

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA**

**“Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao  
(*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón  
Arenillas de la Provincia de El Oro”**

**AUTOR**

**Varas Campoverde Jimmy Josue**

Trabajo de Titulación Previo a la obtención del Grado de

**INGENIERO AGROPECUARIO  
con Mención en Gestión Empresarial Agropecuaria**

**TUTOR**

**Dr. Peñalver Romeo Alberto Dr. C.**

**Guayaquil, Ecuador**

**14 de septiembre del 2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Varas Campoverde Jimmy Josue**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado de **Ingeniero Agropecuario**.

**TUTOR**

---

**Dr. Peñalver Romeo Alberto Ph. D.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Dr. Franco Rodríguez John Eloy Ph. D.**

**Guayaquil, a los 14 días de septiembre del 2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Varas Campoverde Jimmy Josue**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de **Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro**, previo a la obtención del Grado de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 14 días de septiembre del 2016**

**EL AUTOR**

---

**Varas Campoverde Jimmy Josue**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Varas Campoverde Jimmy Josue**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de Los Ríos**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 14 días de septiembre del 2016**

**EL AUTOR**

---

**Varas Campoverde Jimmy Josue**



## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

### FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

#### CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “**valuación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro.**”, presentada por el estudiante **Jimmy Josue Varas Campoverde**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria con mención Empresarial Agropecuaria, obtuvo el resultado del programa URKUND el valor de 0 %, Considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	<a href="#">UTE VARAS 29-09-2016.docx</a> (D22148128)
Presentado	2016-10-03 10:08 (-05:00)
Presentado por	jimmyvarasc@gmail.com
Recibido	alfonso.kuffo.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	UTE A-2016 JVARAS <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	<b>0%</b> de esta aprox. 45 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Alfonso Kuffó García, 2016

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, PhD.**  
Director Carreras Agropecuarias  
UCSG-FETD

---

**Ing. Alfonso Kuffó García, M. Sc.**  
Revisor - URKUND

## **AGRADECIMIENTO**

Este logro alcanzado es por voluntad de Dios, en su tiempo y decisión, lecciones de vida que me ha enseñado a ser quien soy; por lo bueno, por lo malo y lo que estoy por aprender de la vida, Gracias Todopoderoso.

Al amor que me dio la vida y ha sido gestora de mi formación durante toda mi vida, sin desvanecer sus ilusiones, ni desmayar con su esfuerzo. Agradezco a Dios porque eres mi madre Ms. Nancy Ruth Campoverde Justavino.

Con gran afecto a mi esposa, por el apoyo constante, esperanza en días mejores y amor incondicional en todo este tiempo juntos, que hacen que te siga amando cada vez más.

De igual manera por el esfuerzo y apoyo de mi familia, que con cada obstáculo hemos sabido salir adelante, aprender y superarlo todo. Especialmente a mis hermanos Julio, Ronald, Jorge que han sido padres, amigos de grandes aventuras enseñanzas y pilares fundamentales.

De igual manera a aquellos, que desde cuando era solo un niño y hasta ahora, supieron estar allí alentándome, cubriendo las necesidades y afectos, cuando ni siquiera se los pedía, un reconocimiento especial para el Abg. Segundo F. Cercado Olvera & Familia.

Muy formalmente al equipo de la compañía AGRORUM S.A. el cual con su tiempo y conocimiento ha sabido aportar con este trabajo y por acogerme entre uno más de sus colaboradores. Emotivamente a mi compañero Ing. Alberto Leví Hidalgo Mendoza excelente profesional que ha sabido transmitir efectivamente su conocimiento y sobre todo su tiempo.

A los profesores, maestros, amigos y corresponsables de este logro, por la Fe y motivación constante. Pero Principalmente a los que no creyeron en mí.

**Jimmy Josue Varas Campoverde**

## **DEDICATORIA**

Todo este caminar es dedicado a Ti Dios Todopoderoso dador de Vida, por permitirme ser quien soy y seré, en vuestras manos y voluntad están nuestras vidas.

Para la Ms. Nancy Ruth Campoverde Juntavino, ángel que Dios envió para cuidarme y protegerme, para usted señora amada que con perseverancia, mucho esfuerzo y apoyo constante hemos logrado un paso de muchos más.

A mi hogar con mucho amor, conformado por la Lcda. Stefani Lilibeth Vara García, Noa Victoria Varas Vera y la bebé que está por venir, a mi esposa por su amor y dedicación, mi hija y la dulce espera, mujeres que motivan mi ser para luchar y seguir siempre adelante.

**Jimmy Josue Varas Campoverde**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**DR. ALBERTO PEÑALVER ROMEO PH. D.**  
TUTOR

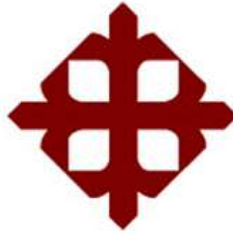
---

**DR. JOHN ELOY FRANCO RODRÍGUEZ PH. D.**  
DIRECTOR DE CARRERA

---

**ING. EMILIO COMTE SALTOS M.Sc.**  
DOCENTE DE LA CARRERA





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**DR. ALBERTO PEÑALVER ROMEO PH. D.**

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	20
2.1. Suelo .....	20
2.2. Formación del Suelo .....	22
2.2.1. Textura .....	24
2.2.2. Color .....	24
2.2.3. Acidez .....	25
2.2.4. Meteorización .....	25
2.2.5. La Erosión del Suelo .....	26
2.3. Clasificación de Suelos .....	27
2.4. Clasificación de la aptitud de los suelos para el cultivo .....	31
2.4.1. Suelos Alfisoles .....	33
2.4.2. Suelos Inceptisoles .....	34
2.4.3. Suelos Entisoles .....	35
2.5. Unidad Cartográfica o de Mapeo .....	36
2.6. Consociaciones .....	37
2.7. Inclusiones .....	37
2.8. Densidad Aparente .....	38
2.9. El cultivo de Cacao .....	39
2.10. Descripción botánica .....	40
2.11. Variedades de cultivo cacao .....	41
2.11.1. Criollos .....	42
2.11.2. Forastero .....	42
2.11.3. Trinitario .....	43
2.12. Condiciones del suelo para el cultivo cacao .....	45
2.13. Condiciones de clima para el cultivo cacao .....	46
2.14. Labores culturales del cultivo cacao .....	49
2.14.1. Preparación del suelo .....	49
2.14.2. Eliminación de malas hierbas .....	50
2.14.3. Poda .....	51
2.14.4. Plagas y Enfermedades .....	56
2.14.5. Manejo de plagas del cultivo cacao .....	59
2.14.6. Fertilización del cultivo cacao .....	60

2.14.7.	Requerimientos nutricionales del cultivo de Cacao.....	61
2.14.8.	Sistemas de Riego.....	64
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>65</b>
3.1.	Ubicación del área objeto de estudio.....	65
3.2.	Características climáticas.....	65
3.2.1.	Clima.....	65
3.2.2.	Temperatura.....	65
3.2.3.	Precipitación.....	66
3.2.4.	Humedad Relativa.....	67
3.2.5.	Heliofanía.....	68
3.3.	Materiales.....	68
3.4.	Levantamiento de suelos.....	69
3.4.1.	Variables evaluadas.....	71
3.4.2.	Análisis Estadístico.....	72
<b>3.4.3.</b>	<b>Estudios complementarios de suelos.....</b>	<b>73</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>76</b>
4.1.	Muestreos de Suelo.....	76
4.2.	Análisis Estadístico de la precisión del muestreo.....	77
4.3.	Clasificación de suelos en Clases y Subclases.....	79
4.3.1.	Suelos clase “B”.....	80
4.3.2.	Suelos clase “C”.....	84
4.4.	Taxonomía de suelos.....	87
4.5.	Hidromorfismo.....	88
4.6.	Litología.....	90
4.7.	Densidad Aparente y Porosidad.....	91
4.8.	Mapa de muestreos.....	92
4.9.	Fertilidad.....	93
4.10.	Unidades de manejo.....	95
4.11.	Análisis de los resultados.....	97
4.12.	Aptitud de los Suelos para Cultivo de Cacao.....	101
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
5.1.	Conclusiones.....	104
5.2.	Recomendaciones.....	105
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>111</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Requerimientos agroecológicos de la planta de cacao.....	62
<b>Tabla 2.</b> Nutrientes que requiere Cacao CCN-51 .....	63
<b>Tabla 3.</b> Temperatura de Estaciones Meteorológica (°C) .....	66
<b>Tabla 4.</b> Precipitación medias mensual (mm.) .....	67
<b>Tabla 5.</b> Humedad relativa de la Estación La Cuca y Tahuín (%) .....	68
<b>Tabla 6.</b> Indicadores de Variables y Metodologías. ....	71
<b>Tabla 7.</b> Codificación alfanumérica de texturas. ....	73
<b>Tabla 8.</b> Codificación alfanumérica de texturas. ....	77
<b>Tabla 9.</b> Variables de profundidad y textura.....	78
<b>Tabla 10.</b> Estadísticos y Error de Muestreo .....	79
<b>Tabla 11.</b> Clasificación Taxonómica de Suelos. ....	88
<b>Tabla 12.</b> Hidromorfismo, área y porcentaje. ....	88
<b>Tabla 13.</b> Clasificación de suelos según característica.....	92
<b>Tabla 14.</b> Resumen del estudio de fertilidad por Sub Clase de Suelo.....	94
<b>Tabla 15.</b> Área por unidad de manejo. ....	95

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Componentes del Suelo .....	22
<b>Gráfico 2.</b> Texturas del Suelo.....	24
<b>Gráfico 3.</b> Disponibilidad de Nutrientes de Acuerdo al pH del Suelo.....	25
<b>Gráfico 4.</b> Tipos de Meteorización.....	26
<b>Gráfico 5.</b> Mapa de suelos.....	29
<b>Gráfico 6.</b> Mapa de Suelos (Provincia de El Oro) .....	31
<b>Gráfico 7.</b> Clasificación de Fertilidad de Suelo Ecuatoriano .....	33
<b>Gráfico 8.</b> Suelos Alfisoles.....	34
<b>Gráfico 9.</b> Suelos Inceptisoles.....	35
<b>Gráfico 10.</b> Suelos Entisoles .....	36
<b>Gráfico 11.</b> Cacao Criollo.....	42
<b>Gráfico 12.</b> Cacao Forastero.....	43
<b>Gráfico 13.</b> Cacao Trinitario.....	44
<b>Gráfico 14.</b> Cacao Nacional (izq.) y CCN-51 (der.) .....	44
<b>Gráfico 15.</b> Desarrollo Radicular del cacao según su Tipo de Suelo .....	46
<b>Gráfico 16.</b> Poda de formación del cultivo cacao.....	52
<b>Gráfico 17.</b> Poda de mantenimiento del cultivo cacao.....	53
<b>Gráfico 18.</b> Poda fitosanitaria <i>del cultivo cacao</i> .....	53
<b>Gráfico 19.</b> Poda de rehabilitación del cultivo cacao.....	54
<b>Gráfico 20.</b> Poda de sombra en cultivo de cacao .....	55
<b>Gráfico 21.</b> Enfermedad escoba de bruja en las ramas de cacao .....	57
<b>Gráfico 22.</b> Enfermedad de monilia en el cacao .....	57
<b>Gráfico 23.</b> Enfermedad de mal de machete el cacao .....	58
<b>Gráfico 24.</b> Enfermedad de Phytophthora en el cacao .....	59
<b>Gráfico 25.</b> Mapa de estudio de suelos, con representación de isolíneas. ....	80
<b>Gráfico 26.</b> Suelos Clase B0 con sus características por horizontes .....	82
<b>Gráfico 27.</b> Suelos Clase B1 con sus características por horizontes .....	83
<b>Gráfico 28.</b> Suelos Clase C0 con sus características por horizontes .....	85
<b>Gráfico 29.</b> Suelos Clase C1 con sus características por horizontes.....	87
<b>Gráfico 30.</b> Mapa de estudio de suelos, con representación de isolíneas. ....	89
<b>Gráfico 31.</b> Mapa de estudio de suelos, con representación de litología. ....	90
<b>Gráfico 32.</b> Mapa de estudio de suelos, puntos de toma de muestras. ....	93
<b>Gráfico 33.</b> Mapa de unidades de manejo con áreas. ....	96

## RESUMEN

Los suelos de la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas Provincia de El Oro, Ecuador tradicionalmente han sido dedicados a la actividad ganadera la que dadas las condiciones climáticas de la zona se ha caracterizado por sus bajos rendimientos, los propietarios de tierras de la zona consideran que puede ser de mayor rentabilidad la ocupación de las tierras por cultivos agrícolas intensivos, sin embargo la inexistencia de estudios detallados de suelos pone en riesgo la decisión del cambio de uso de suelos.

El presente estudio evalúa la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao, variedad CCN-51, en la Comunidad El Rocano, mediante una investigación científica de carácter exploratorio y descriptivo, con enfoque cuantitativo y aplicando un diseño de investigación no experimental, utilizando métodos empíricos de observación y medición propios de la edafología.

Se obtiene como resultados la caracterización física y química de los suelos y su clasificación en Clases y Subclases de acuerdo a la Clasificación de Suelos adoptada, se concluye que los suelos estudiados son aptos para el cultivo del cacao variedad CCN- 51 con las limitaciones que se derivan de la naturaleza del suelo y las características climáticas de la zona; se definen unidades de manejos de suelos y se representan mediante mapas detallados la ubicación y características de los tipos de suelos.

**Palabras Claves:** Suelos, Taxonomía Suelos, Cacao CCN-51, Muestreo de Suelos, Textura, Fertilidad de suelos.

## ABSTRACT

Soils Community of "El Rocano"-Canton Arenillas-El Oro Province, Ecuador traditionally implemented in livestock activities due to the climatic conditions of the area is characterized by low performance. Property owners in the area considered better use more profitable occupation of land for intensive agricultural crops, however the lack of detailed soil surveys difficult decision to change land use.

The project evaluates the suitability of soils for growing cacao variety CCN-51, in the Community of "El Rocano" through exploratory and descriptive scientific research, with quantitative approach and applying a design non-experimental, using empirical methods of observation and measurement own soil science.

The results of the project is the physical and chemical characterization of soils and their classification in classes and subclasses according to the Soil Classification. It concludes that the soils studied are suitable for the cultivation of cocoa variety CCN- 51 with the limitations arising from the nature of the soil and climatic characteristics of the site; therefore implemented soil management units and detailed maps by the location and characteristics of soil types.

**Keywords:** Soils, Soil Taxonomy, Cacao CCN-51, Sampling, Texture and Fertility of soil.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Pedogénesis es la rama de la ciencia del suelo, la cual estudia los procesos que le han dado a este las características y propiedades que posee y los factores que han controlado el accionar de dichos procesos. Según lo que indica (Jaramillo, 2002) Trata de explicar el origen del suelo y, en una fase más avanzada, de predecir los cambios que sufrirá si varían los requisitos bajo las cuales está evolucionando

De acuerdo a la definición de suelo que propone (Jaramillo, 2002) para poder establecer y entender la evolución del suelo se requieren ciertas interacciones con otras ciencias como la química, la física, la biología, la geología, la geomorfología, la climatología, la hidrología la mineralogía, entre otras más frecuentes. Esta proporciona los conocimientos básicos acerca de los procesos y factores que intervienen en el desarrollo del suelo.

En Ecuador el uso del suelo a nivel regional se observa que en la Costa hay mayor presencia de cultivos permanentes con 70,04 %, seguido por la Sierra con 20,94 % y el Oriente con 9,02 %. De acuerdo a los datos del SINAGAP, en el 2012 citado por (GALLARDO SIERRA, 2015) indicando que el uso agrícola de tierra en el cultivo de cacao fue aproximadamente de 507,721 hectáreas sembradas, durante el mismo año registra una producción en almendra seca de 133,323 toneladas.

En el Ecuador, durante los de 1880 y 1890 el cacao fue el cultivo significativo socialmente y económicamente, convirtiéndose en una de los principales orígenes de financiamiento de la Costa ya sea de manera



indirecta como generador de trabajo o de manera directa (Torres, 2012, págs. 10-11)

En nuestro medio, la producción de cacao se realiza principalmente en la región costa y región amazónica del Ecuador. Las provincias de mayor producción son Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. Se cultivan 2 tipos de cacao:

- **Cacao Fino de Aroma**, conocido también como Criollo o Nacional cuyo color característico es el amarillo, posee un aroma y sabor único, siendo esencial para la producción del exquisito chocolate gourmet apetecido a nivel mundial.
- **Cacao CCN-51**, conocido también como Colección Castro Naranjal cuyo color característico es el rojo. Además, es reconocido por sus características de alto rendimiento para la extracción de semielaborados, ingredientes esenciales para la producción a escala de chocolates y otros (Proecuador, 2012)

Debido a la escasa información en la zona de estudio, por ser mayormente ganadera y agrícola a menor escala, los habitantes de la zona pretenden identificar las condiciones edáficas y requerimientos nutricionales para la producción y cosecha del cultivo, por lo que sería necesario evaluar

si los suelos de esta propiedad tienen buenas características físico químicas para sembrar plantas de Cacao y producir en la zona de Arenillas.

Por ser tierras dedicadas durante mucho tiempo a la ganadería y sin existir grandes explotaciones de cultivos de cacao en la zona, se motivó al productor a realizar un estudio de suelos que sirva de base en las decisiones agronómicas que deben tomarse antes de iniciar un cultivo, para luego de identificar las características físico-químicas establecer la plantación en campo si las condiciones lo permiten.

En vista de la necesidad y falta de conocimiento de los agricultores por las condiciones de suelo de sus predios, al igual de aquellos que tienen establecidos sus cultivos, todos no obtienen buenos rendimientos esperados, porque en el transcurso del cultivo se presentan anomalías, esto debido a limitaciones y afectaciones en el suelo y sistema radicular de los lugares donde siembran.

Con la generación de datos de esta investigación, se podrá determinar la aptitud agrícola de los suelos, basados en los parámetros analizados para obtener datos e información relevante, y de ese modo poder implementar y ajustar las necesidades, requerimientos de los cultivos de cacao y la productividad rentable para los agricultores.

**La hipótesis de la investigación que se plantea es:**

Los Suelos de la Comunidad el Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro, son aptos para el cultivo de Cacao.

**El objetivo General del presente trabajo de titulación es:**

Evaluar la aptitud de los suelos en la comunidad El Rocano.

**Los objetivos específicos son:**

- Determinar las características físico-químicas de los suelos de la comunidad El Rocano.
- Clasificar la aptitud de los suelos y representar mediante mapas la clasificación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao.
- Establecer unidades de manejo de suelos, de acuerdo a las subclases de suelos identificados en el área de estudio.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Suelo

Es la capa exterior de la corteza terrestre en el cual habitan un sinnúmero de organismos y en donde se logra la germinación de la vegetación. Esta estructura permite el desarrollo de la vida por lo que se lo considera una pieza esencial de la misma, principalmente esto se debe a la existencia de alteración en las rocas de la litosfera y al aporte de los restos de materia orgánica de las plantas y de los animales.

Una de las propiedades principales del suelo es, que es dinámica, esto se refiere a que no siempre permanecerá igual. Es decir, que su formación corresponde al ataque erosivo de las rocas, pero su origen propiamente dicho se efectúa cuando los restos orgánicos se unen con los restos minerales. Iniciando de esta manera, la creación de un suelo joven el cual después evolucionará hasta que este logre contar con varios estratos superpuestos en horizontes (Rivas, 2011).

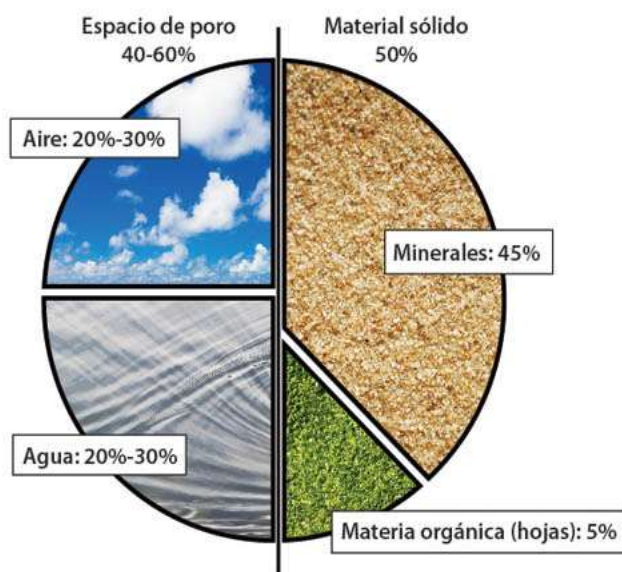
De acuerdo con la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), el suelo forma parte de la cubierta edáfica natural la cual tiene tres dimensiones espaciales y una temporal, lo que permite el sostenimiento y mantenimiento de la vegetación en un entorno completamente natural (FAO, 2007).

El suelo, está propiamente compuesto por materia orgánica viva y muerta, la cual se encuentra formada por restos de vegetales, por hongos, lombrices de tierra, insectos y otros animales, así también como por el humus el cual es una materia de color oscuro y de forma pastosa que se ha producido durante años sobre el perfil del suelo; La materia inorgánica, principalmente causada por el proceso de meteorización, generando de esta forma algo de fósforo, azufre y nitrógeno, los cuales ayudan a definir la fertilidad de un suelo para un tipo de cultivo (Morgan, R. P., & Rickson, R. J., 2013).

Los minerales en conjunto con la materia orgánica forman parte de la fase sólida del suelo, denominada también como la matriz del suelo debido a que esta tiene una estructura como una trama. En el interior de esta matriz existen unos espacios los cuales se llaman poros, estos pueden estar llenos de aire, agua o ambos.

El agua también forma parte del suelo, su presencia es indispensable, debido a que ayuda a mantener en solución los nutrientes los cuales luego serán utilizados por las plantas; A su vez el aire, rellena los espacios libres de los poros que el agua no ocupa, además contiene gases atmosféricos, en su mayor parte dióxido de carbono (Padilla, W. 2012).

**Gráfico 1.** Componentes del Suelo



**Fuente:** [www.diccionariomediambienta.org](http://www.diccionariomediambienta.org)

De acuerdo al estado físico, los componentes del suelo se encuentran en: fase sólida, líquida o gaseosa, a su vez dentro de las propiedades físicas de los suelos se encuentran la textura, la estructura, la porosidad, la temperatura, la consistencia y el color. Sus propiedades químicas se manifiestan en la conversión de las sustancias formadoras del suelo; por ejemplo, en la aparición de nutrientes orgánicos e inorgánicos, el intercambio de iones y la acidez del suelo (pH) (FAO, 2007).

## 2.2. Formación del Suelo

La formación de los suelos es un proceso que generalmente varía según los diferentes elementos que se encuentran presentes en él y la intensidad con la que los factores que intervienen son ejecutados.

Como procesos de formación de suelo se puede observar algunos factores que influyen, como:

- El almacenamiento y descomposición de la materia orgánica en los horizontes superficiales.
- La erosión y sedimentación del suelo.
- La lixiviación de materias como las solubles, arcillas, y materia orgánica.
- Percolación por medio del suelo.
- La compactación.
- La meteorización que desintegra el componente parental, entre otros.

De esta manera se puede decir que el suelo se forma principalmente por la descomposición de rocas, por la variación brusca de cambios de temperatura y la acción de la humedad, aire y seres vivos. Por lo tanto, se entiende que todos estos elementos y factores se encuentran interrelacionados e inciden directamente en la formación de distintos tipos de suelos.

Además, estos se diferencian por presentar diversas propiedades físicas y químicas, como:

### 2.2.1. Textura

El suelo se encuentra formado por un gran número de partículas las cuales tienen diferente tamaño, esto ayudará a determinar la porosidad, la capacidad para absorber agua y la aireación del suelo. Siendo así, que dichas partículas si tienen granos muy gruesos se clasifican en arenas, limo si tienen granos intermedios y arcilla si estas partículas fuesen muy finas (Guerrero, 2008).

**Gráfico 2. Texturas del Suelo**



Fuente: [www.edafologia.net](http://www.edafologia.net)

### 2.2.2. Color

Esta es una de las propiedades más empleadas, debido a su eficacia y rapidez para determinar el tipo de suelo al que pertenece. Por ejemplo: si esta es marrón quiere decir que posee una mínima cantidad de materia orgánica y que su fertilidad es variable; si es negro, es porque tiene abundante materia orgánica, adecuada estructura y alta fertilidad; si es rojo, significa que los suelos son ricos en óxidos de hierro, y están ubicados en

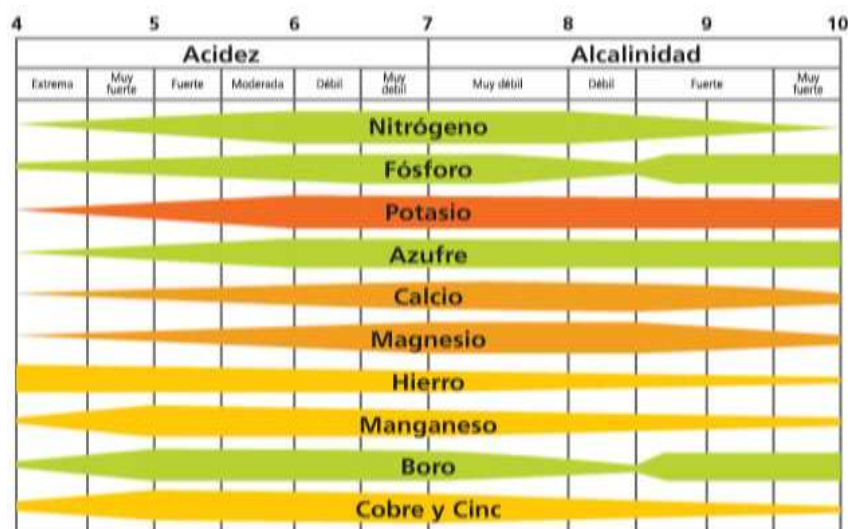


sitios con altas temperaturas, baja acción del agua y poco fértiles; si son amarillos, tienen baja fertilidad, entre otros (Ovalles, 2003).

### 2.2.3. Acidez

La acidez o alcalinidad de los suelos se mide a través de reactivos químicos los cuales se encuentran reflejados en una escala de pH de 0 a 14. Es decir, aquellos que tengan pH 7 son neutros, los que estén por debajo de este son ácidos, y los que se encuentren por encima del 7, son alcalinos (Zapata, 2004).

**Gráfico 3.** Disponibilidad de Nutrientes de Acuerdo al pH del Suelo



Fuente: [www.madrimamasd.org](http://www.madrimamasd.org)

### 2.2.4. Meteorización

Esta se produce a través de la acción realizada de la atmósfera sobre las rocas y los suelos, dicha acción puede ser física o mecánica, química y biológica. Se conoce como meteorización física o química, al contraste térmico existente entre noches muy frías y días muy calurosos los cuales

producen la división en fragmentos de las rocas. (Tarbuck, Lutgens & Tasa, 2005)

Por otro lado, la meteorización química, es producida por la transformación de la roca, ocasionando una pérdida de cohesión y alteración. Aquí intervienen procesos llamados atmosféricos tales como el oxígeno, el vapor de agua y el dióxido de carbono. (Lanfranco & Cattani, 2007)

Finalmente tenemos la meteorización biológica la cual los seres vivos contribuyen a la fisura, descomposición y disolución de las rocas de distintas formas. Estos procesos de meteorización suelen tardar muchos años, es por esto que a los suelos se los considera como recursos naturales no renovables (Tarbuck & Lutgens, 2005).

**Gráfico 4.** Tipos de Meteorización



**Fuente:** e-ducativa.catedu.es

### **2.2.5. La Erosión del Suelo**

De acuerdo a (Prado & Veiga, 2003), la Erosión de Suelo es un proceso natural, la erosión forma parte del llamado ciclo de las rocas. Esto se debe a

que una vez formado el suelo, las fuerzas erosivas especialmente el agua y el viento, trasladan cada uno de sus componentes de un lugar a otro. Es decir, cada vez que llueve, las gotas caen sobre la tierra con una fuerza portentosa lo que ocasiona que cada una de estas gotas actúe como una bomba pequeña, produciendo el estallo de las partículas del suelo móviles fuera de su ubicación. Esta agua que se filtra a través de la superficie desplaza a las partículas sueltas provocando que el suelo se vuelva cada vez más pobre.

De acuerdo a la información que proporciona (Vetiver, 2009) indica que, a causa de la intensidad de acción de los procesos físicos o químicos, en Ecuador se estima que por causa de la erosión se pierde anualmente 40,000 hectáreas de suelo arable y agrega el mismo autor que, la erosión del suelo es un desastre insidioso que la influye el hombre, el cual se va desarrollando de forma gradual.

### **2.3. Clasificación de Suelos**

El sistema de clasificación de suelos se realiza según características y propiedades físicas, las cuales pueden ser los horizontes y composición del mismo, todos estos requerirán de información proveniente de campo y otros estudios o referencias relacionadas al suelo. Por lo general, la información de campo trata sobre las características que tienen los suelos en cuanto a

profundidad, color, textura, estructura, consistencia y drenaje de sus horizontes (Huertas, 2015).

El levantamiento de suelos, o levantamiento edafológico, es un proceso el cual permite determinar el patrón de distribución de los suelos. El levantamiento sistemático del suelo ha sido llevado a cabo por más de 100 años y al igual que otra ciencia aplicada sus avances conceptuales y tecnológicos ha permitido que la técnica descrita en la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) sea considerada la más fiable, económica y útil disponible (FAO, 2007).

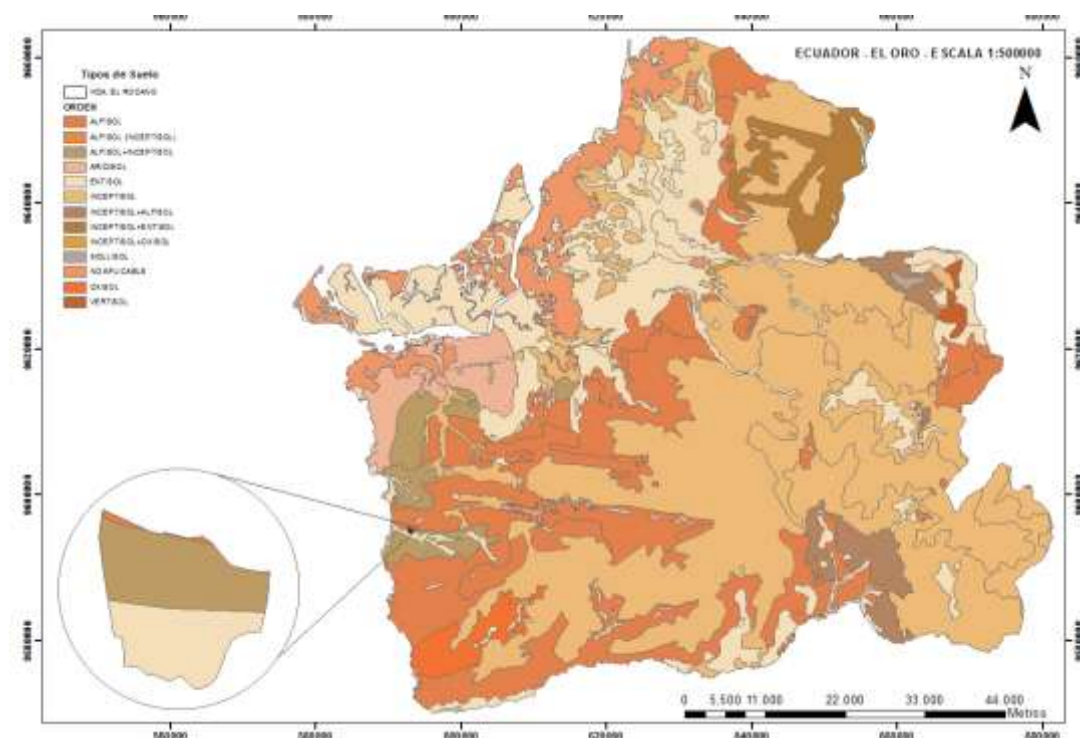


Se debe recordar que el mapa de suelo es el resultado de un estudio del área de interés, donde se podrá identificar cada una de las características, propiedades, variedad y distribución geográfica de los mismos. En el caso de Ecuador, de acuerdo con el gráfico anterior el país cuenta con un estudio general de suelos, el cual fue realizado en el año 2002 por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) y fue desarrollado mediante un convenio entre el MAG – IICA – CLIRSEN. Así también la provincia de El Oro cuenta con un mapa de taxonomía de suelos (MAG-IICA-CLIRSEN, 2002)

El estudio se encuentra a escala 1:500 000 a nivel provincial, cuyo detalle permite fácilmente la toma de decisiones en los procesos de planificación y transferencias tecnológicas en el contexto nacional y regional. Sin embargo, para fines de manejo de cultivo por tipo suelo en una propiedad, el mapa no muestra el detalle que se requiere.

De acuerdo con el mapa taxonómico de suelos mostrado en el Gráfico 20 correspondiente a la provincia de El Oro, en el que se proyecta la posición geográfica de la Comunidad el Rocano, se muestra que este está compuesto por 3 Órdenes de suelo: Alfisol, Alfisol+Inceptisol y Entisol, teniendo conformidad a lo encontrado, sin embargo, no presta precisión para la decisión de manejo agronómico por sitio específico, lo cual es logrado con el estudio de suelos.

**Gráfico 6.** Mapa de Suelos (Provincia de El Oro)



**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), 2002 / Convenio MAG – IICA – CLIRSEN.

#### 2.4. Clasificación de la aptitud de los suelos para el cultivo

Para lograr la identificación de los suelos existen diversos claves o documentos que permiten elaborar una clasificación taxonómica. Dichas claves buscan crear un lenguaje identificable entre científicos y profesionales que de alguna u otra forma interactúan y trabajan con el suelo (Soil Survey Staff, 2010).

Existen muchos tipos de estos documentos, pero cabe mencionar que cada uno de los de estos posee características muy específicas y se desarrollaron en base las necesidades y tipos de suelo de cada uno de los

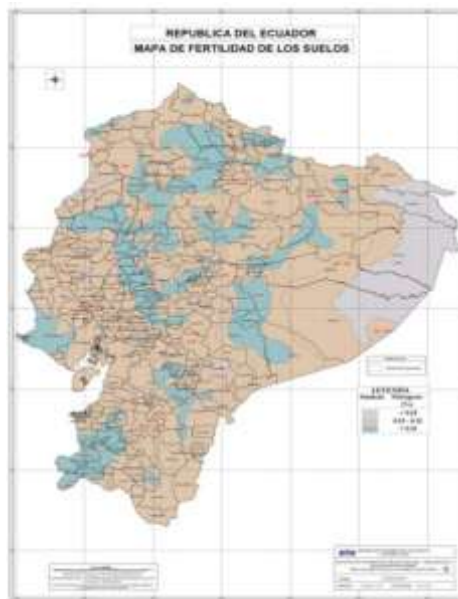
países que los crearon, a excepción del sistema FAO el cual fue creado con el fin de ser utilizado como un sistema más universal y acorde a los diferentes suelos existentes del planeta.

En Latinoamérica el sistema de clasificación de suelos más utilizado es el de Soil Taxonomy proveniente de Estados Unidos (Silva, 2002).

En el Ecuador, las primeras descripciones de los suelos datan de 1922, realizados por el Dr. H. H. Bennet. (Acosta, 1965). A nivel nacional, los profesionales relacionados al Estudio de los Suelos han utilizado diversas fuentes de información, tanto nacionales como internacionales para describir y clasificar suelos. Sin embargo, las bases de datos generadas por los organismos pertinentes han mantenido la información a un alcance restringido o en su defecto no se los ha realizado. Es por esto, que se vuelve imperioso generar este tipo de información para los fines que la sociedad o el sector agrícola los requiera (Villaseñor, Chabla, & Luna, 2015).



## Gráfico 7. Clasificación de Fertilidad de Suelo Ecuatoriano



**Fuente:** Banco Central del Ecuador 1982. Atlas del mundo, Ecuador

A continuación, se describe las características de los órdenes de suelos encontrados en la propiedad, según la taxonomía de suelos se clasifican en:

### 2.4.1. Suelos Alfisoles

Son suelos usualmente formados en las superficies jóvenes, estos poseen un horizonte sub superficial con un enriquecimiento secundario de arcillas creado a través de condiciones de acidez o de alcalinidad sódica. Generalmente se encuentran asociados a un horizonte superficial claro, los cuales suelen en su mayoría tener carencia de materia orgánica y poco espesor. (USDA, 2008)

Gran parte de los suelos alfisoles se forman bajo una vegetación forestal y presentan un alto nivel de saturación en base a todo el perfil. El clima

característico en donde se forman este tipo de suelos es subhúmedo a semiárido, con lluvias inferiores a 800 – 900 mm/año, los cuales determinan regímenes ústicos con déficit hídrico de más de 5 meses. (Calvache, 2010)

**Gráfico 8.** Suelos Alfisoles



Fuente: [www.datuopinion.com](http://www.datuopinion.com)

#### **2.4.2. Suelos Inceptisoles**

Son suelos comunes de regiones subhúmedas y húmedas por lo general son suelos minerales con un incipiente desarrollo de horizontes pedogenéticos que no han logrado desarrollar características de otros órdenes. Este tipo de suelos se encuentran en fase temprana de desarrollo por lo que no presentan una significativa acumulación de arcilla, a su vez muestran horizontes alterados los cuales han sufrido pérdida de bases, hierro y aluminio, pero aun así han logrado la conservación de notables reservas de minerales meteorizables. (USDA, 2008)

Además, tienen un alto contenido de materia orgánica, sin embargo, en climas cálidos la tasa de descomposición de dicha materia es mayor. Usualmente presentan permafrost y poseen un mal drenaje, junto con la presencia de un pH ácido (Silva, 2002).

**Gráfico 9.** Suelos Inceptisoles



**Fuente:** turalte3.wix.com

### **2.4.3. Suelos Entisoles**

Son suelos jóvenes y sin horizontes genéticos naturales o incipientes formados comúnmente por aluviones de los cuales dependen mineralmente la mayor parte de estos suelos tiene un horizonte superficial claro, de poco espesor y usualmente con una materia orgánica pobre (USDA, 2008).

Entre estos horizontes pueden incluirse algunos enterrados a más de 50 cm de profundidad pueden localizarse en su mayoría en diferentes paisajes en todo el territorio nacional sobre todo en las áreas en posiciones de

diques, dunas o superficies sometidas a acumulaciones arenosas de origen eólico, tienen al menos un 30 % de fragmentos rocosos y por lo general reaccionan a abonos de nitrógeno (Calvache, 2010).

**Gráfico 10.** Suelos Entisoles



**Fuente:** turalte3.wix.com

## **2.5. Unidad Cartográfica o de Mapeo**

La unidad cartográfica de suelos es la unidad básica de un mapa de suelos; en mapas de pequeña escala, las unidades cartográficas de suelos raramente comprenden suelos individuales, puesto que normalmente consisten en una combinación de un suelo dominante con suelos asociados.

Cuando varios suelos de una unidad cartográfica se presentan en proporciones definidas en un determinado modelo geográfico, constituyen

una asociación de suelos; si tal modelo no existe, forman un suelo complejo (Carmona & Monsalve, 2008)

## **2.6. Consociaciones**

Son áreas las cuales están controladas por un solo taxón y por similares suelos; Como disposición se requiere que al menos el 50 % de cada delineación en una consociación esté formada por el suelo que provee el nombre a esa unidad cartográfica. La mayor parte de los suelos restantes son tan similares a la dominante que las interpretaciones mayores no serán afectadas significativamente (FAO, 2007).

## **2.7. Inclusiones**

Las inclusiones de suelos distintos no son superiores al 15 %. Una inclusión de un suelo disímil, es decir con diferente reacción, usualmente no serán superiores al 10 % de la superficie, si es muy contrastada. Sin embargo, la cantidad de inclusiones disímiles en una delineación individual de una unidad cartográfica puede ser mayor del 10 %, si no se obtiene ninguna ventaja práctica de definir una nueva unidad cartográfica (Huertas, 2015).

## **2.8. Densidad Aparente**

Es la relación entre la masa secada en horno (estufa 105 °C) de las partículas del suelo y el volumen total, esto incluye el espacio poroso que ocupan. La Densidad Aparente permite estimar el grado de compactación cuando se conoce la porosidad del suelo.

Los suelos naturalmente tienen diferentes densidades debido a la diferencia de texturas, de la porosidad y de la materia orgánica. Según lo que indica (Brady, 1974) cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1.20 a 1.80 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 35 a 50 %, mientras que suelos arcillosos poseen una densidad de 1.00 a 1.60 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 40 a 60 %. Se debe de recordar que la densidad y la porosidad del suelo son características que pueden ser variables según el tipo y de la intensidad de labranza.

De acuerdo a lo indican (Archer y Smith, 1972), La densidad aparente de, los suelo se encuentran alrededor de 1.75 g/cm<sup>3</sup> para suelos de textura arena franca, 1.50 g/cm<sup>3</sup> para suelos franco arenosos, 1.40 g/cm<sup>3</sup> para suelos franco limosos y 1.20 g/cm<sup>3</sup> para franco arcillosos.

## 2.9. El cultivo de Cacao

El Cacao botánicamente llamado *Theobroma cacao* L., nombre con el cual se identifica al árbol del cacao o cacaotero, cuya planta es de hoja perenne perteneciente al grupo de las Malváceas. La palabra *Theobroma* se deriva del griego la cual significa «alimento de los dioses» (León, 2000).

En la Antigüedad se afirmaba que el punto originario del cacao se ubicaba en Mesoamérica entre los países de México, Guatemala y Honduras, en donde se ha expuesto que dicha planta había sido usada alrededor de 2,000 años A.C. (Henderson, 2007). Sin embargo, recientes estudios realizados demuestran que al menos una de las variedades de *Theobroma Cacao* tiene como punto de origen la Alta Amazonía la cual comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, y Brasil, en donde han hallado una gran variabilidad de cacao y que esta ha sido usada en dicha región por más de 5,000 años (Pound & Cheesman , 1934).

En el Ecuador la cultura del cacao se registra desde antes de la llegada de los españoles en la costa del Pacífico; según historiadores en aquella época ya se podían observar sembríos de árboles de cacao, los cuales señalaban la presencia de entendimiento y uso de dicha especie en la región costera, antes de la llegada de los europeos (ANECACAO, 2015).

Se puede definir al cacao como una fruta tropical, la cual se desarrolla en un árbol que tiene flores de pequeño tamaño las cuales se observan en sus ramas y estas logran producir una mazorca la cual contiene en su interior granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar la cual resulta muy atractiva al gusto del consumidor. La producción de esta fruta se centra en su mayor parte en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos (IEPI, 2014).

## 2.10. Descripción botánica

- **Planta:** Árbol de altura media aproximadamente 5 - 8 m. no obstante puede llegar a medir hasta alrededor de unos 20 m. cuando se desarrolla libremente bajo una intensa sombra. La corona de este árbol tiene un diámetro de 7 a 9 m., suele ser densa y redondeada (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2011, págs. 3-6).
- **Sistema radicular:** Su raíz principal es oscilante, además posee muchas raíces secundarias, las cuales en su mayoría pueden encontrarse en los primeros 30 cm. del suelo (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2011, págs. 3-6).
- **Hojas:** Estas suelen ser simples e intactas, en su mayor parte de color verde, aunque puede variar entre colores café claro, morado, rojizo o



verde pálido y con un corto pecíolo (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2011, págs. 3-6).

- **Flores:** Por lo general de pequeño tamaño, estas se producen de la misma forma que los frutos, en pequeños ramilletes en el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, cerca de los lugares en donde antes estaban hojas presentes (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2011, págs. 3-6).
  
- **Fruto:** De forma, tamaño y color variado, pero usualmente tienen aspecto semejante a una baya, con 30 cm de largo y 10 cm de diámetro.
  
- **Semilla:** De igual manera que en el fruto, las semillas también son polimorfas, es decir que varían de elipsoides, ovoides a amigdaloides de sección redondeada e inusualmente comprimida (Dostert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2011, págs. 3-6)

### **2.11. Variedades de cultivo cacao**

El cacao es una especie de planta originaria de los bosques tropicales del continente Suramericano. Este tiene un alto grado de diversificación y variabilidad genética debido principalmente a su sistema de reproducción sexual y a su polinización cruzada natural.

### 2.11.1. Criollos

También llamados híbridos o cacao dulce, representa a los cacaos originales de las cuales se considera que sus plantaciones más antiguas datan del siglo XVII. Cultivados inicialmente en Venezuela, América central y México; hoy en día estos también los reencontramos en Ecuador, Nicaragua y Guatemala (Arpide, 2007).

**Gráfico 11.** Cacao Criollo



**Fuente:** [supernutrientes.co.uk](http://supernutrientes.co.uk)

Son conocidos por su finura y fuerte aroma, se encuentran en la actualidad sustituyendo a antiguas plantaciones de Forasteros. Este tipo de planta produce aproximadamente 10 kilos de cacao por año. (Plaisir, 2005). Se caracteriza principalmente por sus frutos de cáscara blanda y semillas redondas, de color blanco a violeta, de sabor dulce y agradable.

### 2.11.2. Forastero

Este es uno de los grupos más diversificado y forma parte de una especie mucho más resistente y más productiva que el Criollo; puede

producir hasta 120 kilos anuales por cada planta, aunque resulta tener una menor calidad (Graziani, 2002).

**Gráfico 12.** Cacao Forastero



**Fuente:** flordebaba.com

Cultivados originalmente en Alta Amazonia, han logrado formar parte en la actualidad de la producción principal de África del oeste y conforman el 80 % de la producción total del mundo. Se puede decir que se trata de un tipo de cacao de calidad común, con sutil aroma y una corta pero fuerte amargura, el cual forma parte de la fabricación de los chocolates usuales (Graziani, 2002).

### **2.11.3. Trinitario**

Este tipo de cacao es un híbrido biológico natural originado entre Criollos y Forasteros, el cual se dice fue exportado por Trinidad en donde los colonos españoles establecieron plantaciones. Su atributo no es puro conforme a su especie y su calidad varía de media a superior, con un alto contenido en manteca de cacao (Arpide, 2007).

**Gráfico 13.** Cacao Trinitario



**Fuente:** [nativos.com](http://nativos.com)

De acuerdo con Plaisir (2005) conforma el 15 % de la producción mundial, se considera que este tipo de cacao es el punto medio entre calidad, precio y volumen de producción debido a que produce hasta 60 kilos al año por planta; no obstante, el criollo es el más destacado y con mayor demanda de mercado entre los fabricantes de chocolate fino.

**Gráfico 14.** Cacao Nacional (izq.) y CCN-51 (der.)



**Fuente:** [www.elcomercio.com](http://www.elcomercio.com)

De igual forma Ecuador es uno de los países con mayor demanda en este segmento del mercado mundial de acuerdo con las estadísticas de

ProEcuador, este producto tiene una participación del 63 %. Actualmente en el Ecuador se cultivan dos tipos de cacao: el Cacao CCN-51 (Colección Castro Naranjal) y el llamado Cacao Nacional el cual es un cacao que posee fino aroma, también conocido como 'Arriba' (Gerrero, 2013).

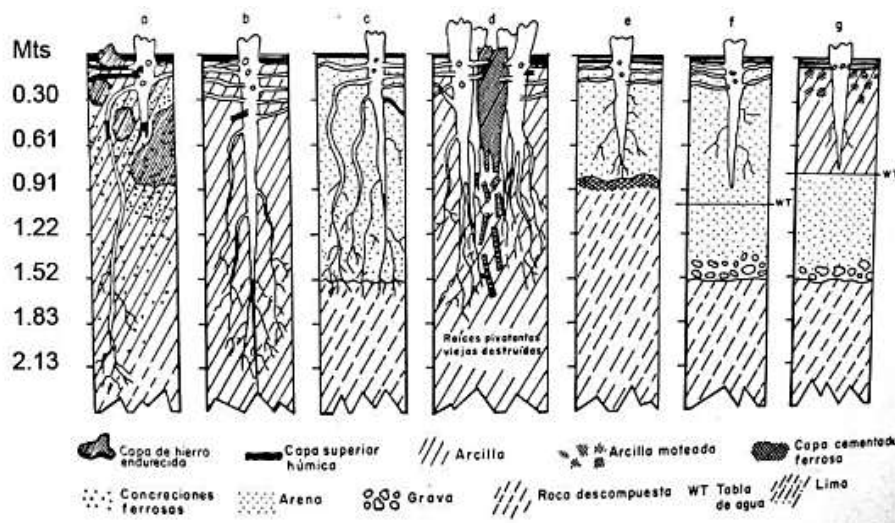
## **2.12. Condiciones del suelo para el cultivo cacao.**

De acuerdo con Rivas (2011) los suelos óptimos: son aquellos con origen aluviales de textura franca como el arcilloso-arenosa y los de arena-arcillosas, debido a que se ha analizado que tiene un mayor rango de adaptabilidad a suelos en laderas con una inclinación mayor al 25 % con manejo de cobertura asentados en curvas de nivel. A su vez Zapata (2004) afirma que el pH o reacción del suelo varía el pH entre 4.5 y 8.5; considerándose el más adecuado el pH entre 5.5 a 6.5. Por su parte, Valencia (2010) indica que, las características favorables del suelo: para que el cultivo de cacao se desarrolle mejor es que no tenga rocas continuas ni se formen terrones muy rígidos, debido a que necesita tener un buen drenaje o que sean fáciles de drenar mediante la construcción de canales, por lo que no deben ser ni muy pesados o arcillosos ni demasiado arenosos y que tengan 1.5 m de profundidad, ricos en materia orgánica y nutrientes minerales.

Baird (2008) concluye que las características desfavorables de los suelos: para que el cultivo de cacao no pueda desarrollarse óptimamente el

perfil del suelo no debe ser muy superficial, tampoco debe tener un nivel freático alto que presente una capa poco friable y con altas concentraciones de aluminio, además se debe manejar el rango de erosión del suelo con la finalidad de viabilizar el crecimiento de las raíces.

**Gráfico 15.** Desarrollo Radicular del cacao según su Tipo de Suelo



Fuente: [www.oas.org](http://www.oas.org)

### 2.13. Condiciones de clima para el cultivo cacao

De acuerdo con Gutiérrez (2010) y González (2008) las condiciones óptimas para la producción del cultivo de cacao son:

- a. **Temperatura:** La temperatura es un factor determinante para el desarrollo del cultivo de cacao, requiere las siguientes características:

- La temperatura media anual tiene que estar alrededor de 24 a 26 °C y no deberá excederse de 30 °C.
- La temperatura media diaria no deberá ser menor a 15 °C.
- La fluctuación diaria de temperatura entre el día y la noche no deberá ser menor a 9 °C.

Por lo que se puede decir, que las condiciones de temperatura registradas en la Costa Ecuatoriana son óptimas para el desarrollo del cultivo y para la debida producción de cacao de alta calidad (Gutierrez, 2010).

**b. Precipitación o Lluvias:** El cacao es una planta poco tolerante a la falta de humedad en el suelo, por lo que se considera importante que tenga una adecuada distribución de lluvia a lo largo del año; requiriendo que el mínimo sea de 100 mm/mes con una precipitación anual entre 1,200 a 2,800 mm/año (Gonzalez, 2008).

Gutierrez (2012) afirma que, si la zona presenta demasiadas lluvias, es decir de 1,800 a 3,000 mm/año, los suelos deberán tener buen drenaje. La distribución de lluvias ayuda a determinar la campaña cacaotera, la cual comprende 4 etapas: descanso, brote, floración y cosecha, aunque este ciclo no siempre es continuo, debido a que hay etapas que se superponen. La

determinación de la campaña cacaofera es importante puesto que esta es la base para la administración de las distintas labores culturales.

**c. Humedad Relativa:** Está se encuentra en relación directa con la distribución de las lluvias, la cual debe ser superior al 70 % ligada a las condiciones naturales de la costa ecuatoriana, la humedad relativa deberá fluctuar entre el 70 % a 80 %. Uno de los factores determinantes que beneficia al incremento de la humedad relativa y potencia el ataque de plagas y enfermedades, es el manejo de la sombra permanente (Valencia, 2010).

**d. Luminosidad:** Se estima que un grado lumínico menor del 50 % del total de luz restringe la productividad entretanto un grado lumínico ligeramente mayor al 50 % del total de luz recibida aumenta dicha productividad (Gonzalez, 2008).

De acuerdo con Gutiérrez (2010), en ciertos países se observan aumentos parciales de rendimiento, superiores al 180 %, luego de haber eliminado la sombra permanente, suplementándolo con labores agronómicas de fertilización con un alto contenido y mediante el control de sistemas de riego.



**e. Altitud:** La altitud en cambio se encuentra relacionada directamente con la temperatura, es decir, que a medida que aumente la altitud la temperatura disminuirá. El nivel adecuado para el cultivo se encuentra entre los 0 - 750 msnm; por fuera de este límite la plantación puede sufrir de alteraciones fisiológicas las cuales afectarían el rendimiento productivo el cual se verá reflejado en una menor productividad y menor rentabilidad para el productor (Gonzalez, 2008).

## **2.14. Labores culturales del cultivo cacao**

### **2.14.1. Preparación del suelo**

De acuerdo con Quiroz y Mestanza (2012) el suelo es un medio esencial para el desarrollo de cacaotales, por lo que este deberá ser protegido contra los rayos de sol en las etapas iniciales del cultivo, esto debido a la poca capacidad fotosintética de las hojas de cacao, además de afectar al suelo debido a que éstos desgastan con mayor rapidez la capa de humus sin que el cultivo este en capacidad de completar el ciclo biogeoquímico y mantener los niveles de materia orgánica necesarios. Por lo cual se sugiere que exista una debida luminosidad y cuidado de la hojarasca, no hacer uso de labores profundas y que las malas hierbas estén lo más corto posible. La hojarasca y el sombreado permiten el mantenimiento de la humedad que se requiere durante los meses de sequía.

Usualmente el cacao presenta una alta sensibilidad en terrenos encharcados por lo que es recomendable la utilización de drenajes que sean adecuados para impedir el anegamiento, de la misma forma se considera necesaria la construcción de canales que permitan la recolección y conducción del exceso de agua de lluvia para impedir que esta elimine la hojarasca y el horizonte húmico del suelo (Larrea, 2008).

#### **2.14.2. Eliminación de malas hierbas**

En campo la eliminación de malas hierbas se lleva a cabo principalmente por medio de escarda química. Por lo general las plantas que crecen en los viveros son muy susceptibles al efecto que producen los herbicidas por lo se consideran sean aplicados con precaución. Los productos que usualmente se utilizan son el diuron, el dalapon y el gesapax (InfoAgro, 2009).

Al realizar aplicaciones de herbicidas es importante tener en cuenta que estos no tengan contacto directo con la planta de cacao, por lo que se recomienda que se utilicen protectores de plásticos cilíndricos que ayuden a proteger a las plantas (Quiroz & Mestanza , 2012).

No se ha podido determinar específicamente los efectos que causan estos herbicidas en los árboles de sombra (el plátano la papaya) en los cacaotales, por lo cual se sugiere tener debida precaución y no emplearlos cerca de dichas plantas (Gutierrez, 2012).

### **2.14.3. Poda**

Esta técnica consiste primordialmente en eliminar todos los chupones y ramas que no son necesarios, de igual manera que aquellas partes del árbol que se encuentren enfermas y muertas. La poda actúa de forma directa sobre el desarrollo y producción del cacaotero debido a que se limita básicamente a la altura de los árboles y de esta forma se disminuye la posibilidad de que aparezcan plagas y enfermedades. Existen varios tipos de poda:

#### ***2.14.3.1. Poda de formación***

Esta se realiza durante los primeros años de edad del árbol, y se basa principalmente en dejar un solo tallo y observar cómo se forma la horqueta o verticilo, el cual deberá formarse alrededor de los 10 y 16 meses de edad de la planta, con el único fin de dejar cuatro o más ramas principales o primarias para que estas logren formar el armazón y la futura copa del árbol. Estas ramas principales serán la futura madera donde se formará la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal (Agropecuarios, 2012).

**Gráfico 16.** Poda de formación del cultivo cacao



**Fuente:** porcelanafinocacao.net

En cuanto más joven sea el material podado, mejores serán los resultados que se obtengan. Las ramas secundarias son elegidas en el segundo y tercer año y así de forma progresiva, hasta llegar a formar la copa del árbol. Aquellas ramas que se encuentren entrecruzadas muy juntas y aquellas que tiendan a irse hacia adentro serán eliminadas (Quiroz & Mestanza , 2012).

#### **2.14.3.2. Poda de mantenimiento**

A partir de los dos o tres años de edad los árboles estos deberán ser sujetos a una ligera poda a través de la cual se logrará mantener el árbol en buena forma y eliminar los chupones, y ramas muertas o que estén mal ubicadas. El objetivo principal de esta poda es ayudar a proteger el desarrollo y crecimiento balanceado de la planta de cacao. (InfoAgro, 2009)

**Gráfico 17.** Poda de mantenimiento del cultivo cacao



**Fuente:** Fundación ETEA

#### **2.14.3.3. Poda fitosanitaria**

Esta comprende principalmente en la eliminación de todas las ramas que se encuentren en mal estado, es decir defectuosas, secas, enfermas, desgarradas, torcidas, cruzadas y aquellas débiles que estén muy juntas. Debe comprender también la recolección de frutos dañados o enfermos. (Agropecuarios, 2012)

**Gráfico 18.** Poda fitosanitaria *del cultivo cacao*



**Fuente:** [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)

#### **2.14.3.4. Poda de rehabilitación**

Esta se ejecuta preferencialmente en aquellos cacaotales antiguos que se encuentran improductivos y consta en regenerar dichos árboles que están mal formados o viejos mediante podas parciales, manteniendo las ramas que estén en mejor estado, o podando el tronco para de esta manera estimular al crecimiento de chupones, escogiendo aquel que sea más vigoroso y se encuentre mejor situado con proximidad al suelo, sobre cual se construirá un árbol nuevo. Así también, se puede implementar nuevos injertos en los chupones y para después dejar crecer solamente dichos injertos. (Avila, 2013)

**Gráfico 19.** Poda de rehabilitación del cultivo cacao



Fuente: [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)

#### **2.14.3.5. Poda de sombra**

Esta es realizada en las especies propiamente de sombra para prevenir que éstas se ramifiquen a una baja altura y eviten el desarrollo de las plantas de cacao. Usualmente se podan una o dos veces al año para de esta manera contribuir con el manejo del cultivo, en esta se cortan las ramas bajas y sobrantes de las plantas de sombra permanente, lo cual permitirá

obtener buenos rendimientos, debido a que por medio de esta técnica se logra controlar el nivel de sombra que por lo general se recomienda sea próximo al 30 %. (Agropecuarios, 2012)

**Gráfico 20.** Poda de sombra en cultivo de cacao



**Fuente:** [cacaomobil.com](http://cacaomobil.com)

Hay que tener en cuenta lo importante que es tener un manejo de los suelos, puesto que esto nos permitirá modificar las características del mismo con el fin de hacer que este sea más adecuado para el uso se requiere.

Por esto muchas veces se utilizan métodos de fertilización los cuales permitirán que se incremente el nivel de fertilidad, a su vez se encala lo cual ayudará a ajustar la acidez de la planta, se labra la tierra para lograr el cambio de la estructura de la misma y se drena para de esta forma aumentar la aireación del suelo. Por lo que resulta indispensable realizar un análisis minucioso para conocer cuáles son las características que necesiten ser modificadas y mediante la interpretación de dicho análisis decidir cuál será la acción más idónea para nuestro cultivo (Larrea, 2008)

#### **2.14.4. Plagas y Enfermedades**

Generalmente uno de los mayores problemas a los que debe enfrentarse el productor de cacao son las enfermedades, las cuales muchas veces ocasionan hasta un 80 % de pérdidas de la producción del cultivo, sin importar el tipo de cacao.

Los párrafos siguientes describen las enfermedades más comunes.

##### **2.14.4.1. *Escoba De Bruja***

Infecta directamente a los puntos de crecimiento de la planta, provocando la deformación de las hojas, ramas, cojinetes florales y frutos, esta es causada por un hongo el cual se presenta en fincas con exceso de material vegetativo, lo que ocasiona un hinchamiento de los brotes y las mazorcas dañadas toman la forma de zanahorias o chirimoyas (Gutierrez, 2012).



**Gráfico 21.** Enfermedad escoba de bruja en las ramas de cacao



**Fuente:** [www.fundesyram.info](http://www.fundesyram.info)

#### **2.14.4.2. *Monilia o Mal De Quevedo***

Considerada una de las enfermedades más grave en nuestro país, puesto que afecta únicamente al fruto en cualquiera de sus estados de desarrollo, incidiendo de forma directa en la producción y calidad del grano, los síntomas suelen presentarse en la mazorca a través de una mancha color chocolate y sobre la misma zona se origina una masa de color blanco (ANECACAO, 2015).

**Gráfico 22.** Enfermedad de monilia en el cacao



**Fuente:** [cacaomobil.com](http://cacaomobil.com)

#### **2.14.4.3. Mal de Machete**

Es causado usualmente por hongos los cuales pueden llegar a matar al árbol de cacao y que se relaciona con el barrenador del tronco el cual infecta los sistemas internos de la planta causando su muerte, percibiendo que las hojas se secan y quedan pegadas al árbol (Agropecuarios, 2012).

**Gráfico 23.** Enfermedad de mal de machete el cacao



**Fuente:** dropdata.org

#### **2.14.4.4. Phytophthora**

Esta enfermedad afecta a toda la planta cacao, es decir a cada una de sus partes tales como frutos, raíces, tronco, este hongo particularmente vive en el suelo y se beneficia principalmente por la alta humedad del suelo y del ambiente; el daño más grave que se observa por parte de este hongo es aquel que lo ocasiona en las mazorcas, puesto que al abrirlas se puede percibir un olor similar a pescado de mar. (InfoAgro, 2009)

**Gráfico 24.** Enfermedad de Phytophthora en el cacao



Fuente: foresphytophthora.org

#### **2.14.5. Manejo de plagas del cultivo cacao**

El manejo de las plagas que perjudican al cultivo de cacao depende de la etapa en la que se encuentre la plantación, es decir si esta se encuentra en la etapa de establecimiento o de producción (Agropecuarios, 2012). En la etapa de establecimiento del cultivo, los insectos y ácaros son las plagas que mayormente afectan el cultivo; por lo general, en las plantas de vivero el manejo de los insectos plagas debe considerarse la aplicación de pesticidas de forma semanal o cada 15 días, puesto que es preferible que las plántulas vayan al campo en excelente estado de salud (Vetiver, 2009).

En las plantaciones en etapa de producción se ven afectados por plagas invertebradas, como Monalonia, gusanos defoliadores, hormigas defoliadoras y trips, entre otros. En cambio, en plantaciones adultas no se recomienda el uso de químicos para combatir las plagas, debido a que perjudican a una serie de insectos los cuales ayudan al cultivo. Las plagas de vertebrados que afectan al cultivo citamos a las ratas y los pájaros carpinteros (ANECACAO, 2015).

#### **2.14.6. Fertilización del cultivo cacao**

La fertilización es una actividad que permite mejorar o corregir la falta de nutrientes presentes en el suelo, con el fin de lograr que la planta tenga un crecimiento normal y a su vez posibilite tener un alto nivel de producción de cacao con mejor calidad (Agropecuarios, 2012). Antes de dar inicio a cualquier tipo de fertilización es necesario tener conocimiento del grado de fertilidad natural que tenga dicho suelo, para esto se requiere hacer un diagnóstico, el cual se realizará a través de un análisis de suelo y análisis foliar. Este último mencionado probablemente es el más recomendado generalmente en el caso de existir posibles deficiencias nutricionales de elementos menores, es así como a raíz de dicho análisis se recomendarán los niveles de fertilización necesarios (Borrero, 2009).

Para que la fertilización sea exitosa, ésta deberá ir en conjunto con otras labores como: disminución de sombra, control y mantenimiento de riego, control de malezas, control de enfermedades, control de plagas y otros; así también, se debe recordar que la dosis de fertilizantes a usar varía pues esta dependerá del tipo de suelo, el material sombreado, la condición de desarrollo de la planta, el grado de luminosidad y otras (Sarango, 2009).

Por lo que resulta realmente necesario que se realice una apropiada mejora de los suelos añadiendo de forma oportuna abonos orgánicos o fertilizantes químicos. De la misma forma, se sugiere que la fertilización y

mejora del suelo se realice en su mayoría mediante el uso de productos orgánicos como la roca fosfórica ( $P_2O_5$ ), compost, bocachi, cal dolomita, entre otros para que de esta forma la planta no sufra grandes daños (Larrea, 2008).

Usualmente las formulaciones se basan en los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio que señalen los análisis de suelo y conforme a las proporciones que permitan alcanzar un mayor rendimiento de producción. Por lo general, se debe realizar aplicaciones de fertilizantes compuestos (N-P-K), aplicados mayormente en forma radicular y los elementos nutricionales menores pueden ser aplicados de forma foliar debido a que estos son perfectamente absorbidos por las hojas (Espinosa, 2000).

#### **2.14.7. Requerimientos nutricionales del cultivo de Cacao.**

Este tipo de cultivo mientras está en su etapa de establecimiento, retiene grandes cantidades de nutrientes las cuales son necesarias para la formación de su estructura; no obstante, en su etapa productiva esta tendencia suele disminuir, puesto que la mayor parte de los minerales son usados para la formación de frutos por lo que se destaca la importancia de proporcionar los nutrientes necesarios, conforme con el desarrollo y la producción del cultivo en general, e incorpora estimaciones de las cantidades de nutrientes absorbidos por el cacao en sus diferentes etapas de desarrollo (Amores, 2009).

El cultivo de cacao también requiere de ciertos parámetros importantes los cuales es necesario saber y conocer, a continuación, se detallan ciertos requerimientos que exige el cultivo según El la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas de Cacao según el MAGAP (2012).

**Tabla 1.** Requerimientos agroecológicos de la planta de cacao

Parámetro	Rango
<b>Pendiente</b>	Planos a Ligeramente Inclinados (menos de 20 %)
<b>Profundidad</b>	Profundos (mas de 1.90m)
<b>Textura</b>	Franco, Franco Arcilloso, Arcilloso, Arcilloso Arenoso, Franco Arcillo Arenoso, Franco Arenoso, Areno Franco, Arena.
<b>Litología</b>	Muy Poca - Poca
<b>pH</b>	6 a 7.2; Rango Óptimo
<b>Salinidad</b>	No Salino
<b>Toxicidad</b>	Sin o Nula
<b>Nivel De Fertilidad</b>	Alta a Media
<b>Drenaje</b>	Moderadamente Drenado - Bien Drenado
<b>Precipitación</b>	1 200 a 3 200 mm (Bien Distribuidos en el Año)
<b>Temperatura</b>	25 °C Media Anual
<b>Periodos de Humedad</b>	85 a 120 Días

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca- MAGAP, 2012 / Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao, Resolución Técnica No.183.

En Ecuador ha quedado evidenciado que cuando se aumenta el nivel de tecnología, la productividad de los huertos puede llegar a ser duplicada y hasta triplicada. Dentro de las prácticas de mejoramiento tecnológico ejecutadas sobresale el uso de clones mejorados de cacao, implementación de sistema de riego, prácticas de podas sanitarias y el de abonamiento preciso, todo esto en base a la demanda del cultivo (Cebra, 2008).

Estudios realizados por expertos, entre estos (Crespo & Crespo 1997) en la materia demuestran los niveles de requerimiento nutricional para el cacao CCN-51, en relación con la edad y estado de la planta son los que se detallan.

**Tabla 2.** Nutrientes que requiere Cacao CCN-51

Estadio	Edad de árbol (meses)	Requerimientos por planta (gramos)							
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B
Recién sembrada	5	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01	0,01
Producción inicial	28	140	16	170	115	40	4,2	0,6	0,4
Producción media	36	215	25	370	130	65	7,6	1,1	1,2
Producción total	48-90	448	51	710	320	110	5,9	1,6	1,7

**Fuente:** Crespo & Crespo, 1997 / Cultivo y Beneficio del cacao CCN51. / Quito. 136 pp.

Además, otros estudios realizados en Ecuador de igual forma con clon CCN-51, en condiciones de cultivo con total exposición, señaló mediante una extracción de nutrientes con 2.222 plantas/ha. la presencia de: N (101), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (27), K<sub>2</sub>O (204), CaO (69), MgO (42) y S (12) kg ha<sup>-1</sup> y con 833 plantas/ha, fue de 50, 23, y 101, 35, 21 y 6 kg ha<sup>-1</sup> de forma respectiva (Barriga, Menjivar, & Mite, 2006).

El cacao es uno de los cultivos que es exigente en sus requerimientos nutricionales, esto se ve diferenciado y afectado, por motivo del material genético que ha sido propagado y que se utilice en el cultivo, aporte hídrico, nivel de heliofania; de igual manera, otros factores relacionados con la edad cronológica del cultivo, manejo integrado de plagas y enfermedades, factores relacionales con la edafología, tales como el drenaje, según lo indica (Ramos, Ramos, & Azócar, 2000). Igualmente se considera que para

mejorar la producción de cacao se debe tener en cuenta el impacto de los factores ambientales y sus interacciones con el material genético que durante la producción de la planta son importantes.

#### **2.14.8. Sistemas de Riego**

El cultivo de cacao es un cultivo exigente en requerimientos hídricos, que no tolera sequia o excesos de agua, por lo que es necesario que se pueda servir de riego adecuado según las características de suelo, textura, pendiente; de acuerdo a lo que indica (ANECACAO, 2015) según las necesidades y requerimiento de agua de la planta de cacao son de 1,500 a 2,500 mm. en zonas cálidas; y de 1,200 a 1,500 mm. en zonas húmedas, a su vez, indica que, cantidad mensual de agua es de 100 mm. en los meses más secos, factor a considerar en huertas bajo riego. En cultivos tecnificados, se puede aumentar la producción hasta 40 qq. de cacao seco por hectárea y a 25 qq. en huertas tradicionales.



### **3. MARCO METODOLÓGICO**

La presente investigación tiene carácter exploratorio y descriptivo, tiene un enfoque cuantitativo y se aplica un diseño de investigación no experimental, utilizando métodos empíricos de observación y medición. Para la obtención de la información, se aplican técnicas de muestreo de suelos basados en la Estadística Matemática.

#### **3.1. Ubicación del área objeto de estudio**

El trabajo se realiza en la provincia de El Oro, Cantón Arenillas, Parroquia rural Carcabón en la Comunidad El Rocano.

Latitud: 3 ° 39 ' 47.73 " S

Longitud: 80 ° 9 ' 45.24 " O

#### **3.2. Características climáticas**

##### **3.2.1. Clima**

El Cantón Arenillas se encuentra ubicado dentro del tipo de clima Tropical Mega térmico Seco y Tropical Mega térmico Semiárido.

##### **3.2.2. Temperatura**

La temperatura en el Cantón Arenillas según lo indican los datos recopilados por (Durazno, Jimenez, Moral, 2007) está comprendida entre los meses de junio a diciembre con una media que puede ir desde 24.3 °C a 26

°C en Estación Meteorológica La Cuca y de 19 °C a 25 °C en Estación Meteorológica Tahuín, de enero a mayo temperaturas medias en La Cuca de 26.7 °C a 27.4 °C y en Estación Meteorológica Tahuín 25.9 °C a 26.5 °C. Las temperaturas máximas van de 33.1 °C en mes de marzo y 22.9 °C en octubre en la Estación Meteorológica La Cuca, los datos de temperatura en Estación Meteorológica Tahuín refleja la máxima de 31.7 °C en marzo, de acuerdo a lo que indica la Tabla 3

**Tabla 3.** Temperatura de Estaciones Meteorológica (°C)

MES	LA CUCA			TAHUÍN		
	T Prom	T. Max	T Mín.	T Prom	T. Max	T Mín.
Enero	26.7	32.4	19.5	25.9	31.1	21.2
Febrero	27.0	27.0	20.2	26.2	31.1	22.2
Marzo	27.4	33.1	20.7	26.5	31.7	22.7
Abril	27.2	33.1	20.3	26.5	31.6	22.5
Mayo	26.8	32.3	19.8	25.9	31.0	22.3
Junio	25.2	30.3	18.5	25.0	29.7	20.7
Julio	24.3	29.0	17.5	24.0	29.5	20.7
Agosto	24.4	29.4	17.8	23.7	28.8	20.0
Septiembre	24.3	29.2	18.5	23.7	28.4	20.3
Octubre	24.3	29.0	18.6	23.6	28.5	20.2
Noviembre	24.9	30.0	18.6	24.4	29.4	20.3
Diciembre	26.0	31.4	19.0	19.0	30.6	21.1

**Fuente:** Durazno, Jiménez, Moral (2007)<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5492/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-72.pdf>

### 3.2.3. Precipitación

Según los datos recopilados por (Durazno, Jimenez, Moral, 2007) los meses con mayor precipitación son de enero a junio, siendo febrero el mes de mayor registro de precipitación con 203.2 mm. en Estación Meteorológica La Cuca. El mínimo de precipitación es registrado entre julio a diciembre con valor de 5.2mm. en agosto. En los meses ya antes mencionados en la

Estación Meteorológica Tahuín se registra la máxima en febrero 272.1 mm. Y la mínima en agosto con 3.9 mm, de acuerdo a lo que indica la Tabla 4.

**Tabla 4.** Precipitación medias mensual (mm.)

MES	LA CUCA	TAHUÍN
Enero	132.1	165.0
Febrero	203.2	272.1
Marzo	163.3	184.6
Abril	137.4	152.6
Mayo	50.5	61.6
Junio	28.8	39.8
Julio	8.9	6.3
Agosto	5.2	3.9
Septiembre	9.7	9.1
Octubre	19.7	10.1
Noviembre	30.9	22.9
Diciembre	38.2	70.1

**Fuente:** Durazno, Jimenes, Moral (2007)  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5492/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-72.pdf>

### 3.2.4. Humedad Relativa

En la Estación Meteorológica de La Cuca la humedad relativa media es de 86.2 %, con el valor máximo de 87.8 % en Agosto y mínima de 84.6 % reflejada en marzo. La Estación Meteorológica Tahuín se presenta con una media de 86.6 %, con una máxima de 87.6 % en junio, julio y octubre, datos recopilados por (Durazno, Jimenez, Moral, 2007) como lo indica la Tabla 5.

**Tabla 5.** Humedad relativa de la Estación La Cuca y Tahuín (%)

MES	LA CUCA	TAHUÍN
Enero	85.1	84.8
Febrero	85.6	86.0
Marzo	84.6	85.9
Abril	84.9	86.6
Mayo	84.9	87.3
Junio	86.5	87.6
Julio	87.7	87.6
Agosto	87.8	87.3
Septiembre	87.2	87.5
Octubre	87.0	87.6
Noviembre	86.3	87.3
Diciembre	85.4	85.6

**Fuente:** Durazno, Jimenes, Moral (2007)<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5492/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-72.pdf>

### 3.2.5. Heliofanía

Y por último (Durazno, Jimenez, Moral, 2007) manifiestan que el acumulado de horas luz anual es de 1040.4 horas, teniendo un máximo de 122.6 horas en abril y reflejando un mínimo de 57.6 horas en septiembre.

### 3.3. Materiales

#### En Campo

- GPS
- Tabla descriptiva Munsell
- Barrenos
- Regla
- Lápiz
- Marcador.
- Machete
- Navaja texturadora
- Fundas ziploc
- Palas

- Cinta métrica
- Descriptores de campo
- Cámara fotográfica

#### En Oficina

- Computadora, Laptop
- Agenda
- Cuaderno de apuntes
- Planilla para Densidad A

### **3.4. Levantamiento de suelos.**

La clasificación local de la aptitud del suelo para el cultivo agrícola está referida a los parámetros establecidos en la Guía para descripción de suelos de la (FAO, 2009), la misma que es adaptada en la metodología desarrollada por la Empresa AGRORUM S.A. y que es aplicada en el presente estudio para la clasificación de los suelos de la Comunidad El Rocano, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro.

La metodología considera en el levantamiento de suelos, el muestreo de las variables físicas del suelo: profundidad, textura, color, pendiente, régimen de humedad, horizontes, profundidad de horizonte, pedregosidad, entre otros.

Los suelos se clasifican utilizando un código alfanumérico, que inicia en A0 como el mejor suelo (franco) y termina en F5 con terrenos con alta pedregosidad superficial, a esta clasificación se le ha otorgado el nombre de Sub-clases de suelo.

Se realiza un recorrido por los suelos de la Comunidad El Rocano y se dibuja un croquis sencillo, detallando unidades ambientales, génesis, tipo de roca o depósito superficial, las superficies homogéneas, relieve, áreas trabajadas y fertilizadas, para posteriormente realizar la delimitación de las áreas donde se procederá a realizar el estudio y tomar las muestras de suelos.

La toma de muestras se realiza de acuerdo a la metodología de Soil Survey Manual (1993), aplicando una intensidad de 1 observación por cada hectárea, equivalente a 1 observación por cada 100 metros entre barrenazos, de acuerdo a una matriz sistemática de distribución de las muestras.

Se utiliza el barrenito tubo tipo Pürkhauer; debido a que la muestra se saca con un barrenito, la observación se llama barrenazo (BZO). Con esta herramienta se puede obtener muestras cada de 30 cm de suelo. Luego se vuelve a insertar el barrenito en el mismo hoyo para sacar el suelo de 30 a 60 cm, así sucesivamente y si las condiciones lo permiten, hasta llegar a 120 cm.

La información recabada (observaciones) debe ser georreferenciada, mediante coordenadas geográficas del GPS, para de ese modo poder levantar la información necesaria para el estudio; entre las características se determinan: textura, profundidad, cromas, litología, clima, entre otras; por cada horizonte encontrado se determinó el límite superior e inferior (cm), el color de la matriz de suelo según el libro de colores Munsell, la textura al tacto, estructura, el hidromorfismo, litología y la profundidad del nivel freático del sitio (cm)

### 3.4.1. Variables evaluadas

**Tabla 6.** Indicadores de Variables y Metodologías.

<b>Variables Físicas</b>	<b>Definición</b>	<b>Metodología de Medición</b>
Horizonte	Capa del suelo que tiene la misma característica física, la cual es determinada en centímetros según su profundidad (superior e inferior, cm).	Guía de Interpretación de suelos - FAO
Textura	Nombre que se le da a porción de suelo medida según la granulometría que se presente.	Método de Bouyocuos
Color	Trama de suelo que se presente comparada con el Manual de descripción de colores.	Tabla Munssel
Estructura	Caracterización y descripción física de los agregados del suelos según su proceso pedogenético.	Guía de Interpretación de suelos - FAO
Litología	Presencia física de material petreo superficial y dentro del suelo.	Guía de Interpretación de suelos - FAO
Nivel Freático	Oscilación de Agua que se encuentra en el suelo.	
Densidad aparente	Es el grado de compactación que tienen los suelos, dependiendo de los factores que componen el suelo.	Rangos de Brady & Weil
Porcentaje de porosidad	Mide el espacio que se encuentra en el suelo, estos pueden estar llenos de agua o aire.	Rangos de Amézquita

**Fuente:** Elaborado por el autor

Concluida la exploración sistemática de los suelos objeto de estudio mediante muestreo sistemático, extrayendo los perfiles de suelos con el barrenos se procede a ubicar cada punto de muestreo, georreferenciado con GPS en campo, en el mapa de área y se procede a estratificar el terreno dibujando isolíneas que agrupan los suelos de acuerdo a su comportamiento y homogeneidad para las variables profundidad y textura, se considera además las variaciones topográficas del terreno de acuerdo al criterio del técnico de suelos.

### 3.4.2. Análisis Estadístico.

Para la determinación de la precisión del muestreo de suelos, se calculan los estadísticos correspondientes a las medidas de tendencia central y de dispersión de las variables físicas profundidad y textura obtenidas mediante los barrenazos en los puntos predeterminados por la distribución sistemática de los mismos sobre el terreno, de acuerdo a la intensidad de muestro acordada de una muestra cada 100 metros.

A los efectos del presente trabajo se considera que las variables seleccionadas, profundidad y textura, están directamente relacionadas con la aptitud del suelo para el cultivo.

Los valores de las variables indicadas son procesados con las facilidades para cálculo estadístico de la herramienta EXCEL:

Se denota por  $x_i$  al valor que toma cualquiera de las variables seleccionadas en un punto de muestreo.

Promedio aritmético de la muestra:  $x_{prom} = (\sum x_i)/n$

$x_i$ : valor que toma cualquiera de las variables seleccionadas en un punto de muestreo.

$n$ : número de muestras

Desviación Estándar de la muestra:  $s = \sqrt{(\sum x_i - x_{prom})^2 / (n-1)}$

Coefficiente de variación:  $CV = s/x_{prom}$

Error de muestreo:  $E = \pm (s/\sqrt{n}) t$

Estadígrafo de decisión:  $t$  de Student, 1,96 para 95 % de probabilidad

La variable numérica profundidad es procesada directamente, sin transformación.



La variable textura nominal, se codifica de tal manera, que se pueda obtener un valor alfanumérico que califique e identifique las texturas promedio del perfil de suelo muestreado por el barrenazo, es así que se demuestra de acuerdo a la **Tabla 7** presentada a continuación:

**Tabla 7.** Codificación alfanumérica de texturas.

TEX	Cod.	TEX	Cod.
F	1	FA	12
A	2	FAL	123
L	3	FAr	14
Ar	4	ArF	41
MA	25	FAAr	124
Pi	6	AAr	24

**Fuente:** Elaborado por el autor

De acuerdo a las texturas encontradas en el estudio de suelos, y la tabla anterior, se detallan según su nomenclatura a continuación: F (Textura Franco), A (Textura Arcillosa), L (Textura Limosa), Ar (Textura Arenosa), MA (Textura Muy Arcillosa), Pi (Textura Piedra), FA (Textura Franco Arcillosa), FAL (Textura Franco Arcillo Limosa), FAr (Textura Franco Arenosa), ArF (Textura Areno Francosa), FAAr (Textura Franco Arcillo Arenosa), AAr (Textura Arcillo Arenosa).

### **3.4.3. Estudios complementarios de suelos.**

#### **3.4.3.1. Calicatas**

Adicionalmente al muestreo de los suelos mediante barrenos se prepararon calicatas distribuidas, en cantidad, proporcionalmente a la superficie ocupada por los tipos de suelos identificados en cantidad de 1 calicata por cada 5 hectáreas.

Las calicatas se realizan con una profundidad de 1, 80m x 1.50 x1.50 aproximadamente, donde además de las variables que se toman en los barrenazos, se registran altitud, material parental encontrado, geoforma, topografía del terreno, drenaje, nivel freático, estructura, consistencia, porosidad, presencia y característica de raíces, límite entre horizontes; de a la igual forma por horizonte se tomaron muestras de suelo para determinar la densidad aparente (compactación) y medir porosidad.

#### **3.4.3.2. Muestras de Densidad Aparente**

Luego de realizadas las Calicatas, se identifican los horizontes en los perfiles de suelos descubiertos y se procede a tomar muestras en cada uno de ellos de forma horizontal, con un barreno tipo tubo de menor longitud, se identifica el diámetro del mismo; al ingresar el barreno y extraer muestra, se limpia de alguna impureza externa, se mide la longitud de la misma, se coloca dentro de un contenedor; las muestras colectadas puestas en fundas se identifican adecuadamente, con el nombre del predio, nombre de la finca, propietario, ubicación geográfica, número de muestra y lote, y se llevan a laboratorio para las determinaciones de Densidad Aparente y Porosidad.

#### **3.4.3.3. Muestras para Análisis de fertilidad.**

Para finalizar el trabajo en campo, se procedió a tomar las sub muestras de suelo de las cuales se obtuvieron muestras para el análisis de fertilidad de los suelos, las cuales se obtuvieron como se detalla a continuación:

De acuerdo a las isolíneas generadas y Sub Clases de suelo identificados, se colectan las sub muestras de suelo para fertilidad, las cuales se tomaron a una profundidad de hasta 30 cm; estas se colectaron de manera simétrica a razón de 2 submuestras x cada ha. de la propiedad de acuerdo a tipo de suelo, siendo las submuestras diferenciadas según los lotes de muestreos para determinar las características físico químicas cada Sub Clase de suelo, colectando mayor densidad de submuestras para obtener mayor representatividad en los resultados.

#### **3.4.3.4. Elaboración y edición de mapas.**

Luego del trabajo realizado en campo, se procede a descargar la información del GPS extraída en campo, para realizar el trabajo en oficina para la elaboración de los Mapas utilizando las facilidades del software de Sistemas de Información Geográfica, como son MapSource 6.16.3 de Garmin y ArcMap 10 de ArcGis.

#### **3.4.3.5. Mapas elaborados**

En este estudio de acuerdo a las características y datos arrojados se procedieron a realizar los siguientes mapas:

- a) Mapa de Suelos Isolíneas.
- b) Mapa de Muestreos.
- c) Mapa de Hidromorfismo.
- d) Mapa de Litología.
- e) Mapa de Unidades de Manejo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Muestras de Suelo

La superficie del predio objeto de estudio se calculó en 33, 14 ha mediante el levantamiento planimétrico.

Se realizaron un total de 37 barrenos hasta una profundidad de 120 cm en la superficie del predio, distribuidos sistemáticamente, con un espaciamiento de 100 m equivalente a una densidad de un barreno por hectárea. Los datos de la información de los barrenos, se encuentra en la **Tabla 9** y detallado en el **ANEXO 1**.

Los valores de profundidad, texturas, humedad, color, estructura litología e hidromorfismo, obtenidas mediante el muestreo con barreno y la apreciación de la fisiografía del terreno permiten identificar y clasificar en clases y subclases los suelos presentes de acuerdo al criterio taxonómico de clasificación local adoptado en este trabajo.

Se realizaron 6 calicatas distribuidas de acuerdo a cada sub clase de suelo, como lo indica la **Tabla 8**; de igual manera, las perforaciones que se realizaron en el suelo hasta 2.25 m. de profundidad, permitieron detallar las características físicas de cada horizonte y ratificar la lectura de barrenos hasta los 120 cm.; de igual manera se observaron las demás características presentes en los horizontes, sus limitaciones como litología y nivel freático.

Los datos de las observaciones realizadas en las calicatas se muestran en el **ANEXO 2**, Lectura de Calicatas.

**Tabla 8.** Codificación alfanumérica de texturas.

Sub Clase de Suelo	Textura	BZO	Calicata	Área
B0	F - FA	10	2	9,4
B1	A - MA	15	2	14,3
C0	FAAr - Ar	7	1	5,51
C1	Ar - ArF	5	1	3,94
$\Sigma =$		37	6	33,15

Fuente: Elaborado por el autor

#### 4.2. Análisis Estadístico de la precisión del muestreo.

La determinación de la precisión del muestreo de suelos se realiza con las variables profundidad y textura, valores que se indican en la tabla siguiente:

**Tabla 9.** Variables de profundidad y textura.

ID	BZO	PROF.	TEXT
B0	779	110	2
B0	780	90	2
B0	781	110	1
B0	797	120	1
B0	798	120	1
B0	802	110	1
B0	803	110	1
B0	804	120	2
B0	811	120	1
B0	812	90	1
B0	813	120	1
B0	814	75	2
B0	815	120	1
B1	782	110	2
B1	783	110	2
B1	800	120	2
B1	801	110	2
B1	807	120	2
B1	808	120	2
B1	809	120	2
B1	810	120	2
B1	816	120	2
B1	817	120	2
B1	818	120	2
B1	819	120	2
C0	793	120	4
C0	794	110	4
C0	795	110	4
C0	805	120	1
C0	820	91	4
C0	822	110	4
C0	823	110	4
C1	785	120	4
C1	796	140	4
C1	799	110	4
C1	806	120	4
C1	821	71	4

**Fuente:** Elaborado por el autor

Los valores de las medidas de tendencia central y de dispersión de las variables profundidad, textura y el cálculo de la precisión definido por el error del muestreo, indican que el muestreo de suelos tiene una precisión aceptable para este estudio.

**Tabla 10.** Estadísticos y Error de Muestreo

	PROF.	TEXT
N	37	37
X	112,35	2,32
MODA	120	2
S	13,44	1,18
CV	0,12	0,51
T	1,96	1,96
E	4,331	0,38
E %	3,9	16

Fuente: Elaborado por el autor

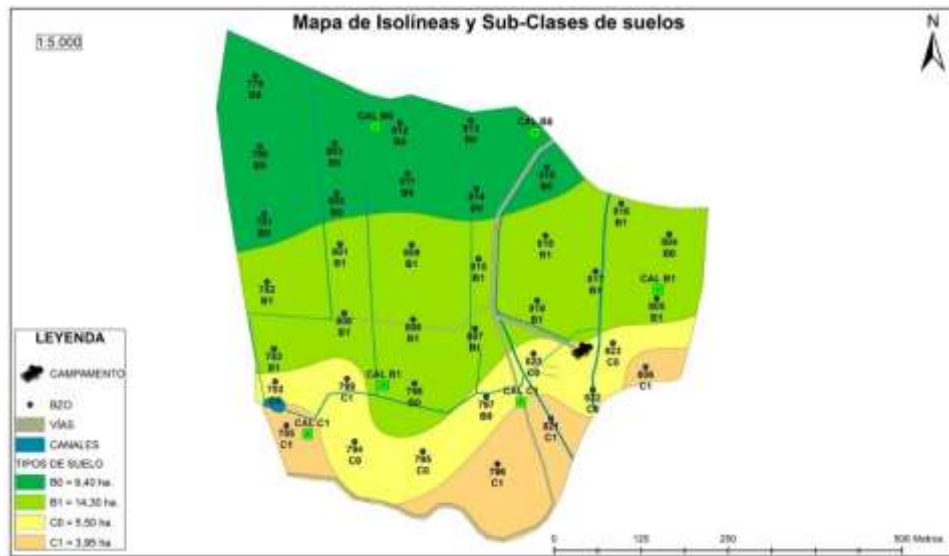
### 4.3. Clasificación de suelos en Clases y Subclases.

En la comunidad El Rocano se determinaron las sub-clases de suelos de acuerdo a al sistema de clasificación local, mediante las isolíneas presentadas por la división de las subclases de suelos, estas corresponden a la colección de datos en campo por los edafólogos, y el procesamiento de información resultado de los barrenazos y calicatas.

Estas subclases se encuentran diferenciadas por textura, profundidad, color, densidad y capacidad de retención de agua, en el **Gráfico 25** se puede observar dentro del Mapa la distribución de las Subclases de suelo.

De acuerdo con la descripción de los perfiles de suelos y las observaciones realizadas se establecieron 4 sub-clases suelos en el área de estudio, su nomenclatura corresponde a 2 Clases (B y C), y las Subclases, B0, B1 y subclases, C0 y C01 respectivamente de la Clasificación Local de suelos adoptada.

**Gráfico 25.** Mapa de estudio de suelos, con representación de isolíneas.



**Fuente:** Elaborado por el autor

A continuación, se detallan las características del sistema de clasificación local junto con una imagen de su calicata, la cual representa el perfil de la división a la que corresponde.

#### 4.3.1. Suelos clase “B”

Estos suelos son de origen coluvial, se caracterizan por presentar generalmente en la superficie texturas moderadamente finas, tales como Franco de origen coluvial y por subsecuente texturas moderadamente finas y finas como Franco Arcilloso, Arcilloso y Muy Arcilloso en el subsuelo, con presencia de material pétreo que oscila según la subclase de suelo. A continuación, se detallan las subclases de suelo que pertenecen a mencionada Clase.



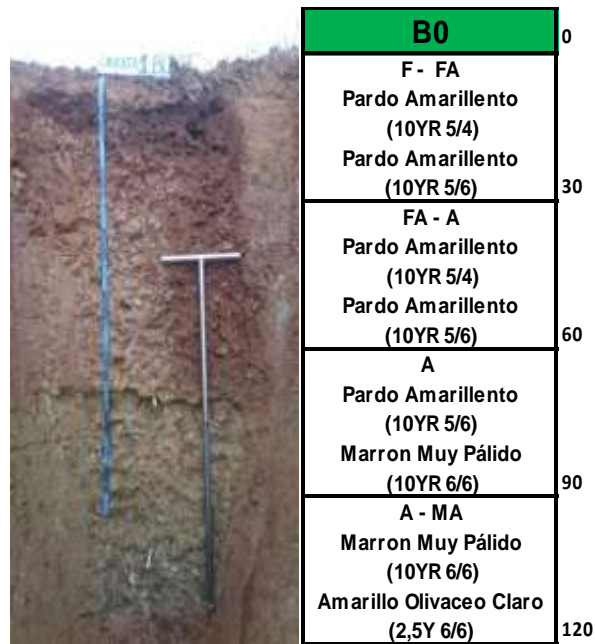
#### **4.3.1.1. Suelos sub clase “B0”**

Estos suelos, además de cumplir con los requerimientos de su clase, se caracterizan por tener condiciones texturales generalmente homogéneas en todo el perfil. Posee texturas franco, franco arcillosas en el horizonte superior y arcilloso en los horizontes inferiores. Sus colores varían de pardo a pardo grisáceo en todo el perfil.

Dentro de la hacienda representan el 28.35 % del terreno cubriendo un área total de 9.40 ha.

De acuerdo al estudio realizado se encuentra levemente hidromorfismo el cual no representa afectación en la hacienda; no obstante, la litología se manifiesta con grava media desde 0 a 120 cm la cual representa un 25 % en su estructura, dicho porcentaje afecta el sistema radicular del cultivo.

**Gráfico 26.** Suelos Clase B0 con sus características por horizontes



Fuente: Elaborado por el autor

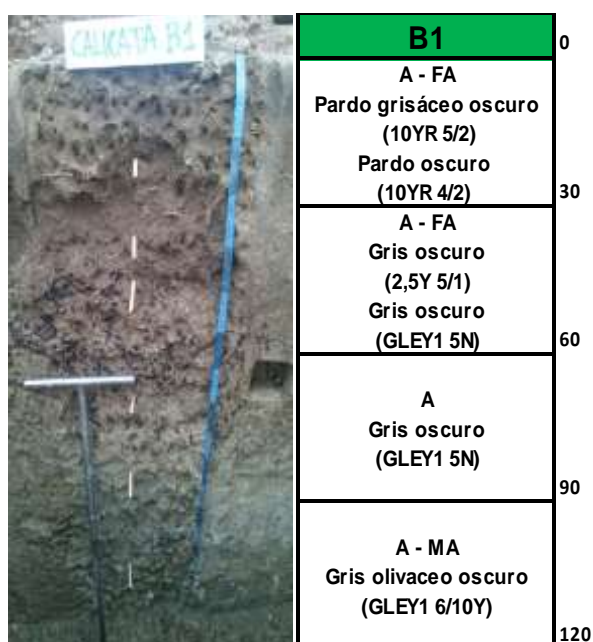
#### **4.3.1.2. Suelos sub clase “B1”**

Esta sub-clase también cumple con todos los requerimientos de su clase, pero se diferencian por presentar texturas franco arcillosas en su parte superior y arcillosas hasta los 90 cm de profundidad; generalmente en los horizontes subsecuentes se pueden encontrar texturas muy arcillosas con presencia de material pétreo en sus horizontes, lo cual es no representativo, al igual que hidromorfismo.

Estos horizontes, frecuentemente tienen una topografía ondulada, es decir, su profundidad de aparición es oscilatoria, además sus colores varían de pardo a pardo oscuro y pardo amarillento.

El hidromorfismo se encuentra en mayor cantidad en estos horizontes debido a la oxidación y reducción, el bio-indicador de la coloración del suelo manifiesta que el nivel freático fluctúa por el horizonte, poniendo en riesgo el incremento de iones de manganeso y hierro, puede causar obstrucción radicular, fito-toxicidad, muerte de raíces por exceso de minerales nocivos; así mismo, la litología se manifiesta con grava fina, media, gruesa y piedra desde 0 a 120 cm representando menos del 10 % de afectación, dicho porcentaje podría afectar el sistema radicular del cultivo. Dentro de la hacienda representan el 43.13 % del terreno lo que significa que es un total de 14.30 ha.

**Gráfico 27.** Suelos Clase B1 con sus características por horizontes



**Fuente:** Elaborado por el autor

#### **4.3.2. Suelos clase “C”**

Estos suelos son de origen aluvial y se caracterizan por presentar generalmente texturas medianas a moderadamente gruesas, tales como franco, franco-arenoso, areno-francoso en su gran mayoría y se presentan bien estructurados y homogéneos en todo el perfil.

Estos suelos están localizados en pendientes planas o casi planas (2-5 %); a estructura corresponde a bloques sub-angulares, de grado moderado y de consistencia friable en húmedo, son suelos profundos, moderadamente bien drenados. No obstante, evidencian efectos de hidromorfismo leve (falta de oxigenación) debido a esteros o ríos cercanos.

Su superficie ocupada corresponde a 9.45 ha, lo que representa el 28.52 % del área total del terreno en estudio.

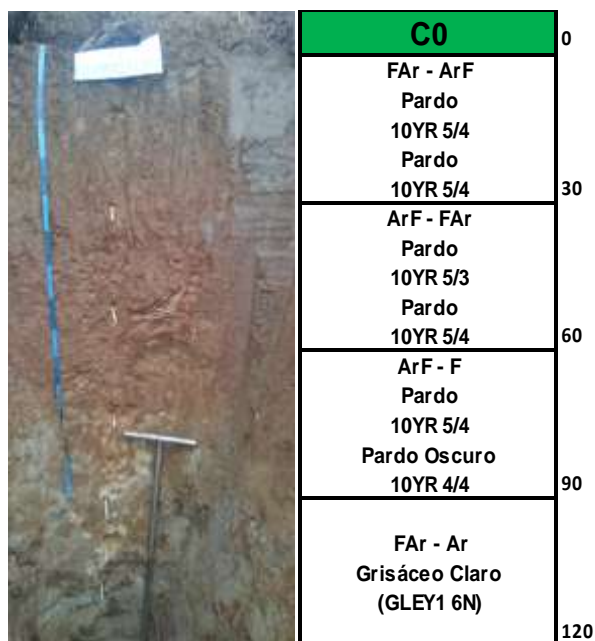
##### **4.3.2.1. Suelos sub-clase “C0”**

Estos suelos además de cumplir con los requerimientos de su clase se caracterizan por tener texturas medianas a moderadamente gruesas tales como franco arenoso y areno francoso, en los primeros 30 cm de profundidad, así mismo presentan texturas que van de medias a ligeramente gruesas como: arenoso francoso, franco-arenoso y arenoso hasta los 120 cm de profundidad.

Estos suelos presentan en sus texturas, cromas de pardo a gris claro, con horizontes que poseen poca capacidad de retención de nutrientes y agua; es así que presenta efectos de hidromorfismo menores al 15 %, así mismo, la litología se encuentra presente con grava media y piedra desde 30 a 120 cm representando un 5 % de afectación que indica una leve obstrucción física para el crecimiento de raíces y su correcta distribución radicular en el suelo.

La clase de suelo C0 suma de 5.51 hectáreas lo que representa el 16.62 % del área total del terreno en estudio.

**Gráfico 28.** Suelos Clase C0 con sus características por horizontes



**Fuente:** Elaborado por el autor

#### **4.3.2.2. Suelos sub clase "C1"**

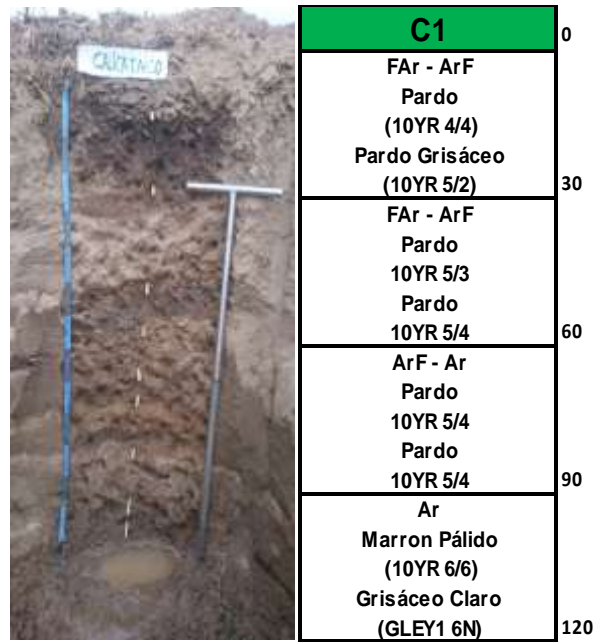
Estos suelos además de cumplir con los requerimientos de su clase se caracterizan por tener texturas moderadamente gruesa a gruesa tales como franco arenoso, en los primeros 30 cm de profundidad, continua ligeramente arenoso franco hasta los 50 cm y así mismo presentan texturas gruesas como arena hasta los 120 cm de profundidad.

Estos suelos presentan en sus texturas gruesas y cromas de pardo a gris claro, estos horizontes poseen una baja capacidad de retención de nutrientes y agua.

El hidromorfismo no se encuentra presente en estos horizontes, sin embargo, el nivel freático se lo detecto a 155 cm en época de verano lo que implica un incremento en época de invierno lo cual amerite un sistema de drenaje por rebombeo que libere la carga de hidráulica en dicha época; así mismo, la litología se manifiesta con un 30 % de grava media y piedra fluctuando entre 0 - 120 cm, lo cual representa una afectación significativa para el cultivo.

La clase de suelo C1 ocupa un área en la finca de 3.94 hectáreas lo que representa el 11.89 % del área total del terreno en estudio.

**Gráfico 29.** Suelos Clase C1 con sus características por horizontes



**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 4.4. Taxonomía de suelos

Los suelos que se encuentran en la comunidad el Rocano, según el estudio de suelos realizados en Ecuador CLIRSEN 2002, corresponde a la siguiente clasificación: Alfisol, Alfisol + Inceptisol y Entisol, esto según la información cartográfica del Instituto Geográfico Militar en su servidor WMS.

La caracterización física determinó que, en la identificación de los suelos tiene propiedades morfológicas y taxonómicas distintas. Identificamos a la primera zona como llanura aluvial y a la segunda zona como el piedemonte coluvial, clasificación basada en la información recopilada en el punto 2.3. Lo que corresponde a la clasificación, se encontraron suelos Inceptisoles formados a partir de material parental sedimentario consolidado, Entisoles

de origen sedimentario no consolidado, agrupado por depósitos frecuentes de carácter fluvial.

**Tabla 11.** Clasificación Taxonómica de Suelos.

Lugar	Denominación Común	Sistema Americano	Séptima Aproximación
<b>Arenillas</b>	Aluvión fértil	Llanura aluvial	Inceptisoles
<b>Arenillas</b>	Depresión	Piedemonte coluvial	Entisoles

Fuente: Elaborado por el autor

#### 4.5. Hidromorfismo

Una de las características que se manifestaron en la toma de información fue la presencia de hidromorfismo, indicador bioquímico de la oxido-reducción que manifiesta los excesos o deficiencia de agua por largos periodos de tiempo, deficiencias de oxígeno o falta de drenaje. El hidromorfismo se manifiesta dentro del estudio realizado, en los datos de BZO y con más detalle en calicatas, las cuales fueron Geo-referencia. En la siguiente tabla se determina la afectación de la oxido-reducción que es el factor bioquímico para determinar donde se encuentra la mayor cantidad de hidromorfismo.

**Tabla 12.** Hidromorfismo, área y porcentaje.

HIDROMORFISMO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
<35 %	28,39	85,67
>35 %	4,75	14,33
Σ	33,14	100%

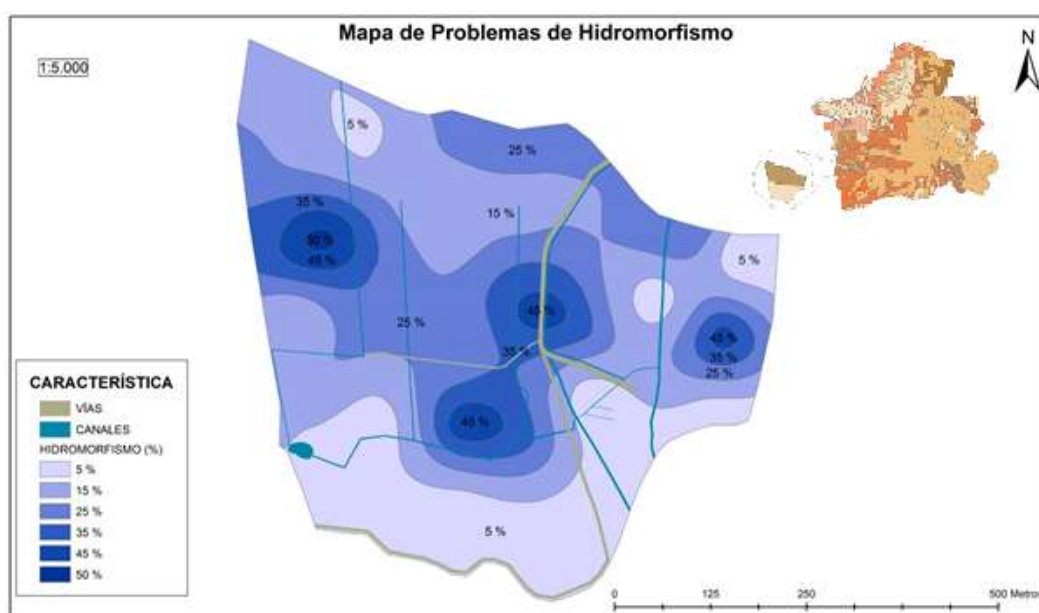
Fuente: Elaborado por el autor

El hidromorfismo se produce debido a la falta de oxígeno y reducción de Fe y Mn los cuales se movilizan desde los horizontes inferiores hacia los



horizontes superiores donde se oxidan, se inmovilizan y luego se forman concreciones y demás características del hidromorfismo; el hierro al pasar por proceso de hidromorfismo se transforma a estado ferroso, el cual tiene efecto adverso y puede provocar fitotoxicidad; en comparación al manganeso, que es más lavable con lluvias o riego continuo.

**Gráfico 30.** Mapa de estudio de suelos, con representación de isolíneas.



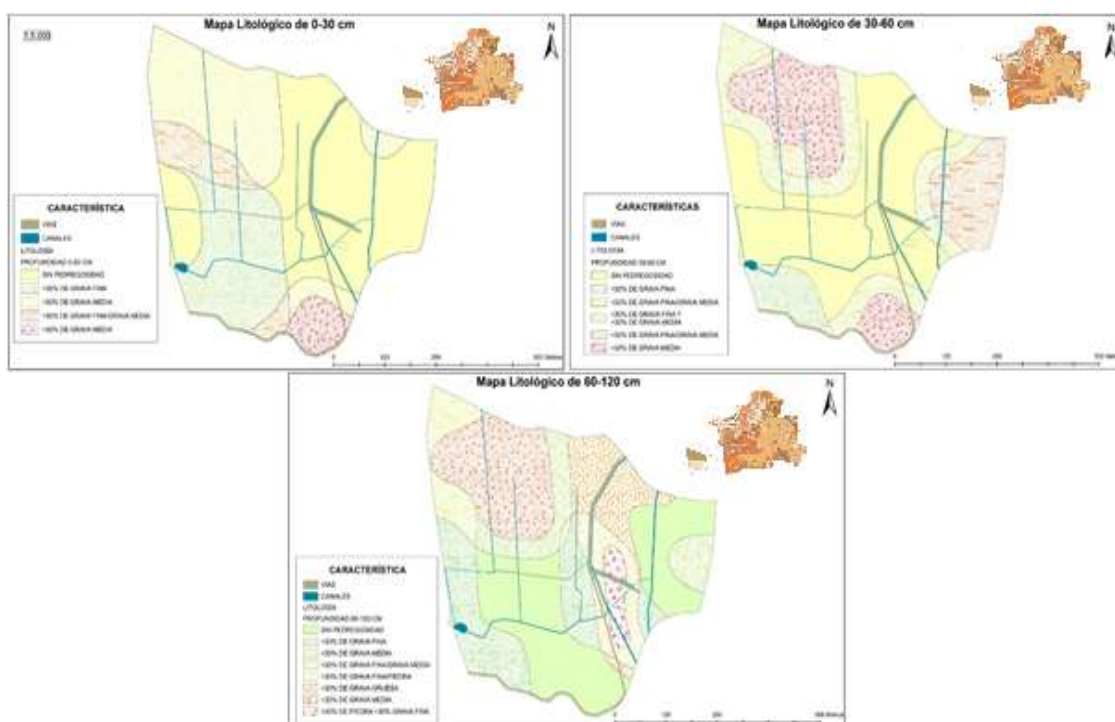
**Fuente:** Elaborado por el autor

Se determinaron problemas de hidromorfismo en >35 % en 4,75 ha, como se puede revisar en **Gráfico 27**; estas zonas deberán ser preparadas con canales para mejorar el drenaje y aumentar la oxigenación del suelo. En las zonas en las cuales el hidromorfismo es <35 % suman un área total de 28.39 ha.

## 4.6. Litología

Los Mapas siguientes ilustran la distribución del material litológico (grava fina, grava media y piedra), que se encuentra en el predio, se indica la clase de suelo a que pertenecen; se identifica el material pétreo, su profundidad, y si sus condiciones son limitantes para el crecimiento radicular.

**Gráfico 31.** Mapa de estudio de suelos, con representación de litología.



**Fuente:** Elaborado por el autor

Para mejorar la apreciación de la litología presente en la propiedad se desarrollaron tres mapas según la profundidad, los cuales van de 0-30 cm, 30-60 cm y 60-120 cm, considerando la interacción de todas las variables evaluadas en campo. Obteniendo como resultado que:

**0-30 cm:** la litología no representa limitación en el desarrollo radicular.

**30-60 cm:** en 8.33 ha del área total, presenta gravas finas y medias >30 %, lo que no manifiesta limitante para el desarrollo radicular.

**60-120 cm:** se aprecia la continuidad de la presencia de gravas finas y medias 5.24 ha. no limitante para el cultivo, y piedras en un área menor a 0.85 ha.

#### **4.7. Densidad Aparente y Porosidad**

La densidad aparente es la relación entre la masa secada de las partículas de suelo al horno con el volumen total de extracción, esto junto al espacio poroso que esté presente; así mismo, explica la porosidad y expresa el grado de compactación que tiene el suelo, están directamente relacionadas con la textura de cada tipo de suelo, manejo agrícola que reciben, según los sistemas productivos a través del tiempo.

Cabe recalcar que los suelos poseen naturalmente diferentes densidades debido a variaciones de la textura, de la porosidad y del contenido de materia orgánica. Estos parámetros físicos del suelo se midieron con pruebas en laboratorio

Los resultados de los análisis de densidad aparente de las muestras realizadas en las 6 calicatas se presentan a continuación:

**Tabla 13.** Clasificación de suelos según característica.

Tipo de Suelo	NºCalicata	Espesor (cm)		D. Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad %	Interpretación
		Prof. 1	Prof. 2			
<b>B0</b>	1	21	35	1.48	54%	Media
<b>B1</b>	2	0	21	1.23	42%	Baja
<b>B0</b>	3	0	21	1.60	56%	Media
<b>B1</b>	4	14	35	1.28	46%	Baja
<b>C0</b>	5	11	33	1.82	58%	Muy Alta
<b>C1</b>	6	0	18	1.95	62%	Muy Alta

**Fuente:** Elaborado por el autor

Los valores de densidad aparente por horizonte se encuentran determinados entre 1.0 g/cm<sup>3</sup> - 1.8 g/cm<sup>3</sup> (Brady, The nature and properties of soils., 1984, pág. 50). En la comuna EL Rocano se encontraron datos en su mínima desde 1,23 g/cm<sup>3</sup> hasta 1,95 g/cm<sup>3</sup>, de los se concluye que los suelos de subclase B0, B1, C0 cumplen con los requerimientos para el desarrollo adecuado de las raíces, aprovechamiento de agua y minerales; mientras que el suelo de subclase C1 presenta limitaciones por su densidad estructural de suelo, lo cual manifiesta su característica de textura arenosa y limitada por el rápido acceso de agua, lixiviación, percolación inmediata y del posible bajo aprovechamiento de minerales.

#### **4.8. Mapa de muestreos**

El Mapa indica la posición de las muestras de Suelo tomadas mediante barrenos. Se distribuyó la hacienda como lo muestra el gráfico 33 que se presenta a continuación:

**Gráfico 32.** Mapa de estudio de suelos, puntos de toma de muestras.



**Fuente:** Elaborado por el autor

Las muestras de suelo para fertilidad se realizaron a nivel superficial (30 cm) se colectaron de manera simétrica en la propiedad, dividiendo está en lotes de muestreos para determinar las características físico químicas del suelo a mayor densidad.

#### 4.9. Fertilidad

Los resultados de los análisis de laboratorio de las variables relacionadas con la fertilidad de los suelos, se indican en los resultados del ANEXO 3.

La tabla siguiente resume los resultados del estudio de fertilidad por Subclase de suelo:

**Tabla 14.** Resumen del estudio de fertilidad por Sub Clase de Suelo.

PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD	B0	B1	C0	C1
Nitrógeno (N)	0,3 - -	%	0,07	0,13	0,10	0,08
Fósforo (P)	10 - 40	ppm	29,00	36,00	33,00	23,00
Potasio (K)	195 - 585	ppm	163,00	187,00	145,00	79,00
Magnesio (Mg)	150 - 2160	ppm	217,00	333,00	296,33	211,00
Calcio (Ca)	800 - 4000	ppm	562,00	1011,00	796,33	450,00
Azufre (S)	6 - 12	ppm	3,10	29,55	9,50	24,10
Cobre (Cu)	2 - 20	ppm	2,71	2,59	4,36	1,02
Manganeso (Mn)	5 - 50	ppm	152,00	145,70	161,67	54,50
Zinc (Zn)	2 - 20	ppm	2,33	2,56	2,40	1,13
Boro (B)	0,5 - 2	ppm	0,72	0,73	0,69	0,50
Molibdeno (Mo)	0,2 - 5	ppm	0,06	0,07	0,10	0,07
Hierro (Fe)	10 - 100	ppm	374,00	403,50	425,67	247,00
Sodio (Na)	11 - 23	ppm	0,49	0,52	0,61	0,84
Materia Orgánica	1,2 - -	%	1,20	1,85	1,43	0,80
pH	5,5 - 7,5		6,10	6,30	6,30	6,00
Acidez Extractable	0 - 0,5	cmol/l	0,09	0,09	0,09	1,40
Contenido de Sales	500 - 1000	ppm	115,00	330,50	222,67	414,00
CICe	5 - 25	meq/100ml	7,20	15,75	11,77	3,70
CE	10 - 750	uS/cm OS	21,78	62,59	42,17	78,41
Suma de Bases	5 - 25	meq/100ml	5,85	9,65	7,92	4,89
Saturación de Bases		%	0,81	0,61	0,75	1,32
Relaciones entre Bases	2 - 5	Ca/Mg	2,59	3,17	2,66	2,13
	5 - 25	Ca/K	3,45	5,34	5,48	5,70
	2,5 - 15	Mg/K	1,33	1,80	2,07	2,67
	10 - 40	Ca+Mg/K	563,33	1012,80	798,41	452,67

Fuente: Elaborado por el autor

El rango óptimo de las variables, está referido al cultivo del cacao de acuerdo a la experiencia de la AGRORUM S.A.

Los valores que están dentro del rango óptimo para la producción de cacao son: pH, P, Mg, Zn, B; el resto de resultados, debajo del rango, se deberá tomar correcciones necesarias para llegar a niveles adecuados, mientras que los resultados excedentes de los límites requeridos para el cultivo deberán ser evaluados y limitados en las incorporaciones de fertilizaciones hasta posteriores análisis y resultados.

#### 4.10. Unidades de manejo

Las unidades de manejo de suelos, se sistematizan según los resultados del muestreo obtenido principalmente de los barrenazos, la información sumada de las calicatas, los resultados de los análisis químicos; así mismo, se consideran las vías de acceso, nivel freático, las divisiones naturales, las infraestructuras, fuente hídricas para determinar sistema de riego y drenaje.; de ese modo elaborar las unidades de manejo.

Para diferenciar los límites entre las unidades de manejo se consideró como referencia las isolíneas realizadas en campo de cada subclase de suelo, por ese motivo se realizan las divisiones detalladas y muy acercadas a las delimitaciones naturales identificadas; de ese modo se procede a graficar en campo para plasmarlas en los mapas realizados; así, se diferencian las características para cada característica de suelo lo que genera cada unidad de manejo; todo esto se realiza para diferenciar las aplicaciones hídricas de fertilizantes y enmiendas, debido a que los suelos presentan estas divisiones naturales que requieren manejos diferenciados para cada suelo identificado y así obtener productividad y eficacia con el manejo de recursos.

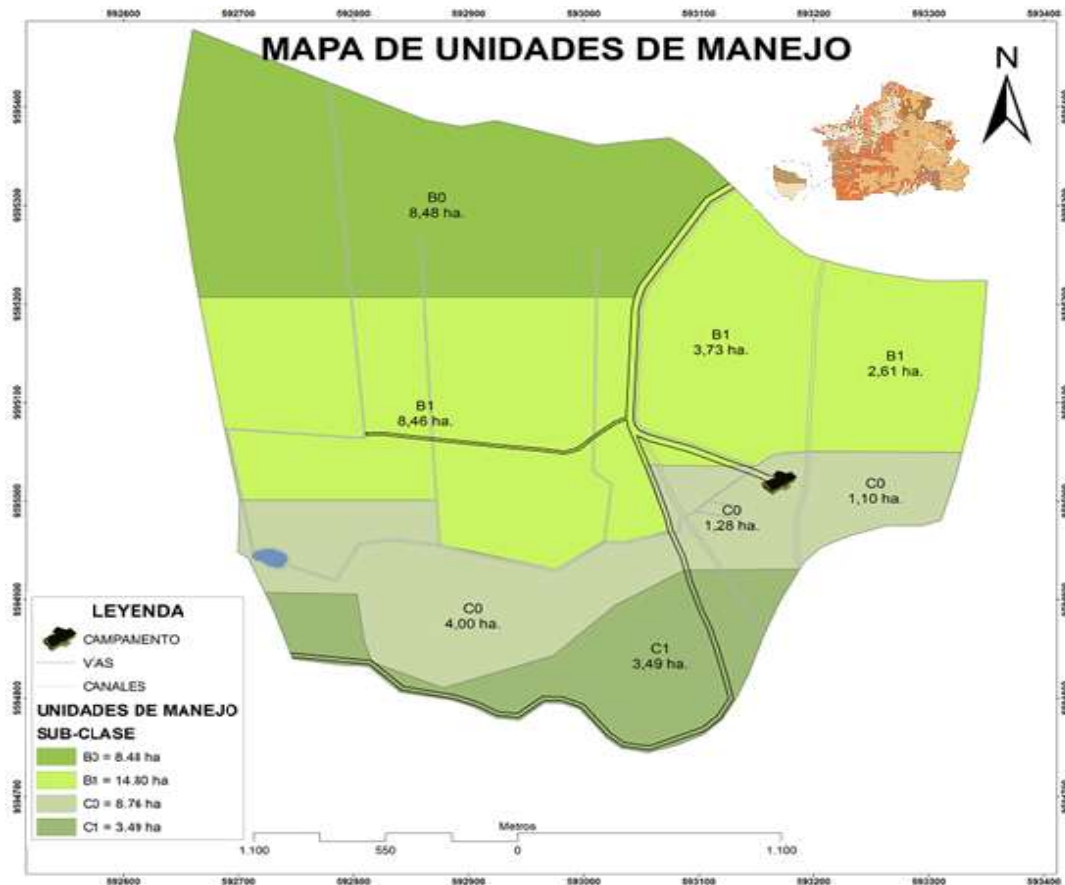
**Tabla 15.** Área por unidad de manejo.

SUB-CLASE	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
B0	8,48	-	-
B1	8,46	3,37	2,61
C1	4	1,28	1,1
C2	3,49	-	-

**Fuente:** Elaborado por el autor

En el estudio se identificaron las Subclases de suelos: B0, B1 y suelos C0 C1, lo que genera 3 Unidades de Manejo “cultivables”; se ese modo se manifiesta en el gráfico 33 con las siguientes áreas:

**Gráfico 33.** Mapa de unidades de manejo con áreas.



Fuente: Elaborado por el autor



#### **4.11. Análisis de los resultados**

Los datos obtenidos de las observaciones colectadas en campo determinan de acuerdo a las texturas de suelo, hidromorfismo y densidad aparente que en el predio existen 2 clases de suelo, divididas en 2 sub-clases de suelo, las que presentan diferencias significativas, en su composición textural (franco, arcilla y arena) y también en los horizontes.

Los resultados de muestras de suelo según los parámetros analizados muestran deficiencias en Nitrógeno (N), Potasio (K), Molibdeno (Mo), Sodio (Na), Acidez extractable y Contenido de Sales lo que puede ser indicativo para las aportaciones y fertilizaciones. Para los demás parámetros como Azufre (S), Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) se demostró que hay exceso de estos.

La información de la litología encontrada dentro de los perfiles de suelo, determina que no se encuentra importancia significativa, la cual pueda afectar en gran magnitud al establecimiento del cultivo de cacao, existe manifestación de piedras en menos de 1,4 ha, lo cual, debido a su profundidad, podría connotarse afectación, de tal manera que podría aprovecharse de otra manera.

El hidromorfismo se presenta mayormente en las zonas centrales de los suelos con mayor cantidad de arcillosos, esto quiere decir en los suelos B1, estos suelos se manifiestan con problemas de drenaje, y así mismo son

zonas con depresión o carentes de canales que permitan un drenaje adecuado y evite la oxidación recurrente del Fe y Mn.

Estos suelos son cultivables en los suelos pertenecientes a las subclases B0, B1, C0, los cuales son suelos que necesitan ser modificados en su estructura y mejorables para llegar a una productividad que pueda ser rentable.

Los suelos de subclase C1 son suelos con altos contenidos de arena, lo cual va a provocar rendimientos muy bajos en su producción.

De acuerdo a sus condiciones climáticas no posee limitaciones, con excepción del riego, que debe ser implementado en el área de cultivo.

**Las subclases presentes se manifiestan de la siguiente manera, los suelos:**

**B0** son los suelos franco de mejor aptitud agrícola, los cuales tienen, mejor estructura y conformación granulométrica para la distribución adecuada de raicés, retención de agua y nutrientes, el cual no necesita mayor adecuación o modificación física en la estructura de los suelos; Así mismo, son suelos que presentan poca o nula litología, lo cual no representa ningún tipo de limitación para el sistema radicular; son suelos profundos, sin afectación en su nivel freático; en su análisis de densidad aparente presentan un rango medio, adecuado en formación radicular.

**B1** son suelos que en su estructura contienen mayor cantidad de arcillas las cuales, por efecto de pendiente se han aglomerado por un proceso natural, esto manifiesta que estos suelos tienen buena aptitud agrícola, los cuales tienen estructura y conformación granulométrica excelente para la retención de agua y nutrientes en las épocas de sequías, a estos suelos se les tiene que dar un manejo diferenciado en todo el manejo del cultivo; presentan litología la cual no manifiesta posible afectación excesiva; son suelos profundos, de débil drenaje; no se denota presencia del nivel freático en más de 200 cm; de acuerdo a los resultados de densidad aparente tienen muy baja densidad aparente y alta porosidad, característico de esta subclase; para la implantación del cultivo se debe de usar maquinaria la cual pueda utilizar un subsolador para descompactar el suelo y a su vez, adicionar M.O. al suelo para mejorar la estructura del mismo, en el momento

de la siembra, colocar cantidades adecuadas de materia orgánica en los lugares definitivos de siembra.

Los suelos **C0** tienen condiciones muy adecuadas con muy buena estructura para crecimiento radicular; son suelos de características franco-franco arenosas, lo que indica según su granulometría media retención de agua y nutrientes. Dentro de esta subclase se encuentra una limitación que abarca un sector específico, el cual manifiesta la limitación de piedra hasta los 90 cm aproximadamente, el resto de la subclase de suelo presentan suelos profundos que manifiestan libre acceso radicular, el nivel freático a los 1.55 metros de profundidad, según el resultado de densidad aparente, presentan media densidad aparente y mediana porosidad.

Los **C1** son suelos con mayor contenido de arenas, lo cual indica suelos de menor y casi nula aptitud agrícola, los cuales poseen una estructura débil con consistencia suelta, lo cual indica no permite la retención de agua y nutrientes, incluso el sostén de la planta sería una dificultad excesiva, en efecto son suelos de fácil acceso radicular, pero así mismo son suelos propensos a inundaciones por encontrarse muy cercanos al nivel del afluente, su granulometría indica, que su densidad aparente se presenta alta con poco porcentaje de porosidad. Suelos con dificultades para unidades productivas rentables.

#### 4.12. Aptitud de los Suelos para Cultivo de Cacao

Luego de haber realizado todas las actividades correspondientes al estudio de suelo, la determinación de las texturas y profundidades de los suelos, se determina que el predio es apto para ser cultivable, en las Sub Clases de Suelo B0, B, C0 lo que corresponde a 29.21 hectáreas

Uno de los factores limitantes es la pluviosidad (precipitaciones), esto característico de la zona del predio, esto corregible y solucionable implementando sistemas de riego de bajo impacto mayor efectividad y aprovechando el afluente que pasa junto al predio.

El limitante relativo en cuanto a Textura de los suelos tipo B1 se debe de solucionar realizando canales de riego profundos.

En los suelos C1 existe alto nivel de limitación por la textura muy arenosa que lo caracteriza, los cuales son limitantes que tienen solución; la textura arenosa, tiene modificación a largo plazo aplicando grandes cantidades de M.O. y sembrando cultivos que aporten con biomasa.

La comparación de los resultados obtenidos en el presente trabajo con los requerimientos agroecológicos para el cacao indicado en la **Tabla 4** del marco teórico permiten afirmar que los suelos presentes en la Comunidad El Rocano caracterizados por sus valores de pendiente, profundidad, litología,

pH, salinidad, toxicidad, fertilidad, temperatura y periodos de humedad no posee limitaciones para que el cultivo de cacao pueda ser implementado.

De acuerdo a los resultados correspondientes a los análisis de fertilidad de suelo y comparada con la **Tabla 6**, se expresan los resultados, la cantidad de Materia Orgánica de los suelos de El Rocano son deficientes; el pH se encuentra dentro del rango que requiere el cultivo de cacao.

Los minerales que se encuentran en cantidades adecuadas y bien proporcionadas son fósforo, magnesio, cobre, zinc, boro, pH, acidez extractable, la capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica; así mismo la relación entre bases Ca/Mg y Ca/K los cuales ayudarán a la producción del cultivo de cacao.

Por lo contrario las cantidades de Nitrógeno, Potasio, Calcio, Sodio, Molibdeno y el Contenido de Sales se encuentran deficientes en los suelos.

Según las relaciones entre bases la relación Mg/K se encuentra por debajo del nivel requerido.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada de que los suelos de la comunidad el Rocano son aptos para el cultivo de Cacao, con las siguientes restricciones:

1-régimen de disponibilidad hídrica a causa de bajas precipitaciones, que obliga a la implementación de riego agrícola de gran efectividad y bajo impacto; estas deben de implementarse en los tipos de suelo que corresponden a las Áreas ya indicadas;

2-la limitación de la siembra de cacao en los suelos cercanos al afluente, debido a que estos suelos son de fácil acceso y alta permeabilidad.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

De acuerdo con los resultados del estudio de suelos realizado se concluye lo siguiente:

- Los suelos objeto de estudio se clasifican según sus características físico-químicas en Clase B, C y sus correspondientes Sub Clase (B0, B1, C0, C1) de acuerdo a la metodología adoptada en este trabajo.
- La información obtenida de la caracterización de los suelos se manifiesta mediante los mapas de clase y subclases de suelos.
- Se determinaron las Unidades de Manejo, de acuerdo a la clasificación de suelo y los requerimientos agroclimáticos para el establecimiento del cultivo de Cacao.
- Los suelos de la comunidad objeto de estudio son aptos para el cultivo de cacao con las limitaciones indicadas en las Unidades de Manejo de suelo.
- Se concluye que se pueda utilizar la Variedad CCN-51 de acuerdo a las condiciones del medio, su resistencia y demás aptitudes de esta variedad.



## 5.2. Recomendaciones

- Implantar la variedad altamente productiva y resistente CCN-51, la cual pueda dar los beneficios esperados que demuestren la productividad del cultivo de Cacao.
- Aplicar fertilizaciones diferenciadas en base unidades de manejo determinadas durante el estudio, ya que presentan diferencias en clases de suelo y características físicas.
- Construir canales que permitan mejorar el drenaje de las zonas centrales con problemas de hidromorfismo para la época invernal.
- Cuando esté implantado el cultivo, realizar muestreos periódicos de solución de suelo y foliares para monitorear el seguimiento nutricional y aportar los nutrientes que requiera el cultivo.
- Implantar un sistema de riego de bajo impacto (por goteo), para no afectación de floración y construir canales de drenaje para evitar la saturación hídrica e hidromorfismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (1965). Los recursos naturales del Ecuador.
- Agropecuarios. (2012). Obtenido de <http://agropecuarios.net/podas-en-el-cultivo-del-cacao.html>
- Amores, F. (2009). La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. *Taller: Investigaciones del INIAP y el sector privado.* .
- ANECACAO. (2010). Obtenido de <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- ANECACAO. (2015) Obtenido de <http://www.anecacao.com/es/servicios/articulos-tecnicos/riego-y-drenaje.html>
- Arpide, J. (2007). Tipos de Cacao.
- Avila, A. (2013). Aprendiendo e innovando sobre la poda de cacao y el manejo de árboles acompañantes en sistemas agroforestales.
- Baird, A. (2008). *Clases de suelo necesarios para crecimiento del cacao.*
- Barriga, S., Menjivar, J., & Mite, F. (2006). Validación del manejo de la nutrición por sitio específico en una plantación de cacao en la provincia de Guayas.
- Borrero, C. (2009). *FERTILIZACION DEL CULTIVO DE CACAO.* San José del Guaviare.
- Calvache, M. (2010). *Los suelos del Ecuador.*

- Carmona, A., & Monsalve, J. (2008). *Sistema de información geográfica*.
- Cebra, J. D. (2008). Diferencias entre el cacao nacional y CCN-51 desde el punto de vista agronómico, físico, químico y organoléptico. *Seminario Internacional de cacao*.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2011). *Hoja botánica: Cacao*. Lima: Botconsult.
- Durazno, C., Jimenez, D y Moral, Christian (2007) "Caracterización y propuesta técnica de la acuicultura en el sector de Arenillas, Provincia de El Oro". Disponible en:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7280/1/D-39392.pdf> Consultado el:12 de septiembre del 2016
- Ecuador. (2013). *ecuadorcostaaventura.com/cacao.htm*.
- Espinosa, J. ( 2000). *Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico*. Santo Domingo.
- FAO. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Obtenido de Base Referencial Mundial del recurso Suelo: <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>
- Gerrero, G. (2013). *Revista Lideres*. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>
- Gonzalez, A. (2008). Condiciones Edafoclimaticas para el Cultivo Cacao.
- Graziani, L. (2002). *Tipos y Características del Cacao*.

- Guerrero, E. (2008). Determinacion de la Textura del Suelo. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>
- Gutierrez. (2012). *Manual de Produccion de Cacao*.
- Gutierrez, R. (2010). *Condiciones de clima y suelo para el cacao*.
- Henderson. (2007). Chemical and archaeological evidence for the earliest cacao beverages. University of Michigan.
- Huertas, D. (2015). *Levantamientos de suelos y su relacion con la clasificacion de tierras*.
- IEPI. (2014). *Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual*. Obtenido de <http://www.propiedadintelectual.gob.ec/ecuador-la-tierra-del-cacao/>
- InfoAgro. (2009). Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.htm>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias , Medellin.
- Lanfranco, J., & Cattani, V. (2007). *Segundo Taller de Edafología*.
- Larrea, M. (2008). *Manual de campo para la implementación de prácticas amigables*. Quito.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales.
- Morgan, R. P., & Rickson, R. J. (2003). Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. Taylor & Francis.

- Ovalles, F. (2003). El color del suelo: Definiciones e interpretación. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela-CENIAP HOY.(3).
- Padilla, W. (2007). Fertilización de suelos y nutrición vegetal. Quito, EC.Clínica Agrícola. Agrobiolab. p, 327.
- Plaisir. (2005). Las variedades del cacao. Obtenido de [www. PetitPlaisir.com](http://www.PetitPlaisir.com)
- Pound, F. J., & Cheesman , E. E. (1934). Further Notes on Criterion of Selection in Cacao. En Annual Report on Cocoa Research (págs. 22-24).
- Prado, L., & Veiga, M. (2003). *LA EROSION Y SUS EFECTOS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO.*
- Proecuador.* (2012).
- Quiroz , J., & Mestanza , S. (2012). Preparación del terreno y siembra del cacao.
- Ramos, Ramos , P., & Azócar, A. (2000). Manual del productor de cacao.
- Rivas, B. (2011). Definicion de Suelos y Comportamientos.
- Sarango, C. (2009). *EFECTO DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL CULTIVO DE THEOBROMA CACAO.*
- Silva. (2002). Taxonomía de los Suelos.
- Gallardo Sierra, E. R. (2015). Estandarización de la producción de biopesticidas a base de Bacillus Subtilis para el control de la Moniliasis.

- Soil Survey Staff. (2010). En C. p. Suelos. Washington, DC.: 11th ed. USDA-  
*Natural Resources Conservation Service.*
- Tarbut, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una  
introduc.*
- Torres, L. (2012). *Manual de producción de cacao fino de aroma a través de  
manejo ecológico.* Tesis, Universidad de Cuenca, Facultad de  
Ciencias Agropecuarias, Cuenca.
- USDA. (2008). *Soil Formation and Classification.* Obtenido de  
<http://soils.usda.gov/education/facts/formation.html>
- Valencia. (2010). *Clima y Suelo para el Cultivo de Cacao.*
- Vetiver. (2009). Obtenido de  
[http://www.bospas.org/bospas/index.php?option=com\\_content&task=v  
iew&id=42&Itemid=77](http://www.bospas.org/bospas/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=77)
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y  
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ALGUNOS SUELOS  
DEDICADOS A LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA DE LA PROVINCIA DE  
EL ORO.
- Zapata, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Primera edición.  
Cargraphics, Cali. 207 p.
- GAD. (2014). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento  
territorial del Cantón arenillas.* Plan de Desarrollo, GADMunicipal del  
Cantón Arenillas, Arenillas.

# **ANEXOS**

### ANEXO 1. Muestras de Barrenazos

Bzo	PT	Pen (%)	Hzte	Profundidad (cm)			Textura	Color	Hidromorfismo			Graba		Pi	Observaciones
				Min	Prom	Max			Rojo	Gris	Azul	Fina	Media		
779	B0	5-10	1	0	15	15	F	7,5YR 5/4					10		PARTE ALTA DE TERRENO PRESENTA 10% DE PIEDRAS PEQUEÑAS
779	B0	5-10	2	15	15	30	FA	7,5YR 5/4					10		GRANULOS DE ARENA GRUESA Y PIEDRA FINA 10%
779	B0	5-10	3	30	15	45	FA	7,5YR 5/6					10		PRESENTA MEDIANA COLORACION DE CoC3 EN 15% Y PIEDRA 10%
779	B0	5-10	4	45	15	60	A	2,5Y 6/6							ARENA Y PIEDRA FINA EN 20% Y CONCRECION DE HIERRO AL 1%
779	B0	5-10	5	60	10	70	A	2,5Y 6/6							ARENA Y PIEDRA FINA EN 20% Y CONCRECION DE HIERRO AL 1%
779	B0	5-10	6	70	15	85	A	2,5Y 6/6	10				10		CoC3 1%, CONCRECION DE Fe3, PIEDRA 10%
779	B0	5-10	7	85	10	95	A	2,5Y 7/6	10				8		CoC3 1%, CONCRECION DE Fe3, PIEDRA 8%
779	B0	5-10	8	95	15	110	A	2,5Y 7/6	15				5		CoC3 1%, CONCRECION DE Fe3, PIEDRA 5%
780	B0	5-10	1	0	10	10	F	10YR 5/4	5						CoC3 2%
780	B0	5-10	2	10	20	30	FA	10YR 5/4							CONCRECION DE FO3 25% CON MANCHAS NEGRAS
780	B0	5-10	3	30	10	40	A	10YR 5/4	5						CONCRECION DE FO3 15% NARANJA 20% CON MANCHAS NEGRAS
780	B0	5-10	4	40	20	60	A	2,5Y 5/6							CONCRECION DE Fe3 2% NARANJA 2%
780	B0	5-10	5	80	10	90	A	2,5Y 6/4							MANCHAS NEGRAS 5%, CoC3 2%, NARANJA 10%
780	B0	5-10	6	90	20	110	A	2,5Y 6/6	2						
781	B0	10-15	1	0	10	10	F	10YR 5/4					5		5% PEDREGOSO
781	B0	10-15	2	10	10	20	FA	10YR 5/4							
781	B0	10-15	3	20	10	30	FA	10YR 5/6	40			20			20% ARENA GRUESA
781	B0	10-15	4	30	30	60	A	10YR 5/6	10	30					
781	B0	10-15	5	60	50	110	A	10YR 5/6				10	10		ARENA GRUESA Y P. FINA EN 20% Y CONCRECION DE HIERRO AL 10 %
782	B1	2-5	1	0	10	10	FA	10YR 4/2							
782	B1	2-5	2	10	12	22	A	10YR 5/1							
782	B1	2-5	3	22	28	50	A	2,5Y 5/1							
782	B1	2-5	4	50	25	75	A	2,5Y 5/1							
782	B1	2-5	5	75	35	110	A	2,5Y 6/4	30						CONCRECIONES DE Fe3
783	B1	2-5	1	0	10	10	FA	10YR 5/2							
783	B1	2-5	2	10	15	25	FA	10YR 5/4							
783	B1	2-5	3	25	35	60	A	10YR 5/6		20					
783	B1	2-5	4	60	20	80	A	10YR 5/6		20					
783	B1	2-5	5	80	15	95	A	GLE Y16/10Y	40						
783	B1	2-5	6	95	15	110	A	GLE Y16/N	40						
785	C1	2-3	1	0	35	35	ARF	10YR 5/3							
785	C1	2-3	2	35	5	40	AR	10YR 5/3				10			ARENA GRUESA
785	C1	2-3	3	40	10	50	FL	10YR 4/3							
785	C1	2-3	4	50	10	60	F	10YR 4/3				10			ARENA GRUESA
785	C1	2-3	5	60	10	70	ARF	10YR 4/4				10			ARENA GRUESA
785	C1	2-3	6	70	50	120	AR	10YR 4/4				10			ARENA GRUESA



Bzo	PT	Pen (%)	Hzte	Profundidad (cm)			Textura	Color	Hidromorfismo			Graba		Pi	Observaciones
				Min	Prom	Max			Rojo	Gris	Azul	Fina	Media		
793	C0	2-3	1	0	15	15	F	10YR 3/2							
793	C0	2-3	2	15	10	25	ARF	10YR 4/2							
793	C0	2-3	3	25	10	35	FAR	10YR 4/3							
793	C0	2-3	4	35	15	50	F	10YR 4/4							
793	C0	2-3	5	50	60	110	AR	10YR 4/6				10			ARENA GRUESA
793	C0	2-3	6	110	10	120	FL	10YR 5/1	30						
794	C0	2-3	1	0	8	8	F	10YR 6/4							
794	C0	2-3	2	8	22	30	FAR	10YR 5/3							
794	C0	2-3	3	30	10	40	FAR	10YR 5/3				10			ARENA MEDIA
794	C0	2-3	4	40	30	70	AR	10YR 5/4				10			ARENA MEDIA
794	C0	2-3	5	70	20	90	F	10YR 5/3							
794	C0	2-3	6	90	20	110	AR	10YR 5/4							
795	C0	2-3	1	0	8	8	FAR	2,5Y 6/4							
795	C0	2-3	2	8	12	20	F	10YR 5/3							MATERIAL NO CONSOLIDADO, SIN ESTRUCTURA
795	C0	2-3	3	20	20	40	FAR	10YR 5/4							
795	C0	2-3	4	40	20	60	FAR	10YR 5/3							
795	C0	2-3	5	60	10	70	F	10YR 5/4							
795	C0	2-3	6	70	40	110	AR	10YR 5/3							
796	C1	2-3	1	0	10	10	ARF	10YR 5/4							
796	C1	2-3	2	10	55	65	AR	10YR 6/6					40		GRABA 40%
796	C1	2-3	3	35	25	60	ARF	10YR 5/3							
796	C1	2-3	4	60	50	110	AR	10YR 5/4							
797	B0	2-5	1	0	25	25	FL	10YR 3/2							
797	B0	2-5	2	25	15	40	FAL	10YR 4/3							TIENDE A FA
797	B0	2-5	3	40	20	60	FL	10YR 5/3	40						
797	B0	2-5	4	60	20	80	FAL	10YR 5/4							
797	B0	2-5	5	80	20	100	FA	10YR 5/6							
797	B0	2-5	6	100	20	120	A	10YR 5/6	5						
798	B0	2-5	1	0	20	20	FA	10YR 5/4							
798	B0	2-5	2	20	10	30	FA	10YR 5/4				10			GRABA FINA
798	B0	2-5	3	30	40	70	FA	10YR 5/6	25	20					CONCRECIÓN Fe
798	B0	2-5	4	70	20	90	FA	10YR 5/6	20	20					CONCRECIÓN Fe
798	B0	2-5	5	90	30	120	MA	10YR 5/6	30	20					
799	C1	2-3	1	0	20	20	ARF	10YR 5/6							
799	C1	2-3	2	20	10	30	AR	10YR 5/4							
799	C1	2-3	3	30	15	45	ARF	10YR 5/4							
799	C1	2-3	4	45	65	110	F	10YR 4/4							

Bzo	PT	Pen (%)	Hzte	Profundidad (cm)			Textura	Color	Hidromorfismo			Graba		Pi	Observaciones
				Min	Prom	Max			Rojo	Gris	Azul	Fina	Media		
800	B1	2-5	1	0	30	30	A	10YR 5/2	20						
800	B1	2-5	2	30	30	60	A	GLE Y16/N	20						
800	B1	2-5	3	60	60	120	A	GLE Y16/10Y							10%CONCRECION DE Fe
801	B1	2-5	1	0	15	15	FA	10YR 5/4							
801	B1	2-5	2	15	15	30	A	10YR 5/2				20			GRABA FINA
801	B1	2-5	3	30	15	45	MA	5Y 5/3	40			20			GRABA FINA
801	B1	2-5	4	45	65	110	A	GLE Y16/10Y	30						5%CONCRECION DE Fe
802	B0	5-8	1	0	15	15	F	10YR 6/4							
802	B0	5-8	2	15	15	30	FAL	10YR 4/2							
802	B0	5-8	3	30	30	60	FA	10YR 5/6	30						
802	B0	5-8	4	60	30	90	A	10YR 6/6	20	15					5%CONCRECION DE Fe
802	B0	5-8	5	90	20	110	A	10YR 6/6	25	15			10		PIEDRAS MEDIAS
803	B0	5-8	1	0	15	15	F	10YR 5/4							
803	B0	5-8	2	15	15	30	F	10YR 5/4							CONCRECIÓN Fe
803	B0	5-8	3	30	15	45	FA	10YR 5/4		15					
803	B0	5-8	4	45	15	60	FA	10YR 5/6							
803	B0	5-8	5	60	20	80	A	10YR 6/6							
803	B0	5-8	6	80	30	110	MA	10YR 6/6							
804	B0	5-8	1	0	7	7	FA	10YR 4/2							
804	B0	5-8	2	7	11	18	A	10YR 5/2							
804	B0	5-8	3	18	12	30	A	GLE Y16/10Y							
804	B0	5-8	4	30	30	60	A	GLE Y16/10Y							CONCRECION DE Fe
804	B0	5-8	5	60	60	120	A	10YR 5/3							
805	C0	2-3	1	0	15	15	F	10YR 4/2							
805	C0	2-3	2	15	15	30	FAR	10YR 5/2							
805	C0	2-3	3	30	15	45	FAAR	10YR 5/4							
805	C0	2-3	4	45	15	60	FA	GLE Y16/N	40						
805	C0	2-3	5	60	60	120	A	GLE Y16/N	40				10		GRABA MEDIA
806	C1	2-3	1	0	15	15	ARF	10YR 5/4							
806	C1	2-3	2	15	15	30	FAR	10YR 5/4							
806	C1	2-3	3	30	30	60	F	10YR 5/4							
806	C1	2-3	4	60	15	75	FAL	10YR 5/6							
806	C1	2-3	5	75	45	120	A	10YR 5/6							

Bzo	PT	Pen (%)	Hzte	Profundidad (cm)			Textura	Color	Hidromorfismo			Graba		Pi	Observaciones
				Min	Prom	Max			Rojo	Gris	Azul	Fina	Media		
807	B1	2-3	1	0	15	15	FA	10YR 5/4							
807	B1	2-3	2	15	15	30	MA	10YR 5/3							
807	B1	2-3	3	30	15	45	FAAR	2.5Y 6/4	20	30					
807	B1	2-3	4	45	15	60	AAR	GLE Y16/10Y	20						30% CONCRECION DE Fe
807	B1	2-3	5	60	60	120	A	GLE Y16/10Y	30						
808	B1	2-5	1	0	15	15	A	10YR 4/2							
808	B1	2-5	2	15	15	30	A	10YR 5/2							
808	B1	2-5	3	30	45	75	MA	GLE Y15/N	30						
808	B1	2-5	4	75	25	100	MA	GLE Y15/N	20						1% CARBONATO DE CALCIO
808	B1	2-5	5	100	20	120	MA	GLE Y15/5GY	20						1% CARBONATO DE CALCIO
809	B1	2-5	1	0	35	35	A	10YR 5/2							
809	B1	2-5	2	35	40	75	MA	GLE Y15/N	30						
809	B1	2-5	3	75	45	120	MA	GLE Y15/5GY	30						
810	B1	2-5	1	0	30	30	A	10YR 4/2	30						
810	B1	2-5	2	30	30	60	MA	GLE Y15/N	30						1% CONCRECION DE Fe
810	B1	2-5	3	60	30	90	MA	GLE Y15/10Y	30			2			1% CONCRECION DE Fe, GRABA FINA
810	B1	2-5	4	90	30	120	MA	5Y 6/4	30			2			5% CARBONATO DE CALCIO, 2% GRABA FINA
811	B0	3-7	1	0	30	30	F	10YR 5/3							
811	B0	3-7	2	30	20	50	FAL	10YR 5/4					20		1% CONCRECION DE Fe, 20% GRABA
811	B0	3-7	3	50	70	120	A	5Y 6/4		30			10		1% CONCRECION DE Fe, 10% GRABA
812	B0	3-7	1	0	20	20	F	10YR 4/3							
812	B0	3-7	2	20	15	35	FA	10YR 4/2		10					
812	B0	3-7	3	35	40	75	FA	10YR 5/6		20			2		2% GRABA
812	B0	3-7	4	75	45	120	A	10YR 5/8					5		5% GRABA MEDIA
813	B0	10-12	1	0	15	15	F	10YR 4/3							
813	B0	10-12	2	15	15	30	FAL	10YR 5/3							
813	B0	10-12	3	30	15	45	FAL	10YR 5/6	40						
813	B0	10-12	4	45	15	60	A	10YR 5/4		40					
813	B0	10-12	5	60	60	120	MA	5Y 5/6	30						
814	B0	10-12	1	0	25	25	F	10YR 4/3							
814	B0	10-12	2	25	5	30	FA	10YR 5/6	30						
814	B0	10-12	3	30	45	75	A	10YR 5/6	30	20					
814	B0	10-12	4	75	45	120	MA	5Y 5/6							
815	B0	10-12	1	0	30	30	F	10YR 4/3							
815	B0	10-12	2	30	90	120	A	10YR 5/6		30					

## ANEXO 2 LECTURA DE CALICATAS

### Perfil Calicata 1 – B0

Ubicación	Parroquia Carcabón, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro-Ecuador.
Coordenadas	17m 592873 – 9595340
Altitud	± 64 msnm
Identificación del perfil	Calicata B0
Autor de la descripción	Jimmy Varas
Fecha de la descripción	15 de octubre del 2015
Clima	Tropical Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Geo formas	LL Meseta
Forma de pendiente	Cóncavo
Gradiente de Pendiente	± 5 %
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Hipertérmico
Drenaje	3 Drenaje Imperfecto
Nivel freático	Mayor a 160 cm
Distribución radicular	Hasta 35 cm
Evidencias de erosión	Erosión hídrica, Laminar ligera.



0 - 21 cm	<b>Pardo (10YR4/3)</b> en húmedo; Franco, sin hidromorfismo; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia muy friable en húmedo; poros comunes de diámetro fino; muy poca pedregosidad de grava media; raíces con poca presencia y finas; de límite difusa.
21 - 35 cm	<b>Pardo oscuro amarillento (10YR4/4)</b> en húmedo; Franco arcilloso, con hidromorfismo de 10 % de gris; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia friable en húmedo; poros en pocas cantidades de diámetro fino; muy poca pedregosidad de grava media; raíces muy pocas y finas; de límite difusa.
35 - 113 cm	<b>Marrón fuerte (7.5YR 4/6)</b> en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 30 % de gris estructura de bloques sub-angulares de grado grueso, y clase medio; consistencia firme en húmedo; poros en pocas cantidades de diámetro fino; ninguna presencia de raíces de límite difusa.
113 - 173 cm	<b>Oliváceo (5Y 5/6)</b> en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 40 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia firme en húmedo; poros muy pocas cantidades de diámetro fino; ausencia de raíces; muy poca pedregosidad de grava media, con presencia de concreciones de hierro al 1 % límite del perfil difusa.

173 - 225 cm

**Gris oliváceo oscuro (Gley1 5/10Y)** en húmedo; Muy Arcilloso; con hidromorfismo de 30 % en rojo, estructura de bloques sub-angulares de grado medio, y clase media; consistencia firme en húmedo; poros en muy pocas cantidades de diámetro fino; ausencia de raíces; muy poca pedregosidad de grava media, límite del perfil neto.

## Perfil Calicata 2- B1

Ubicación	Parroquia Carcabón, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro-Ecuador.
Coordenadas	17m 593279 – 9595107
Altitud	± 57 msnm
Identificación del perfil	Calicata B1
Autor de la descripción	Jimmy Varas
Fecha de la descripción	15 de octubre del 2015
Clima	Tropical Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Geo formas	LV Piso de Valle
Forma de pendiente	Plano
Gradiente de Pendiente	± 5 %
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Hipertérmico
Drenaje	3 Drenaje Imperfecto
Nivel freático	Mayor a 200 cm
Distribución radicular	Hasta 77 cm
Evidencias de erosión	Erosión hídrica laminar.



0 - 21 cm	<b>Pardo (10YR4/3)</b> en húmedo; Franco Arenoso, sin hidromorfismo; estructura de bloques granulares de grado medio y clase media; consistencia friable en húmedo; poros pocos de diámetro fino; raíces muy poca presencia y finas; de límite difusa.
21 - 35 cm	<b>Pardo oscuro grisáceo (10YR4/2)</b> en húmedo; Franco Arcilloso Arenoso, sin hidromorfismo; estructura de bloques granulares de grado medio y clase media; consistencia friable en húmedo; poros pocos de diámetro fino; raíces poca presencia y finas; de límite difusa.
35 - 45 cm	<b>Pardo (10YR4/3)</b> en húmedo; Arcilloso Arenoso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; estructura de bloques granulares de grado medio y clase media; consistencia suelta en húmedo; poros muy pocos de diámetro fino; raíces poca presencia y finas; muy poca pedregosidad de grava fina, de límite difusa.
45 - 77 cm	<b>Gris oliváceo oscuro (Gley1 5/10Y)</b> en húmedo; Arcilloso Arenoso, con hidromorfismo de 40 % en rojo y 30 % concreciones de Fe; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia firme en húmedo; poros muy pocas cantidades de diámetro fino; poca presencia de raíces y finas; muy poca pedregosidad de grava gruesa, de límite difusa.

77 - 103 cm	<b>Gris (Gley1 5/N)</b> en húmedo; Arcilloso Arenoso, con hidromorfismo de 20 % en rojo y 20 % concreciones de Fe, estructura de bloques sub-angulares de grado medio, y clase media; consistencia firme en húmedo; poros en muy pocas cantidades de diámetro fino; ninguna presencia de raíces; límite del perfil difuso.
103 - 140 cm	<b>Gris azulado (Gley2 6/10BG)</b> en húmedo; Franco Arcilloso, con hidromorfismo de 30 % concreciones de Fe, estructura de bloques sub-angulares de grado fino, y clase media; consistencia firme en húmedo; Poros en muy pocas cantidades de diámetro fino; ninguna presencia de raíces; límite del perfil difusa.
140 - 180 cm	<b>Gris azulado (Gley2 6/10BG)</b> en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 30 % concreciones de Fe, 20 % de Carbonato de Calcio; estructura de bloques sub-angulares de grado fino, y clase media; consistencia firme en húmedo; poros en muy pocas cantidades de diámetro fino; ausencia de raíces; límite del perfil neto.

### Perfil Calicata 3- B1

Ubicación	Parroquia Carcabón, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro-Ecuador.
Coordenadas	17m 593102- 9595332
Altitud	± 65 msnm
Identificación del perfil	Calicata B1
Autor de la descripción	Jimmy Varas
Fecha de la descripción	15 de octubre del 2015
Clima	Tropical Seco
Material parental	Coluvio- Aluvial
Geo formas	Piso de Valle
Forma de pendiente	Plano
Gradiente de Pendiente	± 3 -4 %
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Hipertérmico
Drenaje	3 Drenaje Imperfecto
Nivel freático	Mayor a 250 cm
Distribución radicular	Hasta 20 cm
Evidencias de erosión	Laminar.



0 - 21 cm	<b>Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4)</b> en húmedo; Franco Arcillo Limoso, con hidromorfismo de 10 % en gris; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia friable en húmedo; poros pocos de diámetro fino; raíces poca presencia y finas; de límite difusa.
21 - 40 cm	<b>Marrón fuerte (7.5YR 5/6)</b> en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 20 % en gris; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro fino; de límite difusa.
40 - 79 cm	<b>Marrón grisáceo (10YR 5/2)</b> en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado grueso y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro fino; de límite difusa.
79 - 121 cm	<b>Oliva oscuro (5Y 5/4)</b> en húmedo; Arcilloso Arenoso, con hidromorfismo de 40 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.
121 - 162 cm	<b>Oliva oscuro (5Y 5/4)</b> en húmedo; Arcilloso Arenoso, con hidromorfismo de 20 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.



162 - 187  
cm **Gris claro (Gley1 6N)** en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 20 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado fino y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.

187 - 217  
cm **Gris claro (Gley1 6N)** en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 30 % en rojo y 20 % de concreciones de Fe; estructura de bloques sub-angulares de grado fino y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.

217 - 265  
cm **Gris claro (Gley1 6N)** en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado fino y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.

## Perfil Calicata 4– B0

Ubicación	Parroquia Carcabón, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro-Ecuador.
Coordenadas	17m 592885 – 9594970
Altitud	± 61 msnm
Identificación del perfil	Calicata B0
Autor de la descripción	Jimmy Varas
Fecha de la descripción	15 de octubre del 2015
Clima	Tropical Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Geo forma	Piso de Valle
Forma de pendiente	Plano
Gradiente de Pendiente	± 5 %
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Hipertérmico
Drenaje	3 Drenaje Imperfecto
Nivel freático	Mayor a 220 cm
Distribución radicular	Hasta 14 cm
Evidencias de erosión	Erosión hídrica laminar.



0 - 14 cm	<b>Pardo oscuro grisáceo (10YR 4/2)</b> en húmedo; Franco, sin hidromorfismo; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia friable en húmedo; poros comunes de diámetro fino; raíces muy poca presencia y finas; pedregosidad muy poca con graba fina; de límite difusa.
21 - 35 cm	<b>Pardo (10YR 5/2)</b> en húmedo; Franco Arcilloso Arenoso, con hidromorfismo de 10 % de rojo; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia firme en húmedo; poros comunes de diámetro fino; de límite difusa.
35 - 103 cm	<b>Rojo (2.5YR 5/4)</b> en húmedo; Franco Arcilloso, con hidromorfismo de 40 % de rojo; estructura de bloques granulares de grado grueso y clase media; consistencia firme en húmedo; poros muy pocos de diámetro fino; de límite difusa.
103 - 147 cm	<b>Gris oliváceo oscuro (Gley1 5/10Y)</b> en húmedo; Franco Arcilloso, con hidromorfismo de 40 % de rojo; estructura de bloques angulares de grado grueso y clase media; consistencia firme en húmedo; poros muy pocos de diámetro fino; de límite difusa.
147 - 162 cm	<b>Gris claro (Gley1 6/N)</b> en húmedo; Arcilloso, con hidromorfismo de 40 % de rojo; estructura de bloques angulares de grado grueso y clase media; consistencia firme en húmedo; poros muy pocos de diámetro fino; de límite difusa.

**Gris claro (Gley1 6/N)** en húmedo; Franco Arenoso, con  
162 – 174 cm hidromorfismo de 30 % de rojo; consistencia suelta en húmedo;  
poros muy pocos de diámetro fino; de límite definido.

**Pardo oliváceo (5Y 5/6)** en húmedo; Arcilloso, con  
174 - 215 cm hidromorfismo de 30 % de Gris; consistencia suelta en húmedo;  
límite del perfil neto.

## Perfil Calicata 5 – C1

Ubicación	Parroquia Carcabón, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro-Ecuador.
Coordenadas	17m 592775 – 9594900
Altitud	± 56 msnm
Identificación del perfil	Calicata C0
Autor de la descripción	Jimmy Varas
Fecha de la descripción	15 de octubre del 2015
Clima	Tropical Seco
Material parental	Flavio Lacustre
Geo formas	Piso de Valle
Forma de pendiente	Plano
Gradiente de Pendiente	± 5 %
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Hipertérmico
Drenaje	5 Bien Drenado
Nivel freático	Mayor a 145 cm
Distribución radicular	Hasta 33 cm
Evidencias de erosión	Erosión hídrica, Laminar ligera.



**0 - 11cm** **Pardo oscuro grisáceo (10YR 4/2)** en húmedo; Franco Limoso, con hidromorfismo de 5 % en rojo; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia friable en húmedo; poros comunes de diámetro medio; raíces comunes y finas; de pedregosidad muy poca, graba fina y de forma redonda; de límite difusa.

**11 - 33 cm** **Pardo grisáceo (10YR 5/2)** en húmedo; Franco, con hidromorfismo de 20 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia friable en húmedo; poros comunes de diámetro fino; raíces comunes y finas; de límite difusa.

**33 - 62 cm** **Pardo (10YR 5/3)** en húmedo; Arenoso, sin hidromorfismo; sin estructura; de consistencia suelta; de límite difusa.

**62 - 78 cm** **Pardo grisáceo (10YR 5/2)** en húmedo; Franco, con hidromorfismo de 30 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia friable en húmedo; poros comunes de diámetro fino; de límite difusa.

**78 - 88 cm** **Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4)** en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; de límite difusa.

88 - 114 cm	<b>Pardo grisáceo (10YR 5/2)</b> en húmedo; Franco Arenoso, con hidromorfismo de 40 % en rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia muy friable en húmedo; poros comunes de diámetro muy fino; de límite difusa.
114 - 128 cm	<b>Pardo (10YR 4/3)</b> en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; de límite difusa.
128 - 137 cm	<b>Pardo grisáceo (10YR 5/2)</b> en húmedo; Areno Francoso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; de límite difusa.
137 - 150 cm	<b>Pardo grisáceo (10YR 5/2)</b> en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 40 % en rojo; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; presencia de pedregosidad media y graba fina; de límite difusa.

## Perfil Calicatas 6 – C0

Ubicación	Parroquia Carcabón, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro-Ecuador.
Coordenadas	17m 593082 - 9594946
Altitud	± 54 msnm
Identificación del perfil	Calicata C01
Autor de la descripción	Jimmy Varas
Fecha de la descripción	15 de octubre del 2015
Clima	Tropical Seco
Material parental	Coluvio-Aluvial
Geo forma	Planicie de Valle
Forma de Pendiente	Planicie
Gradiente de Pendiente	2 %
Régimen de humedad del suelo	Ústico
Régimen de temperatura de suelo	Hipertérmico
Drenaje	3 Drenaje Imperfecto
Nivel freático	Mayor a 220 cm
Distribución radicular	Hasta 17 cm
Evidencias de erosión	Erosión Laminar.



0 - 18 cm	<b>Pardo oscuro grisáceo (10YR4/2)</b> en húmedo; Franco Arenoso, con hidromorfismo de 20 % de rojo; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia friable en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; raíces muy poca presencia y finas; de límite difusa.
18 - 42 cm	<b>Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4)</b> en húmedo; Franco Arenoso y Franco Arcillo Arenoso, con hidromorfismo de 30 % en rojo; estructura de bloques granulares de grado fino y clase media; consistencia friable en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.
42 - 77 cm	<b>Marrón fuerte (7.5YR 4/6)</b> en húmedo; Arcillo Arenoso, con hidromorfismo de 20 % de gris; estructura de bloques sub-angulares de grado medio y clase media; consistencia firme en húmedo; poros pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.
77 - 120 cm	<b>Marrón fuerte (7.5YR 4/6)</b> en húmedo; Arcillo Arenoso, con hidromorfismo de 30 % de rojo; estructura de bloques sub-angulares de grado fino y clase media; consistencia firme en húmedo; poros muy pocos de diámetro muy fino; con pedregosidad muy poca y graba fina; de límite difusa.
120 - 154 cm	<b>Gris oliváceo (5Y 5/2)</b> en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 30 % de rojo; estructura granulares de grado fino y clase media; consistencia suelta en húmedo; poros muy pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.

154 – 179  
cm **Gris oliváceo (5Y 5/2)** en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 20 % de rojo y 30 % de concreciones de Fe; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; poros muy pocos de diámetro muy fino; de límite difusa.




179 - 199  
cm **Gris claro oliváceo (5Y 6/2)** en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 30 % de rojo y 20 % de concreciones de Fe; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; con pedregosidad muy poca y graba fina de límite difusa.

199 – 232  
cm **Gris claro oliváceo (5Y 6/2)** en húmedo; Arenoso, con hidromorfismo de 30 % de rojo y 20 % de concreciones de Fe; sin estructura; consistencia suelta en húmedo; poros muy pocos de graba fino; de límite difusa.

### ANEXO 3. Resultados de análisis de suelos para fertilidad

Análisis de Suelo														
Muestra #														
Parámetros	Rango	Unidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
			S. FeO	CAMP	LIND	CAMP	LIND	S. SAL	INT	CAL	CAL	CAL	CAL	
			B0	B1	B1	C0	C0	C0	C1	B0	B0	B1	C0	
			DA-15/0060	DA-15/0054	DA-15/0055	DA-15/0056	DA-15/0059	DA-15/0057	DA-15/0058	DA-15/0061	DA-15/0064	DA-15/0062	DA-15/0063	
Nitrógeno (N)	0.3 -	-	%	▼ 0.07	▼ 0.12	▼ 0.14	▼ 0.10	▼ 0.06	▼ 0.13	▼ 0.08	▼ 0.08	▼ 0.03	▼ 0.12	▼ 0.05
Fósforo (P)	10 -	40	ppm	✓ 29.00	! 40.00	✓ 32.00	✓ 29.00	! 43.00	✓ 27.00	✓ 23.00	✓ 17.00	✓ 14.00	✓ 22.00	✓ 12.00
Potasio (K)	195 -	585	ppm	▼ 163.00	✓ 199.00	▼ 175.00	✓ 198.00	▼ 113.00	✓ 124.00	▼ 79.00	▼ 60.00	▼ 37.00	▼ 181.00	▼ 44.00
Magnesio (Mg)	150 -	2160	ppm	✓ 217.00	✓ 294.00	✓ 372.00	✓ 372.00	✓ 223.00	✓ 294.00	✓ 211.00	✓ 250.00	✓ 532.00	✓ 372.00	✓ 265.00
Calcio (Ca)	800 -	4000	ppm	▼ 562.00	✓ 1260.00	▼ 762.00	✓ 1090.00	▼ 585.00	✓ 714.00	▼ 450.00	✓ 785.00	✓ 2150.00	✓ 1150.00	▼ 631.00
Azufre (S)	6 -	12	ppm	▼ 3.10	▼ 5.10	! 54.00	✓ 6.70	✓ 8.80	! 13.00	! 24.10	! 17.80	! 338.80	▼ 3.50	✓ 8.40
Cobre (Cu)	2 -	20	ppm	✓ 2.71	✓ 3.46	▼ 1.72	✓ 7.97	▼ 1.48	✓ 3.62	✓ 1.02	✓ 2.54	✓ 0.63	✓ 5.51	✓ 1.06
Manganeso (Mn)	5 -	50	ppm	! 152.00	! 201.00	! 90.40	! 113.00	! 199.00	! 173.00	! 54.50	! 480.00	! 156.00	! 324.00	! 124.00
Zinc (Zn)	2 -	20	ppm	✓ 2.33	✓ 2.80	✓ 2.32	✓ 2.36	✓ 2.32	✓ 2.51	▼ 1.13	▼ 0.47	▼ 0.20	✓ 2.73	▼ 0.27
Boro (B)	0.5 -	2	ppm	✓ 0.72	✓ 0.79	✓ 0.67	✓ 0.80	✓ 0.55	✓ 0.72	✓ 0.50	▼ 0.44	✓ 1.18	✓ 0.55	▼ 0.47
Molibdeno (Mo)	0.2 -	5	ppm	▼ 0.06	▼ 0.06	▼ 0.07	▼ 0.11	▼ 0.06	▼ 0.12	▼ 0.07	✓ 1.05	▼ 0.09	▼ 0.10	▼ 0.19
Hierro (Fe)	10 -	100	ppm	! 374.00	! 500.00	! 307.00	! 429.00	! 595.00	! 253.00	! 247.00	! 886.00	! 20.00	! 122.00	✓ 83.00
Sodio (Na)	11 -	23	ppm	▼ 0.49	▼ 0.49	▼ 0.54	▼ 0.61	▼ 0.49	▼ 0.73	▼ 0.84	▼ 1.67	▼ 4.37	▼ 0.49	▼ 0.64
Materia Orgánica	1.2 -	-	%	✓ 1.20	✓ 2.10	✓ 1.60	✓ 2.30	▼ 1.00	▼ 1.00	▼ 0.80	▼ 0.30	▼ 0.19	✓ 1.80	▼ 0.30
pH	5.5 -	7.5		✓ 6.10	✓ 6.40	✓ 6.20	✓ 6.10	✓ 6.40	✓ 6.40	✓ 6.00	✓ 6.00	✓ 7.20	✓ 6.40	✓ 6.00
Acidez Extractable	0 -	0.5	cmol/l	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.10	! 1.40	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.09	✓ 0.09
Contenido de Sales	500 -	1000	ppm	▼ 115.00	▼ 238.00	▼ 423.00	▼ 192.00	▼ 203.00	▼ 273.00	▼ 414.00	▼ 215.00	! 1210.00	▼ 218.00	▼ 114.00
ClCe	5 -	25	meq/100ml	✓ 7.20	✓ 17.50	✓ 14.00	✓ 19.70	✓ 6.50	✓ 9.10	▼ 3.70	✓ 12.20	! 29.80	✓ 19.10	✓ 8.00
CE	10 -	750	uS/cm OS	✓ 21.78	✓ 45.08	✓ 80.11	✓ 36.36	✓ 38.45	✓ 51.70	✓ 78.41	✓ 40.72	✓ 229.17	✓ 41.29	✓ 21.59
Suma de Bases	5 -	25	meq/100ml	✓ 5.85	✓ 10.76	✓ 8.54	✓ 10.52	✓ 5.89	✓ 7.36	▼ 4.89	✓ 7.16	✓ 17.76	✓ 10.82	✓ 6.36
Saturación de Bases			%	0.81	0.62	0.61	0.53	0.91	0.81	1.32	0.59	0.60	0.57	0.79
Relaciones entre Bases	2 -	5	Ca/Mg	✓ 2.59	✓ 4.29	✓ 2.05	✓ 2.93	✓ 2.62	✓ 2.43	✓ 2.13	✓ 3.14	✓ 4.04	✓ 3.09	✓ 2.38
	5 -	25	Ca/K	▼ 3.45	✓ 6.33	▼ 4.35	✓ 5.51	✓ 5.18	✓ 5.76	✓ 5.70	✓ 13.08	! 58.11	✓ 6.35	✓ 14.34
	2.5 -	15	Mg/K	▼ 1.33	▼ 1.48	▼ 2.13	▼ 1.88	▼ 1.97	▼ 2.37	✓ 2.67	✓ 4.17	✓ 14.38	▼ 2.06	✓ 6.02
	10 -	40	Ca+Mg/K	! 563.33	! 1261.48	! 764.13	! 1091.88	! 586.97	! 716.37	! 452.67	! 789.17	! 2164.38	! 1152.06	! 637.02

En estos resultados se expresan los símbolos que se detallan a continuación:

-  Representa a lo que se encuentra debajo del nivel óptimo.
-  Manifiesta un exceso y cuidado que requiere precaución.
-  Este símbolo manifiesta que se encuentra el parámetro analizado dentro del rango.



**ANEXO 4.** Trabajo de estudio de Calicata.





**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Varas Campoverde Jimmy Josue**, con C.C: # **0926004607** autor/a del trabajo de titulación: **“Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro,”** previo a la obtención del Grado de **INGENIERO AGROPECUARIO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de septiembre de 2016

---

**Varas Campoverde Jimmy Josue**  
**C.C: 0926004607**

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro		
<b>AUTOR(ES)</b>	Jimmy Josue Varas Campoverde		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Dr. Alberto Peñalver Romeo Ph. D.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO		
<b>CARRERA:</b>	INGENIERÍA AGROPECUARIA		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	INGENIERO AGROPECUARIO con Mención en Gestión Empresarial Agropecuaria		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de septiembre de 2016	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	129
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Manejo Sostenible de Cultivos Tropicales		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Suelos, Estudio de Suelos, Cacao CCN-51, Muestreo de Suelos, Textura, Fertilidad de suelos.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>Los suelos de la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas Provincia de El Oro, Ecuador tradicionalmente han sido dedicados a la actividad ganadera la que dadas las condiciones climáticas de la zona se ha caracterizado por sus bajos rendimientos, los propietarios de tierras de la zona consideran que puede ser de mayor rentabilidad la ocupación de las tierras por cultivos agrícolas intensivos, sin embargo la inexistencia de estudios detallados de suelos pone en riesgo la decisión del cambio de uso de suelos.</p> <p>El presente estudio evalúa la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao, variedad CCN-51, en la Comunidad El Rocano, mediante una investigación científica de carácter exploratorio y descriptivo, con enfoque cuantitativo y aplicando un diseño de investigación no experimental, utilizando métodos empíricos de observación y medición propios de la edafología.</p> <p>Se obtiene como resultados la caracterización física y química de los suelos y su clasificación en Clases y Subclases de acuerdo a la Clasificación de Suelos adoptada, se concluye que los suelos estudiados son aptos para el cultivo del cacao variedad CCN- 51 con las limitaciones que se derivan de la naturaleza del suelo y las características climáticas de la zona; se definen unidades de manejos de suelos y se representan mediante mapas detallados la ubicación y características de los tipos de suelos.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono: +593-4-(3080584) + 593-9-(98857916)</b>	<b>E-mail: jimmyvarasc@gmail.com</b>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: DONOSO BRUQUE MANUEL</b>		
	<b>Teléfono: +593-9-91070554</b>		
	<b>E-mail: manuel.donosos@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			