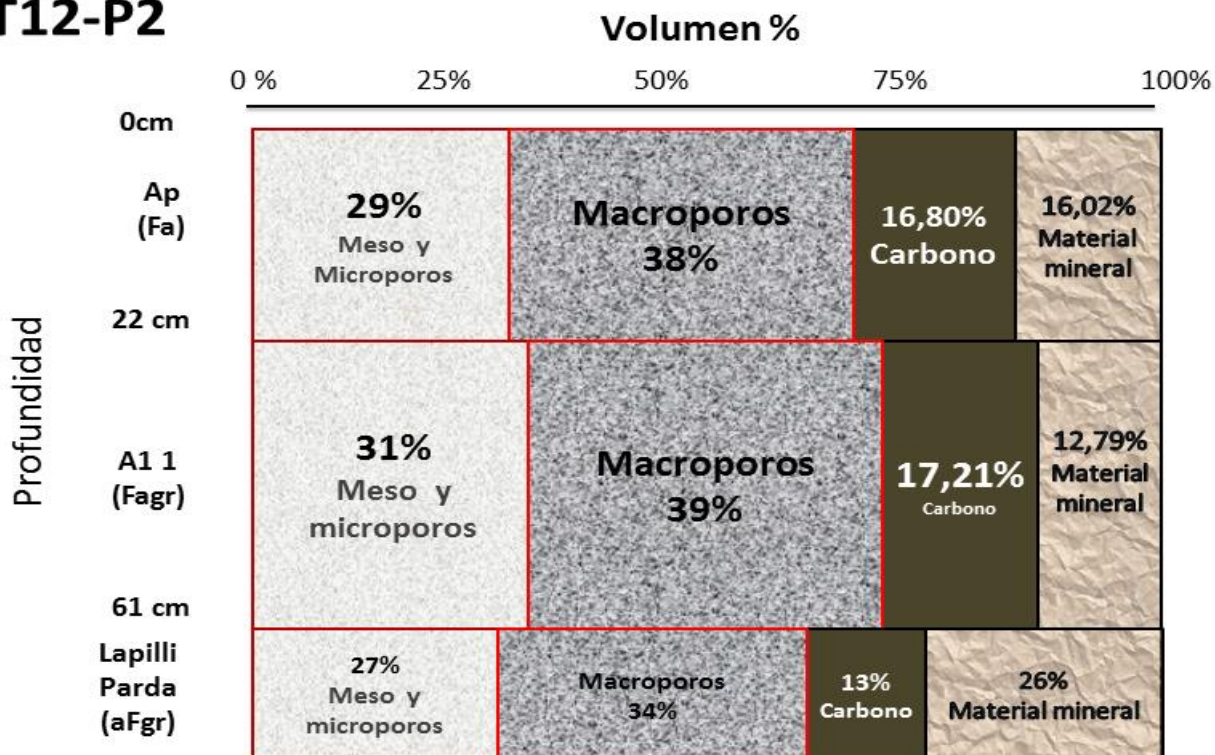


Figura 55: Transecta 12 - Perfil 2 (Rosero, 2016)

## 7.2. DESCRIPCIÓN DE PERFILES

Transecta 1, Azimut 320°

**Tabla 15:**

### Transecta 1 -Perfil 1:

En acumulación de material al borde de un canal de riego antiguo. Pendiente local 3,8°. Uso del suelo: cercado con árboles de lechero y polylepis.

| Horizonte    | Propiedades   | Densidad<br>Aparente<br>(Da) * | Carbono<br>(C%) | Macroporos<br>(Mporos) | Porosidad<br>Total (PT) | Capacidad<br>De campo<br>(CC) | pH   |
|--------------|---|--------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|------|
| A11<br>0-23  | Color pardo muy oscuro (7,5 YR 2.5/2), textura franco arenoso (10% arcilla, 40% limo, arena fina y gruesa 50%), 5-10% grava (cuarzo meteorizado y mica negra), estructura granular a migajosa, fina (2-3 mm), fuerte. Malla de raicillas de pasto.      | 0,73                           | 24,9            | 54                     | 70                      | 16                            | 6,40 |
| A12<br>23-50 | Color pardo muy oscuro (7,5 YR 3/2), Franco arenoso (5% arcilla, 30% limo, 65% arena fina y media), 10% de grava meteorizada; estructura migajosa, fina, moderadamente fuerte. Abundantes raíces finas, muy finas y medias.                             |                                |                 |                        |                         |                               |      |
| A13<br>50-78 | Color gris (7,5 YR 5/1), franco arenoso, friable; estructura granular, moderada; abundantes raicillas que perforan a los agregados-torriones.   | 0,65                           | 20              | 47                     | 73                      | 27                            | 5,88 |
| A14<br>78 +  | Color pardo oscuro (7,5 YR 3/2), franco arenoso, gravoso; estructura blocosa subangular, moderadamente fuerte; moderadamente compacto; reducción drástica de raíces (moderadamente abundantes con la presencia de una raíz gruesa vertical de lechero). |                                |                 |                        |                         |                               |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 16:**

**Transecta 1 - Perfil 2:** Pendiente local 16,8%. Terreno arado para plantación de tomate de árbol.

**TIPO DE SUELO: 2 a.** Fuertemente erosionado con pérdida de más de un tercio de su volumen original. Mezcla del horizonte A1 y el AC subyacente por efecto del arado.

| Horizonte         | Propiedades  | Da   | C%   | Macro | PT | CC | pH   |
|-------------------|--|------|------|-------|----|----|------|
| Ap.<br>0-45 cm    | Color negro (10 YR 2/1), textura franco arenosa en 80% del horizonte, areno francosa en el resto, 10% grava fina (pómez). Horizonte moderadamente compacto, estructura blocosa subangular, parcialmente migajosa y moderadamente débil, los agregados se encuentran en terrones coherentes en el 70 % del volumen; raíces finas moderadamente abundantes. Horizonte conformado por material propio del A1 mezclado con lapilli subyacente (AC) por pases de arado. | 1,04 | 14,4 | 35    | 57 | 20 | 6,01 |
| II AC<br>45-67 cm | Color pardo muy pálido (10 YR 7/3), textura areno gravosa (15% grava pómez muy meteorizada) abundancia de mica negra, mica blanca, cuarzo traslucido; raíces pocas.  | 1,14 | 12,9 | 29    | 57 | 29 | 5,94 |
| II C<br>67-80 cm  | Color blanco (10 YR 8/1), textura areno gravosa (arena media y gruesa menor que la grava en 5%), sin raíces. Abundancia de mica negra y cuarzo.  |      |      |       |    |    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 17:**

**Transecta 1 -Perfil 3:** ladera empinada con terrazas (1,3 m ancho); pendiente local 79%. Antigua siembra de mora, actualmente pasto y malezas.

**TIPO DE SUELO 2B:** extremadamente erosionado, pérdida de más del 50% del volumen del A1.

| Horizonte  | Propiedades  | Da   | C%   | Macro | PT | CC | pH   |
|--|--|------|------|-------|----|----|------|
| A11<br>0-30 cm   | Color negro (10 YR 2/1), franco limoso (arcilla 15%, limo 45%, arena 40%), estructura granular, moderada; suelo húmedo, raíces finas y medias abundantes.  | 0,88 | 29,6 | 39    | 64 | 26 | 5,70 |
| A12<br>30-52 cm  | Color negro (10 YR 2/1), franco arenoso gravoso, 10% grava pómez muy meteorizada (lapilli) por mezcla de materiales de A1 y AC; ligeramente compacto, estructura granular. Raíces moderadamente abundantes.                          | 0,98 | 25,9 | 33    | 60 | 27 | 5,40 |
| II AC<br>52-76 cm<br>Lapilli<br>infiltrado<br>por humus<br>en bandas | Color 7.5 YR 7/6 (amarillo rojizo), textura areno francoso, gravoso, abundante cuarzo, mica negra y blanca, estructura granular ligeramente coherente, raíces finas frecuentes. Cuatro bandas de humus de dos milímetros de espesor, |      |      |       |    |    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 18:**

**Transecta 1 -Perfil 4: Camino hacia el establo, Tipo de suelo 2b**

| Horizonte                  | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|----------------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1<br>0-15 cm              | Color negro (10 YR 2/1), textura suelo franco limoso (limo en un 40 %, arcilla 15% y arena con un 35%), estructura granular, Raíces finas y muy finas y medias abundantes.    |      |         |            |                 |                    |      |
| IIAC (Lapilli)<br>25-37 cm | Textura Arenoso medio grueso gravoso 25 % de grava (lapilli) raíces pocas muy finas, finas.   |      |         |            |                 |                    |      |
| III A1 (Fósil)<br>37-52cm  | Textura franco arcilloso.   | 0,98 | 13,9    | 40         | 58              | 18                 | 6,18 |
| III AB<br>52-172 cm        | Color pardo muy pálido (10 YR 7/3), textura areno gravosa (15% grava pómez muy meteorizada) abundancia de mica negra, mica blanca, cuarzo traslucido, raíces pocas.           |      |         |            |                 |                    |      |
| IV A1 Fósil<br>172-195 cm  | Color negro (10 YR 2/1), textura franco (10 % de grava poco meteorizada y muy meteorizada es una mezcla), (material colubiado), Moderadamente compacto moderadamente friable. | 0,93 | 15,75   | 26,25      | 62              | 38                 | 6,01 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 19:**

**Transecta 1-Perfil 5:** Pendiente general 79%, pendiente local 75%, pastizal kikuyo, bien desarrollado de 30 a 40 cm de alto, con una malla de raicillas superficiales de 5 cm de espesor (protección al suelo).

**Tipo de suelo 3a** de acumulación en pendiente fuerte

| Horizonte          | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|--------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A11<br>0-30 cm     | Color de suelo pardo muy oscuro (10 YR 2/2), textura franco arcillo limoso, estructura granular contiene 4% de grava de 2 a 3 mm, puntos brillantes de minerales primarios, ligeramente compacto, raíces finas muy finas abundantes. | 0,72 | 15,2    | 42         | 70              | 29                 | 6,07 |
| A1.2<br>30-73 cm   | Textura suelo franco, estructura fuerte bloques subangular cohesión en terrenos, Moderadamente compacto abundantes granos finos de cuarzo limpios, raíces finas muy finas y medianas hasta 3 ml de grosor.                           |      |         |            |                 |                    |      |
| A1.3<br>73-120 cm  | Color de suelo negro (7.5 YR 2.5/1), textura franco arenosa, Raíces muy finas moderadamente abundantes.  | 0,83 | 8,8     | 41         | 66              | 24                 | 5,64 |
| A1.4<br>120-162 cm | Color de suelo negro (10 YR 2/1), textura franco arenoso (Compuesto por 15% de arcilla, 45% de arena fina y media, 5 % de grava) granos de cuarzo limpios, a partir de 1.40 se observa moteado de color pardo oscuro (10 YR 2/2).    |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)



**Tabla 20:**

**Transecta 1-Perfil 6:** Pendiente local 68%, uso del suelo pastizal kikuyo, bien desarrollado de 30 a 40 cm de alto para ganadería, **Tipo de suelo 3a.**

| Horizonte               | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-------------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ap.<br>0-20 cm          | Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2), textura franco, 10 % de grava moderadamente dura estructura blocosa subangular fina media moradamente fuerte, agregados coherentes ligeramente compactos, granos de cuarzo y mica negra abundantes fino moderadamente friable, malla muy densa de raicillas de 0 -8 cm | 0,72 | 18      | 42         | 71              | 29                 | 5,54 |
| A1<br>20-60 cm          | Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2) suelo franco, 5% de grava muy meteorizada, estructura blocosa subangular fina moderada, gránulos de cuarzo limpios abundantes. Suelo ligeramente compacto raíces finas muy finas abundantes   |      |         |            |                 |                    |      |
| II A1 fósil<br>60-95 cm | Color negro (10 YR 2/1), textura franco (10 % de grava poco meteorizada y muy meteorizada es una mezcla), (material colubiado), Moderadamente compacto moderadamente friable.  | 0,83 | 14,2    | 41         | 66              | 24                 | 5,30 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 21:**

**Transecta 1-Perfil 7:** pendiente local 6%, uso del suelo pastizal kikuyo poco desarrollado para ganado, **Tipo de suelo 4.**

| Horizonte             | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-----------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| AP<br>0-12 cm         | Color negro (7,5 YR 2,5/1) segundo color moteado café fuerte (7,5 YR 5/8), malla de raíces muy densa suelo franco arenoso, fondo de baya, agregados blocosa angular, grava muy meteorizada blocosa angular fina media moderada, suelo moderadamente compacto. | 0,67 | 11,4    | 48         | 72              | 24                 | 6,05 |
| AB-1<br>12-40 cm      | Suelo franco arenoso, partes del suelo rojizas en 30 % y negro en 60% y 10 % pardo, estructura blocosa angular tiene gránulos abundantes finos suaves (lapilli muy meteorizada) moderadamente compacto y friable, raíces abundantes finas y muy finas.        |      |         |            |                 |                    |      |
| AB-2<br>40-82 cm      | Color negro (7.5 YR 2.5/1) segundo color rojizo (2,5 YR 3/6) grava muy meteorizada parda oscuro (7.5 YR3/4), suelo franco arenoso, Estructura débil compacta pardo en 70 % y 30% negro, raíces abundantes con abundantes gránulos finos muy meteorizados.     | 0,69 | 7,15    | 48         | 71              | 24                 | 5,50 |
| II A1<br>Fósil<br>+82 | Color negro (10 YR 2/1) textura franco arcillosa, la estructura blocosa angular ligeramente coherente friable, nódulos de 1 cm suaves de manganeso y de óxido de hierro color anaranjado  |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

## Transecta 2 Azimut 305°

**Tabla 22:**

**Transecta 2-Perfil 1:** pendiente 36.5% y uso: cultivo de pastos para ganado lechero, Tipo de suelo 2 a.

| Horizonte                | Propiedades   | Densidad Aparente | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|--------------------------|---|-------------------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ap.<br>0-10 cm           | Color pardo grisáceo oscuro en 60 % (10 YR 4/2), pardo fuerte en un 5% (5yR 5/6) pardo pálido en 35% (10 YR 6/3), material de A1 y BC mezclado, acumulación de sustancias orgánicas hacia la base del horizonte, textura suelo arenoso francoso (grueso gravoso) (8% de arcilla, arena en 70%, 20% limo, abundante mica límite caro y plano con BC, estructura débil blocosa granular contiene 8% de grava, moderadamente compacto raíces muy finas abundantes, medias pocas. | 0,63              | 16      | 63         | 75              | 22                 | 6,01 |
| AC<br>10-40 cm           | Textura Arenoso grueso gravoso, identificación de minerales primarios (mica negra, mica blanca y cuarzo) el material gravoso la Pili se encuentra muy meteorizada menos de 1 cm, estructura granos sueltos con un límite irregular, raíces muy finas frecuentes hasta 25 cm muy pocas hacia abajo.  |                   |         |            |                 |                    |      |
| C<br>40-60 cm            | Casi saturado macro poros lapilli.  |                   |         |            |                 |                    |      |
| II A1<br>(fósil)<br>60-x | Color pardo grisáceo oscuro (10 YR 3/2), suelo franco limoso, estructura migajosa subangular fina, presencia de pedotubulos de antiguas raíces, raíces muy finas pocas moderadamente compacto saturado.   | 0,63              | 4,8     | 23         | 71              | 17                 | 6,20 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 23:**

**Transecta 2-Perfil 2:** pendiente local 53%, uso: cultivo de pastos para ganado lechero, **tipo de suelo 3a.**

| Horizonte                           | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-------------------------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-38 cm                     | Color negro (10 YR 2/1), suelo franco arenoso, Las raicillas del pasto perforan los terrones compactados (30 %, de limo ,40% de arena fina y media Arcila en 10%), el límite es difuso plano. Estructura granular fina muy fina moderadamente fuerte, moderadamente compacto, raíces muy abundantes finas, muy finas y medias | 0,89 | 13,2    | 38         | 63              | 26                 | 6,20 |
| A1-2<br>38-52 cm                    | Color pardo oscuro (10 YR 3/1), suelo franco arenoso , 2% de grava es muy abundante en mica negra y blanca y cuarzo estructura débil blocosa subangular, raíces moderadamente abundantes finas y muy finas  |      |         |            |                 |                    |      |
| A1-3<br>52-100 cm                   | Color negro (7,5 YR 2,5/1) suelo franco arenoso a partir de 70 cm rara cantidad de raíz, estructura granular muy débil, presencia de nódulos de hierro. Moderadamente compacto raíces muy finas medianas pocas.   | 0,72 | 15,9    | 49         | 71              | 21                 | 6,10 |
| AC<br>(lapilli pardo)<br>100-145 cm | Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm de espesor distintos en el horizonte, 5% de arcilla suelo franco areno grueso gravoso, estructura granular saturado.  |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 24:**

**Transecta 2-Perfil 3:** Pendiente local 19,6%, uso: cultivo de pastos para ganado lechero. **Tipo de suelo 3b.**

| Horizonte          | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|--------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-36 cm    | Color pardo oscuro (10 YR 2/2), textura franco arenoso (arena fina en 50% limo 40%), estructura granular débil, moderadamente compacto, raíces abundantes finas muy finas y medias   | 0,61 | 22,2    | 57         | 75              | 18                 | 6,11 |
| A1-2<br>36-75 cm   | Color gris muy oscuro (10 YR3/1) suelo franco arenoso, estructura blocosa suelo ligeramente compacto raíces moderadamente abundantes finas muy finas.  |      |         |            |                 |                    |      |
| II A1<br>75-220 cm | Color negro (10 YR 2/1) suelo franco limoso estructura blocosa subangular fina muy débil raíces poco abundantes  | 0,74 | 18,3    | 56         | 70              | 14                 | 6,12 |
| AC<br>220-238 cm   | Color pardo grisáceo (10 YR 3/2) textura suelo franco arenoso (15% de limo, 15% arcilla y 70 % de arena fina y media) estructura masiva donde no hay agregados se observa gránulos de mica, el resto de minerales muy meteorizados (lapilli enriquecida en humus). |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 25:****Transecta 2-Perfil 4:** pendiente 38%, cultivo de pastos para ganado lechero, **Tipo de suelo 3a.**

| Horizonte          | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|--------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-45 cm    | Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2), textura (arena fina en 50% limo 40%) suelo franco arenoso, estructura granular moderadamente compacto y débil, raíces muy abundantes finas muy finas y medias. | 0,72 | 7,2     | 44         | 71              | 28                 | 5,78 |
| A1-2<br>45-95 cm   | Color gris oscuro (10 YR 3/1), estructura blocosa muy fina, suelo franco arenoso, suelo ligeramente compacto, raíces moderadamente abundantes finas muy finas.                                     | 0,79 | 14,2    | 38         | 68              | 34                 | 5,44 |
| II A1-3<br>95-x cm | Color negro (10 YR 2/1) suelo franco limoso, estructura blocosa subangular fina muy débil, raíces poco abundantes  |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 26:**

**Transecta 2-Perfil 5:** pendiente 16%, fondo del valle, cultivo de pastos para ganado lechero, **Tipo de suelo 3b.**

| Horizonte        | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-40cm   | Color pardo oscuro (10 YR 2/2); textura franco arenoso (arena fina 50%, limo 40%, arcilla 10%); estructura granular fina, moderadamente débil, moderadamente compacto; raíces muy abundantes, finas y muy finas y medias. | 0,81 | 19,46   | 40         | 67              | 27                 | 6,01 |
| A1-2<br>40-75 cm | Color gris oscuro (10 YR3/1), suelo franco arenoso, estructura blocosa. suelo ligeramente compacto, raíces moderadamente abundantes finas muy finas   | 0,80 | 17,2    | 39         | 67              | 29                 | 6,34 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

### Transecta 3

**Tabla 27:**

**Transecta 3-Perfil 1:** pendiente local 4%, uso cultivo de maíz, **suelo tipo 1.**

| Horizonte         | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-30 cm   | Color negro (10YR 2/1) suelo franco (50% arena fina y media ,20% de limo, 10% de arcilla), partículas de mica negra y cuarzo moderadamente abundantes, no tiene grava Horizonte muy poroso. Estructura granular fina, raíces finas y muy finas abundantes. | 0,69 | 26,7    | 47         | 72              | 25                 | 5,80 |
| A1-2<br>30-60 cm  | Color negro (10YR 2/1) suelo de franco a franco limoso, muy poroso. Estructura granular ,fuerte, Raíces finas y muy finas abundantes   | 0,66 | 23,5    | 45         | 72              | 27                 | 5,72 |
| II A1<br>60-95 cm | Color negro (10YR 2/1), franco limoso, estructura granular fuerte muy coherente friable se deshace fácilmente, Raíces finas muy finas moderadamente abundantes.  |      |         |            |                 |                    |      |
| AC<br>95-110 cm   | Color café amarillento (10 YR 4/4) Presenta óxidos de hierro, arenoso gravoso, lapilli con humus y óxido de hierro de bandas de 3cm. raíces muy pocas finas y muy finas.   |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)



**Tabla 28:**

**Transecta 3-Perfil 2:** Pendiente local 29 %, uso del suelo pastos para ganado lechero, **Tipo de suelo 2b.**

| Horizonte         | Propiedades  | Densidad<br>Aparente | Carbono | Macroporos | Porosidad<br>Total | Capacidad<br>De campo | pH   |
|-------------------|--|----------------------|---------|------------|--------------------|-----------------------|------|
| AP<br>0-25 cm     | Mezcla de capa de A1 y C de 0-18 predomina material obscuro de color gris muy oscuro (10 YR 3/1), textura franco con 10% de grava muy meteorizado, 50 a 60 % de arena, 7 % de arcilla; 40% de limo. Suelo moderadamente compacto estructura granular débil, Raíces finas y muy finas, malla de raicillas de 0-15 cm. | 0,69                 | 14,2    | 51         | 72                 | 22                    | 5,70 |
| II AP<br>25-34 cm | Color negro (10 YR 2/1), textura franco limosa estructura granular muy débil moderadamente compacto con mezcla de material enriquecido en humus con un límite plano y claro al próximo horizonte. Raíces finas y muy finas moderadamente abundantes.   |                      |         |            |                    |                       |      |
| BC<br>34-76 cm    | Raíces finas y muy finas poco abundantes   |                      |         |            |                    |                       |      |
| II A1<br>76-X cm  | Suelo franco limoso, saturado masiva estructura blocosa subangular fina y saturado.  |                      |         |            |                    |                       |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 29:**

**Perfil T3-P3:** Pendiente local 55%, uso del suelo pastos para ganado lechero.  
**Tipo de suelo 3a**

| Horizonte           | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|---------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ap.<br>0-15 cm      | Color pardo oscuro (7.5 YR 3/2), suelo franco arenoso gravoso, compacto de estructura no observable, con 25% de grava fina y media muy meteorizada, Raíces finas muy finas y medias moderadamente abundantes.                                | 0,64 | 10,6    | 65         | 74              | 16                 | 6,15 |
| A1-1<br>15-33cm     | Color pardo muy oscuro (10 YR2/2), textura franco arenoso (5% grava) meteorizado, estructura granular fina muy fuerte, ligeramente compacto. Abundantes raíces finas muy finas y medias,   |      |         |            |                 |                    |      |
| II A1<br>33-52 cm   | Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2) suelo franco limoso sin grava. Estructura blocosa angular muy fina ligeramente coherente, frecuentes raíces finas medias y muy finas,   | 0,65 | 13,73   | 67         | 73              | 18                 | 6,01 |
| II A1-2<br>52-83 cm | Color negro (10 YR 2/1), franco arcilloso el 50% del volumen consolidado se asemeja a un A1 fósil, tiene partículas limpias y presencia de pedotúbulos de antiguas raíces, estructura granular migajosa fosilizada. Raíces finas, frecuente. |      |         |            |                 |                    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 30:**

**Transecta 3-Perfil 4:** Pendiente local 24%, Calicata al rio con pendiente de 24% hacia abajo, cultivo de pasto para ganado lechero. Tipo de suelo 3b.

| Horizonte              | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-28 cm        | Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2), franco arenoso, abundantes puntos brillantes de cuarzo y mica, estructura granular fina muy fina, moderadamente compacto ,10% de grava fina muy meteorizada básicamente arena, Malla de raicillas densa 0-10 cm.                      | 0,81 | 20,2    | 38         | 67              | 28                 | 5,80 |
| A1-2<br>28-60 cm       | Color negro (7.5 YR 2.5/1) textura franco arenoso, estructura granular, fina débil ,1% de grava puntos brillantes abundantes, Ligeramente compacto, raíces muy abundantes finas y muy finas.  | 0,80 | 14,4    | 43         | 66              | 23                 | 5,75 |
| II A1-3<br>60-133 cm   | Color negro (10 YR 2/1) Textura franco arcilloso limoso sin grava, estructura blocosa subangular y angular fina, tendencia columnar puntos brillantes mica negra abundantes, Raíces abundantes hasta 3 ml de grosor verticales, más húmedo que los horizontes adyacentes. |      |         |            |                 |                    |      |
| III AC 1<br>133-170 cm | Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) tiene 3 franjas de 2 cm de espesor la franja negra (10 YR 2/1), textura Arenoso grueso gravoso suelto rico en mica y pomex y raíces pocas hasta 160 cm.  |      |         |            |                 |                    |      |
| III AC 1<br>170-200 cm | Color pardo pálido (10YR 7/3), tiene franja de color 10YR2/1(negro) de 1 a 3 cm de espesor de textura franco  |      |         |            |                 |                    |      |



Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte | Propiedades | Da | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH |
|-----------|-------------|----|---------|------------|-----------------|--------------------|----|
|-----------|-------------|----|---------|------------|-----------------|--------------------|----|

**Transecta 4, Azimut 150°.**

**Tabla 31:**

**Transecta 4-Perfil 1:** Estación meteorológica, pasto kikuyo, pendiente 12%, **suelo tipo 1.**

|                                   |  |      |         |            |                    |                       |      |
|-----------------------------------|--|------|---------|------------|--------------------|-----------------------|------|
| A1<br>0-70 cm                     | Color negro (10 YR 2/1),<br>textura franco arenoso<br>(arena fina 60%,30% de<br>limo,10% arcilla), estructura<br>granular sin grava, raíces<br>finas verticales muy<br>abundantes con un limite<br>claro irregular             | 0,88 | 25,92   | 37         | 64                 | 33                    | 5,30 |
| Horizonte<br>II AC                | Color pardo amarillento 50%  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad<br>Total | Capacidad<br>De campo | pH   |
| A1-1<br>0-20 cm                   | Color Pardo oscuro (10 YR<br>2/2), textura franco limoso,<br>estructura granular, muy fina<br>muy friable, raíces finas muy<br>finas medias abundantes.  | 0,93 | 22,1    | 35         | 65                 | 28                    | 6,02 |
| A1-2<br>20-28 cm                  | Transición color negro muy<br>acentuado (10YR 2/1)   | 0,87 | 18,3    | 44         | 59                 | 16                    | 5,74 |
| II A1<br>28-70 cm                 | Negro, igual al primer<br>horizonte.   | 0,97 | 20,3    | 48         | 61                 | 19                    | 5,90 |
| (lapilli<br>blanco)<br>120-130 cm | Textura arenoso medio (5%<br>de grava), marcado con una<br>línea de óxido ferroso,<br>granos sueltos muy húmedo<br>sin raíces.   | 0,97 | 4,30    | 42         | 60                 | 17                    | 5,60 |
| II C 2<br>130-170 cm              | Color blanco (10 YR8/1),<br>granos sueltos, ligeramente<br>coherente húmedo, sin<br>raíces, lapilli gris.  | 0,95 | 2,2     | 31         | 62                 | 30                    | 5,01 |
| III A1<br>(fósil)<br>170-210 cm   | Color negro (10 YR 2/1),<br>textura franco limoso,<br>estructura blocosa<br>subangular coherente, débil,<br>se reconocen pedotubulos<br>no contiene grava,<br>moderadamente compacto,<br>raíces finas muy finas<br>abundantes. | 0,70 | 9,55    | 24         | 68                 | 12                    | 5,14 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

|                    |  |      |         |            |                    |                       |      |  |
|--------------------|--|------|---------|------------|--------------------|-----------------------|------|--|
| II AC<br>70-120 cm | Lapilli pardo (7.5 YR 6/2),<br>areno francoso, grueso<br>gravoso, predomina material<br>pómez de 1 a 10 mm, poco<br>meteorizado; estructura<br>granular, poco coherente; |      |         |            |                    |                       |      |  |
| Horizonte          | Humedo, raíces frecuentes,<br>finas.   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad<br>Total | Capacidad<br>De campo | pH   |  |
| IIC                | Lapilli color blanco (10 YR<br>2.5/2) textura franco arenoso<br>(8% de arcilla, 60% de arena<br>fina y media, 32% de limo  | 0,64 | 27,33   | 26         | 73                 | 49                    | 5,45 |  |

**Tabla 32:**

**Transecta 4-Perfil 2:** Pendiente convexa (20-25%), suelo superficial compactado, el kikuyo cubre el 90% poco trébol y maravilla, **Suelo tipo 3b.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 33:**

**Transecta 4-Perfil 3:** Pendiente 31%, perfil en la vía de acceso a la estación, **tipo de suelo 3b.**

|                      |   |                |         |            |                 |                    |      |
|----------------------|---|----------------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1 2<br>37-65 cm     | 2% de grava fina meteorizada) estructura granular, muy fina débil, malla de raicillas 0-4 cm, raíces finas medias abundantes.<br>Color de suelo negro (10YR 2/1) textura franco arenoso, estructura granular, cerrada débil incremento de fracción de arena de fina a media | 0,78           | 14,4    | 24         | 68              | 44                 | 5,64 |
| Horizonte            | Propiedades   | D <sub>a</sub> | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
| A1-1<br>0-32 cm      | Color Pardo oscuro (10YR 2/2), suelo franco limoso (sin grava 16% limo, 25% arena abundantes.   |                | 19,63   |            |                 |                    | 5,70 |
| Lapilli<br>82-120 cm | Estructura granular, ligeramente coherente húmedo, sin raíces, lapilli gris.  | 1,02           | 12,7    | 34         | 61              | 27                 | 5,55 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Transecta 5, Azimut 130°.**

**Tabla 34:**

|                   |  |       |      |
|-------------------|--|-------|------|
| A1-2<br>33-54 cm  | <p> fina muy fina), estructura granular, raíces finas muy finas muy abundantes</p> <p>Transición ligeramente compacta, sin grava puntos brillantes abundantes de mica negra y blanca.</p>                                      | 21,02 | 5,35 |
| II A1<br>54-80 cm | <p>Color negro (10YR 2/1), textura franco limoso (20% arcilla ,50% limo; 30% arena muy fina sin grava), estructura blocosa angular fina moderadamente débil compacta, raicillas finas muy finas frecuentes.</p>                |       |      |
| A1-4<br>80-120 cm | <p>Color negro (7.5 YR2.5/1), textura franco limoso (20% de arcilla, 50% de limo y 30% de arena fina muy fina) no presenta moteo, moderadamente compacta estructura blocosa angular, raicillas finas muy finas frecuentes.</p> |       |      |

**Transecta 5-Perfil 1:** pendiente 15%, uso del suelo cultivo de pasto kikuyo, **tipo de suelo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 35:**

**Transecta 5-Perfil 2:** Pendiente 32%, uso del suelo pasto para ganado lechero, **tipo de suelo 2a.**

| Horizonte | Propiedades | Da | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH |
|-----------|-------------|----|---------|------------|-----------------|--------------------|----|
|-----------|-------------|----|---------|------------|-----------------|--------------------|----|



|                  |   |      |      |    |    |    |      |
|------------------|---|------|------|----|----|----|------|
| Ap.<br>0-15 cm   | Color de suelo pardo oscuro (10YR 2/2), textura franco arenoso (más 30% de limo, 8% de arcilla sin grava), estructura blocosa subangular, raíces abundantes finas muy finas y medias. | 0,77 | 20,6 | 35 | 68 | 35 | 6,01 |
| A1 1<br>30-54 cm | Color de suelo negro (10YR 2/1) compacto fresco, textura franco limoso (15% de arcilla y 35% de limo), raíces finas muy finas frecuentes.   | 0,59 | 19,8 | 68 | 75 | 14 | 5,92 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 36:**

**Transecta 5-Perfil 3:** perfil de la carretera, pendiente 12%, **suelo tipo 3b.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte         | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1 1<br>0-40cm    | Color negro gris oscuro (10YR 3/2), textura 3% grava, 30 % de arena fina y media, 60% limo, suelo franco limoso. Estructura blocosa angular, raíces abundantes finas muy finas y medias                                     | 0,76 | 22,05   | 26         | 69              | 44                 | 6,20 |
| A1 2<br>40 -84 cm | Color pardo oscuro (10 YR 2/2), textura suelo franco limoso (10% de arcilla y 45% de limo 30% arena fina y media). Abundante mica negra y cuarzo, estructura blocosa angular, raíces finas medias moderadamente abundantes. | 0,74 | 18,05   | 29         | 71              | 43                 | 6,14 |

**Transecta 6, azimut 129°**

**Tabla 37:**

**Transecta 6-Perfil 1:** pendiente 12%, cultivo de pasto para ganado, **suelo tipo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte        | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1 1<br>0-40 cm  | Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2) Textura suelo franco limoso, Estructura granular, fuerte moderadamente compacto raicillas medias finas muy finas abundantes.                       | 0,50 | 15,1    | 46         | 79              | 33                 | 5,73 |
| A1 2<br>40-81 cm | Color de suelo negro (10 YR 2/1), textura franco limoso (40 % de limo, 30% de arena fina y media no contiene grava). Estructura granular, muy porosa más seco que capacidad de campo. | 0,71 | 13,33   | 35         | 70              | 35                 | 5,30 |

**Tabla 38:****Transecta 6-Perfil 2:** pendiente 40% uso del suelo pastos para ganadería, **tipo de suelo 3a.**

| Horizonte        | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1 1<br>0-70 cm  | Color pardo oscuro (10 YR 3/3), textura franco limoso (No posee grava 30% de arena fina y media 8 % de arcilla 50 % de limo), estructura subangular, raíces medias y finas abundantes cuarzo y mica muy limpios. | 0,69 | 15,8    | 34         | 70              | 35                 | 5,87 |
| A1 2<br>70-95 cm | Color de suelo pardo muy oscuro (7.5 YR 2.5/2), textura franco limoso (sin grava más 40% de limo, 8% de arcilla 35 % de arena fina y media), estructura blocosa subangular.                                      | 0,74 | 18,5    | 36         | 69              | 33                 | 6,05 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 39:**

**Transecta 6-Perfil 3:** Pendiente 18%, uso del suelo cultivo de pasto para ganado lechero, **tipo de suelo 3b.**

| Horizonte        | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-30 cm  | Color negro claro (7.5 YR2.5/1), suelo franco limoso (posee 30 % de arena fina y media) moderadamente precipitado, estructura granular, raíces finas medias gruesas abundantes.                           | 0,73 | 15,5    | 42         | 69              | 20                 | 5,97 |
| A1 2<br>40-95 cm | Color pardo oscuro (7.5 YR 3/2), suelo franco limoso (contiene 40% de limo, 30%de arena media y fina), suelo poco húmedo moderadamente poco compactado, se puede observar mica negra en pocas cantidades. | 0,77 | 12,93   | 38         | 68              | 25                 | 5,60 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 40:****Transecta 6-Perfil 4: Pendiente 6 %, Uso del suelo pasto para ganadería, suelo tipo 3b.**

| Horizonte         | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1-1<br>0-90 cm   | Color pardo muy oscuro (7.5 YR 3/2), textura de franco limoso a franco arenoso (sin grava, 6% de arcilla, 30% de arena fina, 30% de limo), estructura granular, fina a media, raíces finas muy finas medias muy abundantes. | 0,67 | 21,7    | 55         | 72              | 17                 | 5,85 |
| A1-2<br>90-140 cm | Color de suelo pardo oscuro (7.5 YR 3/ 4), textura suelo Franco, estructura blocosa Angular. Moderadamente compuesto se reduce con el paso de las raíces hasta 1.40cm.  | 0,76 | 22,05   | 39         | 68              | 30                 | 5,71 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**}Transecta 7, Azimut 132°.**

**Tabla 41:**

**Transecta 7-Perfil 1:** Pendiente 20%, Uso del suelo para tesis tratamientos de pastos, **tipo de suelo 2b.**

| Horizonte          | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|--------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ap.<br>0-15 cm     | Color de suelo pardo grisáceo (10 YR 3/2), textura franco arenoso. Mezcla de A1 (40%) y lapilli (60%), estructura granular, raicillas medias finas y muy finas abundantes, | 0,92 | 5,52    | 38         | 65              | 24                 | 5,93 |
| A1<br>15-50 cm     | Lapilli con transiciones, Textura franco arenosa, grueso gravoso (material pomex) muy suelto, raíces moderadamente abundantes.   |      |         |            |                 |                    |      |
| II A1<br>50-100 cm | Color de suelo negro (10 YR2/1) textura franco limoso, ligeramente compacto, estructura blocosa angular, fina muy fina débil, moderadamente cerrada, se                    | 0,71 | 8,88    | 27         | 70              | 44                 | 5,95 |

---

puede observar pedotubulos por la presencia de raíces.

---

Elaborado por (Rosero, 2016)

---

| Horizonte | Propiedades | Da | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH |
|-----------|-------------|----|---------|------------|-----------------|--------------------|----|
|-----------|-------------|----|---------|------------|-----------------|--------------------|----|

---

**Tabla 42:**

**Transecta 7-Perfil 2:** pendiente 16%, uso del suelo tesis en pastos, **tipo de suelo 3b.**



|                               |  |      |         |            |                 |                    |      |
|-------------------------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1 1<br>0-48 cm               | Color del suelo negro oscuro o intenso (10YR 2/1), textura franco arenoso, presencia mica negra, malla de raicillas 0-15 cm, raíces en el horizonte medias finas muy finas abundantes.                               | 0,77 | 14      | 34         | 67              | 32                 | 5,73 |
| Horizonte<br>A1 2<br>48-84 cm | Color de suelo pardo oscuro (10YR 2/2) moderadamente precipitado con moteado de color gris claro (7.5 YR 7/1), textura franco limoso, estructura blocosa subangular, friable, raicillas pocas arena fina y muy fina. | 0,71 | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | 0,88 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 43:**

**Transecta 7-Perfil 3:** pendiente del 3 %, Cultivo de papa de 5 semanas para tesis, suelo de tipo 3b.

|                    |  |      |      |    |    |    |      |
|--------------------|--|------|------|----|----|----|------|
| A1-1<br>0-60 cm    | Color pardo oscuro (10 YR 2/2), textura franco limoso (10% arena media y 1% gránulos de 0,5 ml friable, 40% de limo con 8% de arcilla) raicillas finas muy finas y medias abundantes hasta los 18cm, | 0,81 | 16   | 26 | 67 | 44 | 5,40 |
| A1-2<br>60-105 cm  | Color de suelo negro (7,5YR 2.5/1), suelo franco limoso con 10 % de arcilla, raíces frecuentemente finas, muy compacto, abundantes puntos brillantes de mica y cuarzo.                               | 0,65 | 14,4 | 36 | 73 | 37 | 6,20 |
| A1-3<br>105-120 cm | Color de suelo negro oscuro (10YR 2/1), suelo franco limoso 15% de arcilla conforme aumenta profundidad hay más compactación, raíces muy finas pocas.  |      |      |    |    |    |      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

### **Transecta 8, azimut120°.**

#### **Tabla 44:**

**Transecta 8-Perfil 1:** pendiente 18 %, Uso del suelo cultivo de pasto kikuyo y raigrás, **tipo de suelo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte       | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|-----------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1<br>0-20 cm   | Color de suelo negro (7.5 YR 2.5/1) textura franco arenosa, moderadamente compacto, no se puede distinguir la estructura debido a la compactación, Raíces medias finas muy finas abundantes. | 0,81 | 17,54   | 31         | 62              | 43                 | 5,90 |
| A12<br>20-30 cm | Color de suelo negro (10YR 2/1) textura franco arenoso, friable (65% de arena, presenta grava en un 3%) suelo poco húmedo, raíces abundantes finas y medias.                                 |      |         |            |                 |                    |      |
| A13<br>30-70 cm | Color de suelo negro oscuro (10YR 2/1) textura suelo franco (15% de limo, posee 4 % de grava 45 % de arena fina y media), se observa cuarzo, mica negra, moderadamente precipitado.          | 0,83 | 16,13   | 30         | 59              | 40                 | 6.23 |

**Tabla 45:**

**Transecta 8-Perfil 2:** pendiente 31%, Uso del suelo pastos raigrás y kikuyo para ganado lechero, **tipo de suelo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte      | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|----------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| AP<br>0-35 cm  | Color negro (7.5 YR 2.5/1), textura franco arenoso (45% de arena media y fina, 30 % de limo 8% de Arcila), con un AP de estructura granular, se puede observar cuarzo y mica lavada, moderadamente precipitado. Posee una malla de raicillas de 0-20 cm. | 0.87 | 18.45   | 34         | 61              | 44                 | 6.25 |
| A1<br>35-69 cm | Color de suelo negro (10YR 2/1) Textura franco arenoso (3% de grava, 15 % de limo, arena fina y media 35%) estructura granular,débil, se encuentra mica negra, cuarzo, suelo ligeramente compacto,   | 0.85 | 16.74   | 33         | 57              | 48                 | 6.41 |

**Tabla 46:**

**Transecta 8-Perfil 3:** Pendiente 5%, uso del suelo pastos kikuyo y raigrás para ganado lechero (Ternebras), **Tipo de suelo 2a.**

| Horizonte        | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| A1 1<br>0-30 cm  | Color pardo oscuro (10 YR 3/3), textura franco limoso no posee estructura debido a la compactación moderadamente compacta, raíces medias finas muy finas abundantes.              | 0.88 | 17.54   | 34         | 65              | 48                 | 6.52 |
| A1 2<br>30-70 cm | Color negro oscuro (10 YR2/2), textura franco limoso sin grava moderadamente precipitado y compactado no se distingue estructura, raíces medias y finas moderadamente abundantes. | 0.94 | 18.48   | 36         | 68              | 41                 | 6.47 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Transecta 11, azimut 135°.**

**Tabla 47:**

**Transecta 11-Perfil 1: Pendiente 15%, Cultivo de maíz 4 meses, tipo de suelo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte      | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|----------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| AP<br>0-30 cm  | Color de suelo negro oscuro (10YR 2/1), Textura franco arenoso (arena media fina 60%, 25% de limo, 15% de arcilla ,3% de grava materia orgánica friable), estructura granular, tendencia a drenaje excesivo y a déficit hídrico acentuado, abundantes raicillas finas y muy finas y medias. | 0,73 | 9,80    | 37         | 61              | 41                 | 5,54 |
| A1<br>30 -60cm | Suelo color pardo oscuro (7.5YR 2.5/2) con abundante mica negra, textura franco arenoso, friable (grava 5%,55% de arena media y fina)   | 0,81 | 14,11   | 41         | 69              | 38                 | 5,7  |

**Tabla 48:**

**Transecta 11-Perfil 2:** pendiente 26%, uso del suelo cultivo de maíz, **tipo de suelo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte      | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|----------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| AP<br>0-30 cm  | Color de suelo negro oscuro (10YR 2/1), Textura franco arenoso, contiene mica negra y cuarzo y grava en un 5%, estructura granular, moderadamente precipitado, raicillas abundantes finas muy finas y medias. | 0,85 | 19,33   | 35         | 63              | 40                 | 5,7  |
| A1<br>30 -70cm | Suelo color pardo oscuro (7.5YR 2.5/2) textura franco arenoso friable con grava 5% arena media y fina abundante en 40% abundante mica negra y cuarzo.   | 0,88 | 20,33   | 38         | 71              | 39                 | 5,74 |

**Tabla 49:**

**Transecta 11-Perfil 3:** pendiente 14%, uso del suelo cultivo de maíz, **suelo tipo 1.**

Elaborado por (Rosero, 2016)

| Horizonte      | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|----------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| AP<br>0-30 cm  | Color de suelo pardo oscuro (10 YR 2/2), Textura franco arenoso (5% de grava, 60 % de arena fina y media 30% de limo 2 a 3% de arcilla), estructura granular, con malla de raicillas hasta los 6 cm, raíces finas muy finas abundantes. | 0.91 | 19,47   | 33         | 61              | 45                 | 5,45 |
| A1<br>30 -77cm | Textura franco arenoso, grava 5%, cuarzo, mica negra muy bien lavada. Raíces abundantes finas muy finas.  | 0.88 | 20,60   | 35         | 59              | 48                 | 5,68 |

**Transecta 12, azimut 112°.**

**Tabla 50:**



**Transecta 12-Perfil 1: uso del suelo cultivo de papa 15%, tipo de suelo 1.**

| Horizonte        | Propiedades   | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|------------------|---|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ap<br>0-15 cm    | Color de suelo negro (7.5 YR 2.5/1), Textura franco arenoso (limo 22 % 40% arena fina y media, arcilla 10% grava 6%) mezcla con lapilli, estructura granular, raicillas abundantes finas y muy finas. | 0.93 | 18.22   | 37         | 68              | 32                 | 5.54 |
| A1 1<br>15-57 cm | Color de suelo (10YR 3/1), Textura franco arenoso, gravoso (arena fina y media 35%, limo 18%, arcilla 8%, grava 9 %) estructura granular, raíces medias finas poco abundantes.                        | 0.98 | 16.54   | 34         | 71              | 30                 | 5.77 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

**Tabla 51:**

**Transecta 12-Perfil 2: pendiente 23%, uso del suelo cultivo de papa, tipo de suelo 3b**

| Horizonte      | Propiedades  | Da   | Carbono | Macroporos | Porosidad Total | Capacidad De campo | pH   |
|----------------|--|------|---------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ap.<br>0-22 cm | Color de suelo negro (7.5 YR 2.5/1), Textura franco arenoso (limo 18 % 35% arena fina y media, arcilla 8% grava 3%) mezcla con lapilli, estructura granular, raicillas abundantes finas y muy finas. | 0.86 | 19.54   | 38         | 67              | 44                 | 5.95 |
| A1<br>22-52 cm | Color de suelo (10YR 3/1), Textura franco arenoso (arena fina y media 38%, limo 22%, arcilla 8%, grava 3 %) estructura granular, raíces medias finas poco abundantes.                                | 0.93 | 18.51   | 39         | 70              | 39                 | 6.01 |

Elaborado por (Rosero, 2016)

### 7.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

| <b>T1 P1</b>       |                   |             |              |                 |                    |
|--------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad        | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T1-P1(0-30cm) (1)  | 0,71              | 19,20       | 52           | 71              | 18,82              |
| T1-P1(0-30cm) (2)  | 0,72              | 30,60       | 53           | 71              | 17,92              |
| T1-P1(0-30cm) (3)  | 0,72              |             | 57           | 71              | 13,66              |
| T1-P1(0-30cm) (4)  | 0,8               |             | 53           | 67              | 14,49              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,7375</b>     | <b>24,9</b> | <b>53,75</b> | <b>70</b>       | <b>16,2225</b>     |
| T1-P1(50-80cm) (1) | 0,67              | 18,00       | 47           | 73              | 25,75              |
| T1-P1(50-80cm) (2) | 0,71              | 22,00       | 44           | 71              | 27,46              |
| T1-P1(50-80cm) (3) | 0,65              |             | 47           | 73              | 25,92              |
| T1-P1(50-80cm) (4) | 0,59              |             | 49           | 76              | 27,22              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,655</b>      | <b>20</b>   | <b>46,75</b> | <b>73,25</b>    | <b>26,5875</b>     |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T1P2</b>      |                    |             |                   |                 |                    |
|------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad      | Densidad aparente  | Carbono %   | Macroporos        | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T1-P2(10-15) (1) | 0,9                | 15,00       | 40                | 63              | 23,22              |
| T1-P2(10-15) (2) | 0,85               | 13,80       | 43                | 65              | 22,72              |
| T1-P2(10-15) (3) | 1,27               |             | 29                | 48              | 19,21              |
| T1-P2(10-15) (4) | 1,15               |             | 26                | 53              | 14,49              |
| <b>Promedio</b>  | <b>1,0425</b>      | <b>14,4</b> | <b>34,5</b>       | <b>57,25</b>    | <b>19,91</b>       |
| T1-P2(40-45) (1) | 1,22               | 12,20       | 23                | 54              | 27,7               |
| T1-P2(40-45) (2) | 1,12               | 13,60       | 27                | 58              | 26,84              |
| T1-P2(40-45) (4) | 1,1                |             | 21                | 59              | 33,91              |
| <b>Promedio</b>  | <b>1,146666667</b> | <b>12,9</b> | <b>23,6666667</b> | <b>57</b>       | <b>29,4833333</b>  |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T1P3</b>      |                   |             |              |                 |                    |
|------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad      | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T1-P3(10-15) (1) | 0,83              | 37          | 30           | 66              | 36,37              |
| T1-P3(10-15) (2) | 0,94              | 40,2        | 35           | 62              | 33,72              |
| T1-P3(10-15) (3) | 0,76              |             | 33           | 69              | 36,19              |
| T1-P3(10-15) (4) | 1                 |             | 40           | 59              | 35,11              |
| <b>Promedio</b>  | <b>0,8825</b>     | <b>38,6</b> | <b>34,5</b>  | <b>64</b>       | <b>35,3475</b>     |
| T1-P3(35-40) (1) | 0,88              | 28          | 25           | 64              | 38,84              |
| T1-P3(35-40) (2) | 1,19              | 29,8        | 21           | 51              | 30,81              |
| T1-P3(35-40) (3) | 1,02              |             | 41           | 58              | 37,92              |
| T1-P3(35-40) (4) | 0,85              |             | 44           | 65              | 36,72              |
| <b>Promedio</b>  | <b>0,985</b>      | <b>28,9</b> | <b>32,75</b> | <b>59,5</b>     | <b>36,0725</b>     |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T1P4</b>        |                   |               |              |                  |                    |
|--------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------|--------------------|
| Profundidad        | Densidad aparente | Carbono %     | Macroporos   | Porosidad total  | Capacidad de campo |
| T1-P4(50-55) (1)   | 1,01              | 15            | 44           | 59               | 23,18              |
| T1-P4(50-55) (2)   | 1,12              | 12,8          | 43           | 54               | 27,93              |
| T1-P4(50-55) (3)   | 0,94              |               | 33           | 62               | 28,7               |
| <b>Promedio</b>    | <b>1,02333333</b> | <b>13,9</b>   | <b>40</b>    | <b>58,333333</b> | <b>26,60333</b>    |
| T1-P4(170-175) (1) | 0,83              | 14,65         | 22           | 66               | 44,11              |
| T1-P4(170-175) (2) | 0,98              | 16,85         | 21           | 60               | 39,48              |
| T1-P4(170-175) (3) | 1,01              |               | 35           | 59               | 23,72              |
| T1-P4(170-175) (4) | 0,93              |               | 27           | 62               | 44,11              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,9375</b>     | <b>15,75</b>  | <b>26,25</b> | <b>61,75</b>     | <b>37,855</b>      |
| T1-P4(215-220) (1) | 1,11              | 19,54         | 34           | 55               | 20,22              |
| T1-P4(215-220) (2) | 1,07              | 21,25         | 28           | 56               | 28,41              |
| T1-P4(215-220) (3) | 1,14              |               | 33           | 53               | 20,77              |
| T1-P4(215-220) (4) | 0,94              |               | 21           | 62               | 25,91              |
| <b>Promedio</b>    | <b>1,065</b>      | <b>20,395</b> | <b>29</b>    | <b>56,5</b>      | <b>23,8275</b>     |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T1P5</b>          |                   |             |              |                 |                    |
|----------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad          | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T1-P5(0-40 cm) (1)   | 0,69              | 14,8        | 47           | 72              | 25,08              |
| T1-P5(0-40 cm) (2)   | 0,67              | 15,6        | 42           | 73              | 31,13              |
| T1-P5(0-40 cm) (3)   | 0,87              |             | 42           | 64              | 22,45              |
| T1-P5(0-40 cm) (4)   | 0,67              |             | 36           | 73              | 36,36              |
| <b>Promedio</b>      | <b>0,725</b>      | <b>15,2</b> | <b>41,75</b> | <b>70,5</b>     | <b>28,755</b>      |
| T1-P5(70-120 cm) (1) | 0,86              | 5           | 36           | 65              | 25,67              |
| T1-P5(70-120 cm) (2) | 0,89              | 9           | 39           | 64              | 24,48              |
| T1-P5(70-120 cm) (3) | 0,91              | 12,4        | 47           | 72              | 21,14              |
| T1-P5(70-120 cm) (4) | 0,69              |             | 42           | 63              | 24,48              |
| <b>Promedio</b>      | <b>0,8375</b>     | <b>8,8</b>  | <b>41</b>    | <b>66</b>       | <b>23,9425</b>     |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T1P6</b>          |                   |             |              |                 |                    |
|----------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad          | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T1-P6(0-40 cm) (1)   | 0,69              | 18,6        | 47           | 72              | 25,08              |
| T1-P6(0-40 cm) (2)   | 0,67              | 17,4        | 42           | 73              | 31,13              |
| T1-P6(0-40 cm) (3)   | 0,87              |             | 42           | 64              | 22,45              |
| T1-P6(0-40 cm) (4)   | 0,67              |             | 36           | 73              | 36,36              |
| <b>Promedio</b>      | <b>0,725</b>      | <b>18</b>   | <b>41,75</b> | <b>70,5</b>     | <b>28,755</b>      |
| T1-P6(70-120 cm) (1) | 0,86              | 14,6        | 36           | 65              | 25,67              |
| T1-P6(70-120 cm) (2) | 0,89              | 13,8        | 39           | 64              | 24,48              |
| T1-P6(70-120 cm) (3) | 0,91              |             | 47           | 72              | 21,14              |
| T1-P6(70-120 cm) (4) | 0,69              |             | 42           | 63              | 24,48              |
| <b>Promedio</b>      | <b>0,8375</b>     | <b>14,2</b> | <b>41</b>    | <b>66</b>       | <b>23,9425</b>     |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T1P7</b>         |                   |              |              |                 |                    |
|---------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T1-P7(10-30cm) (1)  | 0,71              | 10,4         | 45           | 71              | 26,54              |
| T1-P7(10-30cm) (2)  | 0,71              | 10,6         | 43           | 71              | 27,79              |
| T1-P7(10-30cm) (3)  | 0,63              | 13,4         | 57           | 74              | 17,11              |
| T1-P7(10-30cm) (4)  | 0,66              | 11,2         | 48           | 73              | 24,81              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,6775</b>     | <b>11,4</b>  | <b>48,25</b> | <b>72,25</b>    | <b>24,0625</b>     |
| T1-P7(40-82cm) (1)  | 0,84              | 5,2          | 41           | 66              | 24,51              |
| T1-P7(40-82 cm) (2) | 0,61              | 9,11         | 53           | 75              | 22,2               |
| T1-P7(40-82cm) (3)  | 0,63              |              | 54           | 74              | 20,71              |
| T1-P7(40-82 cm) (4) | 0,69              |              | 44           | 72              | 27,94              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,6925</b>     | <b>7,155</b> | <b>48</b>    | <b>71,75</b>    | <b>23,84</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T2P1</b>      |                   |            |            |                 |                    |
|------------------|-------------------|------------|------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad      | Densidad aparente | Carbono %  | Macroporos | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T2-P1(0-10l) (1) | 0,71              | 15,8       | 62         | 75              | 13,4               |
| T2-P1(0-10l) (2) | 0,61              | 16,6       | 66         | 77              | 12,82              |
| T2-P1(0-10l) (3) | 0,57              | 15,6       | 59         | 73              | 11,11              |
| T2-P1(0-10l) (4) | 0,65              |            | 67         | 74              | 14,76              |
| <b>Promedio</b>  | <b>0,635</b>      | <b>16</b>  | <b>64</b>  | <b>74,75</b>    | <b>13,0225</b>     |
| T2-P1(Fósil) (1) | 0,63              | 4,8        | 23         | 71              | 7,72               |
| <b>Promedio</b>  | <b>0,63</b>       | <b>4,8</b> | <b>23</b>  | <b>71</b>       | <b>7,72</b>        |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T2P2</b>       |                   |             |            |                 |                    |
|-------------------|-------------------|-------------|------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad       | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T2-P2(10-40) (2)  | 0,8               | 10,8        | 46         | 67              | 21,01              |
| T2-P2(10-40) (3)  | 1,06              | 15,6        | 36         | 57              | 21,27              |
| T2-P2(10-40) (4)  | 0,83              |             | 32         | 66              | 34,67              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,90</b>       | <b>13,2</b> | <b>38</b>  | <b>63</b>       | <b>25,65</b>       |
| T2-P2(70-100) (1) | 0,74              | 15,8        | 47         | 70              | 22,55              |
| T2-P2(70-100) (2) | 0,55              | 16          | 57         | 78              | 20,75              |
| T2-P2(70-100) (3) | 0,8               |             | 47         | 67              | 19,95              |
| T2-P2(70-100) (4) | 0,79              |             | 45         | 68              | 22,7               |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,72</b>       | <b>15,9</b> | <b>49</b>  | <b>70,75</b>    | <b>21,49</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T2P3</b>         |                   |             |            |                 |                    |
|---------------------|-------------------|-------------|------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T2-P3(0-40cm) (1)   | 0,7               | 22          | 44         | 71              | 19,5               |
| T2-P3(0-40cm) (2)   | 0,63              | 22,4        | 45         | 74              | 17,95              |
| T2-P3(0-40cm) (3)   | 0,63              |             | 43         | 74              | 19,93              |
| T2-P3(0-40cm) (4)   | 0,5               |             | 42         | 80              | 13,85              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,615</b>      | <b>22,2</b> | <b>44</b>  | <b>74,75</b>    | <b>17,81</b>       |
| T2-P3(70-190cm) (1) | 0,78              | 16,6        | 32         | 68              | 14,28              |
| T2-P3(70-190cm) (2) | 0,77              | 20          | 33         | 69              | 11,72              |
| T2-P3(70-190cm) (3) | 0,62              |             | 32         | 75              | 13,03              |
| T2-P3(70-190cm) (4) | 0,79              |             | 33         | 68              | 17,45              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,74</b>       | <b>18,3</b> | <b>33</b>  | <b>70</b>       | <b>14,12</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T2P4</b>        |                   |              |             |                 |                    |
|--------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad        | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos  | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T2-P4(0-45cm) (2)  | 0,75              | 5,4          | 43          | 69              | 26,7               |
| T2-P4(0-45cm) (3)  | 0,69              | 5,01         | 44          | 72              | 28,35              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,72</b>       | <b>5,205</b> | <b>43,5</b> | <b>70,5</b>     | <b>27,53</b>       |
| T2-P4(50-75cm) (1) | 0,79              | 11,7         | 39          | 68              | 38,05              |
| T2-P4(50-75cm) (2) | 0,88              | 10,7         | 36          | 64              | 33,78              |
| T2-P4(50-75cm) (3) | 0,83              |              | 37          | 66              | 32,94              |
| T2-P4(50-75cm) (4) | 0,69              |              | 38          | 72              | 31,75              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,7975</b>     | <b>11,2</b>  | <b>37,5</b> | <b>67,5</b>     | <b>34,13</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T2P5</b>        |                   |             |              |                 |                    |
|--------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad        | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T2-P5(0-45cm) (1)  | 0,9               | 15,6        | 37           | 63              | 26,6               |
| T2-P5(0-45cm) (2)  | 0,84              | 14,7        | 35           | 66              | 27,4               |
| T2-P5(0-45cm) (4)  | 0,71              | 15,4        | 48           | 71              | 23,48              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,82</b>       | <b>15</b>   | <b>40,00</b> | <b>66,67</b>    | <b>25,83</b>       |
| T2-P5(50-70cm) (1) | 0,69              | 13,43       | 43           | 72              | 29                 |
| T2-P5(50-70cm) (2) | 0,89              | 13,9        | 35           | 64              | 29                 |
| T2-P5(50-70cm) (3) | 0,86              |             | 36           | 65              | 29                 |
| T2-P5(50-70cm) (4) | 0,78              |             | 39           | 68              | 29                 |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,805</b>      | <b>13,7</b> | <b>38,25</b> | <b>67,25</b>    | <b>29</b>          |

Elaborado por (Rosero, 2016)



| <b>T3P1</b>         |                   |             |              |                 |                    |
|---------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T3-P1(0-30cm) (1)   | 0,7               | 17,8        | 48           | 72              | 23,78              |
| T3-P1(0-30cm) (2)   | 0,71              | 18,4        | 48           | 71              | 23,34              |
| T3-P1(0-30cm) (4)   | 0,67              |             | 46           | 73              | 26,63              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,69</b>       | <b>18</b>   | <b>47,33</b> | <b>72,00</b>    | <b>24,58</b>       |
| T3-P1(30-60 cm) (1) | 0,63              | 15,8        | 48           | 74              | 24,19              |
| T3-P1(30-60 cm) (2) | 0,66              | 15,1        | 48           | 73              | 25,48              |
| T3-P1(30-60 cm) (3) | 0,71              |             | 42           | 71              | 29,49              |
| T3-P1(30-60 cm) (4) | 0,66              |             | 46           | 73              | 27,29              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,665</b>      | <b>15,5</b> | <b>46</b>    | <b>72,75</b>    | <b>26,6125</b>     |
| T3-P1(Fósil) (1)    | 0,63              | 8,6         | 34           | 74              | 40,67              |
| T3-P1(Fósil) (2)    | 0,64              | 12,6        | 33           | 74              | 40,71              |
| T3-P1(Fósil) (3)    | 0,76              |             | 30           | 69              | 38,74              |
| T3-P1(Fósil) (4)    | 0,79              |             | 28           | 68              | 39,68              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,705</b>      | <b>10,6</b> | <b>31,25</b> | <b>71,25</b>    | <b>39,95</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T3P2</b>       |                   |              |              |                 |                    |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad       | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T3-P2(0-10cm) (1) | 0,73              | 10,3         | 50           | 70              | 21,67              |
| T3-P2(0-10cm) (2) | 0,73              | 10,1         | 51           | 70              | 21,59              |
| T3-P2(0-10cm) (4) | 0,62              |              | 53           | 75              | 21,28              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,69</b>       | <b>10,20</b> | <b>51,33</b> | <b>71,67</b>    | <b>21,51</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T3P3</b>         |                   |            |              |                 |                    |
|---------------------|-------------------|------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %  | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T3-P3(0-30cm) (1)   | 0,7               | 7          | 69           | 72              |                    |
| T3-P3(0-30cm) (2)   | 0,66              | 7,8        | 71           | 73              | 18,3               |
| T3-P3(0-30cm) (3)   | 0,61              |            | 62           | 75              | 13,05              |
| T3-P3(0-30cm) (4)   | 0,61              |            | 58           | 75              | 17,1               |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,645</b>      | <b>7,4</b> | <b>65</b>    | <b>73,75</b>    | <b>16,15</b>       |
| T3-P3(33-60 cm) (1) | 0,52              | 9,2        | 77           | 79              | 12,74              |
| T3-P3(33-60 cm) (3) | 0,71              | 9,4        | 69           | 71              | 13,4               |
| T3-P3(33-60 cm) (4) | 0,72              | 9          | 69           | 71              | 13,74              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,65</b>       | <b>9</b>   | <b>71,67</b> | <b>73,67</b>    | <b>13,29</b>       |

**Elaborado por** (Rosero, 2016)

| <b>T3P4</b>         |                   |           |            |                 |                    |
|---------------------|-------------------|-----------|------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono % | Macroporos | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T3-P4(10-40cm) (1)  | 0,88              | 16,4      | 39         | 64              | 24,85              |
| T3-P4(10-40cm) (2)  | 0,74              | 15,9      | 35         | 70              | 34,97              |
| T3-P4(10-40cm) (3)  | 0,87              |           | 39         | 65              | 25,86              |
| T3-P4(10-40cm) (4)  | 0,77              |           | 40         | 69              | 28,25              |
| <b>Promedio</b>     | <b>1</b>          | <b>16</b> | <b>38</b>  | <b>67</b>       | <b>28</b>          |
| T3-P4(70-133cm) (2) | 0,68              | 13        | 46         | 72              | 27                 |
| T3-P4(70-133cm) (3) | 0,91              | 13        | 41         | 63              | 22                 |
| T3-P4(70-133cm) (4) | 0,89              |           | 42         | 64              | 22                 |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,83</b>       | <b>13</b> | <b>43</b>  | <b>66</b>       | <b>23</b>          |

**Elaborado por** (Rosero, 2016)

| T4P1               |                   |              |              |                 |                    |
|--------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad        | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| P1(0-15cm) (1)     | 0,9               | 22,7         | 36           | 63              | 28,3               |
| P1(0-15cm) (2)     | 0,95              | 22,8         | 37           | 61              | 27,82              |
| P1(0-15cm) (3)     | 0,79              |              | 35           | 68              | 29,4               |
| P1(0-15cm) (4)     | 0,91              |              | 37           | 63              | 28,48              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,89</b>       | <b>22,75</b> | <b>36,25</b> | <b>63,75</b>    | <b>28,5</b>        |
| P1(53-58) (1)      | 1                 | 18,4         | 44           | 59              | 15,45              |
| P1(53-58) (2)      | 0,98              | 18,2         | 41           | 60              | 14,4               |
| P1(53-58) (3)      | 1,06              |              | 40           | 57              | 16,49              |
| <b>Promedio</b>    | <b>1,01</b>       | <b>18,3</b>  | <b>41,67</b> | <b>58,67</b>    | <b>15,45</b>       |
| T4-P1(100-105) (1) | 0,98              |              | 43           | 60              | 17,43              |
| T4-P1(100-105) (2) | 0,98              |              | 43           | 60              | 17,1               |
| T4-P1(100-105) (3) | 1                 |              | 42           | 59              | 17,13              |
| T4-P1(100-105) (4) | 1,01              |              | 43           | 59              | 16,08              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,99</b>       |              | <b>42,75</b> | <b>59,5</b>     | <b>16,94</b>       |
| P1(147-152) (1)    | 1,01              | 2,2          | 33           | 59              | 25,7               |
| P1(147-152) (2)    | 1,03              |              | 23           | 58              | 34,76              |
| P1(147-152) (3)    | 0,89              |              | 34           | 64              | 29,66              |
| P1(147-152) (4)    | 0,87              |              | 35           | 65              | 29,27              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,95</b>       | <b>2,2</b>   | <b>31,25</b> | <b>61,5</b>     | <b>29,85</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| T4P1            |                   |           |            |                 |                    |
|-----------------|-------------------|-----------|------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad     | Densidad aparente | Carbono % | Macroporos | Porosidad total | Capacidad de campo |
| P2(0-15cm) (2)  | 0,95              | 20,1      | 35         | 64              | 27,82              |
| P2(0-15cm) (4)  | 0,91              | 20,01     | 34         | 66              | 28,48              |
| <b>Promedio</b> | <b>0,93</b>       | <b>20</b> | <b>35</b>  | <b>65</b>       | <b>28,15</b>       |
| P2(53-58) (1)   | 1                 | 18,4      | 47         | 62              | 15,45              |
| P2(53-58) (2)   | 0,98              | 19,7      | 52         | 63              | 11,15              |
| P2(53-58) (3)   | 1,06              |           | 45         | 60              | 16,49              |
| <b>Promedio</b> | <b>1,01</b>       | <b>19</b> | <b>48</b>  | <b>61,67</b>    | <b>14,36</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T5P1</b>       |                   |              |              |                 |                    |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad       | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T5-P1 (0-37) (2)  | 0,65              | 17,64        | 26           | 73              | 49,35              |
| T5-P1 (0-37) (3)  | 0,66              | 17,3         | 25           | 73              | 48,23              |
| T5-P1 (0-37) (4)  | 0,63              | 17           | 25           | 74              | 49,49              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,65</b>       | <b>17,31</b> | <b>25,33</b> | <b>73,33</b>    | <b>49,02</b>       |
| T5-P1(54-60) (1)  | 0,77              | 11,2         | 24           | 68              | 44,48              |
| T5-P1(54-60) (2)  | 0,8               | 11,04        | 23           | 67              | 43,89              |
| T5-P1(54-60) (3)  | 0,75              |              | 26           | 70              | 43,54              |
| T5-P1(54-60) (4)  | 0,83              |              | 21           | 66              | 45,44              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,79</b>       | <b>11,12</b> | <b>23,50</b> | <b>67,75</b>    | <b>44,34</b>       |
| T5-P1(82-120) (1) | 1,08              | 12,2         | 34           | 59              | 26,89              |
| T5-P1(82-120) (2) | 1,03              | 13,2         | 34           | 61              | 27,84              |
| T5-P1(82-120) (3) | 0,96              |              | 36           | 64              | 26,25              |
| T5-P1(82-120) (4) | 1,09              |              | 35           | 59              | 26,22              |
| <b>Promedio</b>   | <b>1,04</b>       | <b>12,70</b> | <b>34,75</b> | <b>60,75</b>    | <b>26,80</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T5P2</b>        |                   |              |              |                 |                    |
|--------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad        | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T5-P2(10-15cm) (1) | 0,8               | 15,74        | 35           | 67              | 32,16              |
| T5-P2(10-15cm) (2) | 0,74              | 15,83        | 34           | 70              | 36,14              |
| T5-P2(10-15cm) (3) | 0,81              |              | 35           | 67              | 36,04              |
| T5-P2(10-15cm) (4) | 0,74              |              | 33           | 70              | 36,17              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,77</b>       | <b>15,8</b>  | <b>34,25</b> | <b>68,5</b>     | <b>35,13</b>       |
| T5-P2(30-54cm) (1) | 0,63              | 11,92        | 70           | 74              | 4,65               |
| T5-P2(30-54cm) (2) | 0,58              | 12,4         | 70           | 76              | 6,59               |
| T5-P2(30-54cm) (3) | 0,59              |              | 71           | 76              | 4,74               |
| T5-P2(30-54cm) (4) | 0,57              |              | 63           | 77              | 13,49              |
| <b>Promedio</b>    | <b>0,59</b>       | <b>12,16</b> | <b>68,5</b>  | <b>75,75</b>    | <b>7,37</b>        |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T5P3</b>       |                   |              |              |                 |                    |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad       | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T5-P3(0-30cm) (1) | 0,72              | 16,4         | 30           | 70              | 40,95              |
| T5-P3(0-30cm) (2) | 0,81              | 16,7         | 27           | 67              | 47,83              |
| T5-P3(0-30cm) (3) | 0,76              | 15,89        | 24           | 69              | 44,66              |
| T5-P3(0-30cm) (4) | 0,75              | 16,02        | 26           | 70              | 43,61              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,76</b>       | <b>16,25</b> | <b>26,75</b> | <b>69</b>       | <b>44,26</b>       |
| T5-P3(45-70) (1)  | 0,65              | 13,11        | 30           | 73              | 37,14              |
| T5-P3(45-70) (2)  | 0,74              | 14,01        | 28           | 70              | 48,03              |
| T5-P3(45-70) (3)  | 0,7               | 13,4         | 28           | 71              | 43,39              |
| T5-P3(45-70) (4)  | 0,71              | 13,64        | 27           | 71              | 44,1               |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,7</b>        | <b>13,54</b> | <b>28,25</b> | <b>71,25</b>    | <b>43,2</b>        |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T6P1</b>         |                   |             |              |                 |                    |
|---------------------|-------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %   | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T6-P1(0-30cm) (1)   | 0,58              | 8           | 43           | 76              | 33,84              |
| T6-P1(0-30cm) (3)   | 0,5               | 9,8         | 47           | 80              | 32,58              |
| T6-P1(0-30cm) (4)   | 0,43              | 8,64        | 47           | 82              | 35,01              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,50</b>       | <b>8,81</b> | <b>45,67</b> | <b>79,33</b>    | <b>33,81</b>       |
| T6-P1(40-65 cm) (1) | 0,68              | 10,11       | 36           | 72              | 36,49              |
| T6-P1(40-65 cm) (2) | 0,71              | 9,4         | 35           | 71              | 36,12              |
| T6-P1(40-65 cm) (3) | 0,76              | 9,7         | 34           | 69              | 34,51              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,72</b>       | <b>9,74</b> | <b>35,00</b> | <b>70,67</b>    | <b>35,71</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T6P2</b>         |                   |              |             |                 |                    |
|---------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos  | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T6-P2(0-30cm) (1)   | 0,74              | 11,2         | 37          | 71              | 34,22              |
| T6-P2(0-30cm) (2)   | 0,65              | 11,8         | 35          | 69              | 36,21              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,695</b>      | <b>11,5</b>  | <b>36</b>   | <b>70</b>       | <b>35,215</b>      |
| T6-P2(40-85 cm) (1) | 0,77              | 13,47        | 34          | 67              | 32,54              |
| T6-P2(40-85 cm) (2) | 0,71              | 13,02        | 33          | 71              | 34,13              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,74</b>       | <b>13,25</b> | <b>33,5</b> | <b>69</b>       | <b>33,335</b>      |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T6P3</b>         |                   |              |              |                 |                    |
|---------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad         | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T6-P3(0-30cm) (1)   | 0,63              | 11,4         | 53           | 74              | 21,03              |
| T6-P3(0-30cm) (2)   | 0,68              | 11,12        | 59           | 72              | 18,41              |
| T6-P3(0-30cm) (3)   | 0,9               |              | 46           | 63              | 17,34              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,74</b>       | <b>11,26</b> | <b>52,67</b> | <b>69,67</b>    | <b>18,93</b>       |
| T6-P3(40-65 cm) (1) | 0,68              | 15,4         | 36           | 72              | 32,47              |
| T6-P3(40-65 cm) (2) | 0,87              | 14,8         | 30           | 65              | 34,53              |
| T6-P3(40-65 cm) (3) | 0,93              | 8,6          | 43           | 62              | 34,14              |
| T6-P3(40-65 cm) (4) | 0,63              |              | 38           | 74              | 31,41              |
| <b>Promedio</b>     | <b>0,78</b>       | <b>12,93</b> | <b>36,75</b> | <b>68,25</b>    | <b>33,14</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T6P4</b>          |                   |               |              |                 |                    |
|----------------------|-------------------|---------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad          | Densidad aparente | Carbono %     | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T6-P4(0-45ccm) (2)   | 0,69              | 14,61         | 58           | 72              | 20,41              |
| T6-P4(0-45 cm) (4)   | 0,66              | 14,7          | 52           | 73              | 21,03              |
| <b>Promedio</b>      | <b>0,675</b>      | <b>14,655</b> | <b>55</b>    | <b>72,5</b>     | <b>20,72</b>       |
| T6-P4(90-120 cm) (1) | 0,68              | 16,74         | 36           | 72              | 31,41              |
| T6-P4(90-120cm) (3)  | 0,98              | 16,1          | 41           | 60              | 30,7               |
| T6-P4(90-120 cm) (4) | 0,63              |               | 38           | 74              | 30,14              |
| <b>Promedio</b>      | <b>0,76</b>       | <b>16,42</b>  | <b>38,33</b> | <b>68,67</b>    | <b>30,75</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)

| <b>T7P1</b>       |                   |              |              |                 |                    |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Profundidad       | Densidad aparente | Carbono %    | Macroporos   | Porosidad total | Capacidad de campo |
| T7-P1(0-15cm) (1) | 1,09              | 4            | 36           | 59              | 19,13              |
| T7-P1(0-15cm) (2) | 0,76              | 9,6          | 42           | 71              | 26,57              |
| T7-P1(0-15cm) (3) | 0,72              | 4,9          | 40           | 73              | 31,15              |
| T7-P1(0-15cm) (4) | 1,11              | 3,6          | 34           | 58              | 21,11              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,92</b>       | <b>5,525</b> | <b>38</b>    | <b>65,25</b>    | <b>24,49</b>       |
| T7-P1(15-50) (1)  | 0,78              | 6,4          | 28           | 71              | 22,03              |
| T7-P1(15-50) (2)  | 0,73              | 6,1          | 29           | 72              | 23,78              |
| T7-P1(15-50) (3)  | 0,74              | 5,8          | 25           | 72              | 24,55              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,75</b>       | <b>6,1</b>   | <b>27,33</b> | <b>71,67</b>    | <b>23,45</b>       |
| T7-P1 (fósil) (1) | 0,7               | 8,8          | 27           | 72              | 44,35              |
| T7-P1 (fósil) (2) | 0,72              | 8,97         | 27           | 71              | 44,21              |
| <b>Promedio</b>   | <b>0,71</b>       | <b>8,885</b> | <b>27</b>    | <b>71,5</b>     | <b>44,28</b>       |

Elaborado por (Rosero, 2016)