

**UNIVERSIDAD DE PANAMA  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACION Y POSTGRADO  
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE LOS SANTOS**

**PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGRICOLAS CON ENFASIS EN  
MANEJO DE SUELOS Y AGUA**

**CARACTERIZACION PEDOGENETICA Y MEJORAMIENTO NUTRICIONAL  
DEL CULTIVO DE CACAO ORGANICO EN ALMIRANTE, BOCAS DEL TORO**

**JHON ALEXANDER VILLALAZ PEREZ  
CIP 6 69 888**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITO PARA OPTAR AL  
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRICOLAS CON ENFASIS EN  
MANEJO DE SUELOS Y AGUA**

**PANAMA, REPUBLICA DE PANAMA**

2017

57

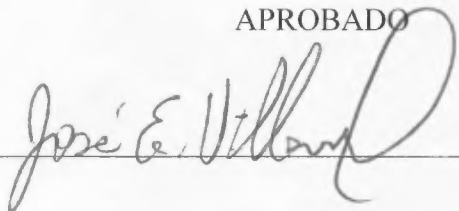
**CARACTERIZACION PEDOGENETICA Y MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE CACAO ORGANICO EN ALMIRANTE, BOCAS DEL TORO**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN MANEJO DE SUELOS Y AGUA**

03 APR 2018

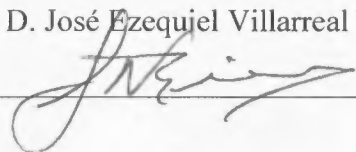
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO

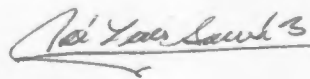


ASESOR

Ph. D. José Ezequiel Villarreal N.



JURADO



Mgter. Nazario Rivera  
2-74-738

JURADO

Mgter. José Luis García

*Obsequio del autor*

## DEDICATORIA

Es de grato placer dedicar este trabajo de investigacion para obtener el titulo de Magister a mi DIOS y a toda mi familia en especial a mi Madre la Señora Catalina Perez Arenas a mi Padre el Señor Jose Santiago Villalaz Rodriguez a mis hijos Jhon Alexander Villalaz De Leon y Johan Alexander Villalaz De Leon a mi querida esposa Dayana Alicia De Leon por su apoyo en todo momento a mi hermano querido Jose Santiago Villalaz Perez (Pompino)

Tambien le dedico a mis tios que ya no estan en este mundo pero que siempre me dieron sus consejos para que siguiera superandome como lo fueron Emilio David Arenas Lucia Perez Arenas Enrique Perez Arenas y Melanio Perez Arenas

Tal como dijera un dia *Mahatma Gandhi* *Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado un esfuerzo total es una victoria completa*

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi asesor el Ph D Jose Ezequiel Villarreal N por todo el apoyo y consejos para que hiciera las cosas muy bien a todos mis Profesores de la carrera de Maestria los que fueron miembros del jurado los Magister Jose Nazario y Jose Luis Garcia a todo el personal del Laboratorio de suelos del IDIAP Divisa (Virginia Perez Yarisbell Vasquez Ivan Ramos Fabio Ortega Herminio Gonzalez) a mis amigos y colegas los ingenieros Adolfo Santos y Osvaldo Cerrud

A mis compañeros de Maestria en Ciencias Agrícola con énfasis en Suelos y agua la primera dictada en Panama por tener mente positiva y ayudarnos en las buenas y malas

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
CAPITULO I	XV
CARACTERIZACION PEDOGENETICA DE LOS SUELOS CON CULTIVOS DE CACAO ORGANICO EN ALMIRANTE PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO	xvi
RESUMEN	1
ABSTRAC	2
1 INTRODUCCION	3
2 OBJETIVOS	5
2 1 OBJETIVO GENERAL	5
2 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
3 REVISION DE LITERATURA	6
3 1 La Pedogenesis o Genesis del suelo	6
3 2 Factores de formacion de suelos	6
3 3 Clasificacion del suelo	7
3 4 Sistema de clasificacion de suelos	8
3 4 1 Enfoques diferentes sobre la clasificacion de suelos	8
3 4 2 Sistema de clasificacion de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)	8

3 4 3	Sistema de clasificación Referencia Mundial de Base de Datos para suelos (WRB) de la FAO	9
3 5	La Meteorización	10
3 6	Pedon	10
3 7	El polipedon	10
3 8	Epipedon y endopedon	11
3 8 1	El epipedon	11
3 9	Horizontes maestros morfogenéticos	11
3 10	Perfil del suelo	12
3 11	Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo	12
3 12	Propiedades morfológicas y relaciones con los usos y funciones de los suelos	13
3 12 1	La morfología de suelo	13
3 12 2	La sostenibilidad de un ecosistema	13
3 13	Variabilidad espacial de los suelos	14
3 14	Sección de control de humedad y regímenes de humedad del suelo	14
3 14 1	Sección de control de humedad	14
3 14 2	Definición del régimen de humedad acuico	15
3 14 3	Definición del régimen de humedad udico	15
3 14 4	Definición del régimen de humedad ustico	16
3 14 5	Definición del régimen de humedad xerico	16
3 14 6	Definición del régimen de humedad aridico o torrico	17
3 15	Algunas propiedades físicas químicas y biológicas del suelo	17
3 15 1	Propiedades físicas del suelo	17
3 15 1 1	El color del suelo	17
3 15 1 2	Textura	19
3 15 1 3	Estructura	20
3 15 1 4	Densidad aparente	20
3 15 1 5	Resistencia a la penetración	21

3 15 1 6	Conductividad hidraulica	21
3 15 1 7	Infiltracion	22
3 15 1 8	Velocidad de infiltracion	23
3 15 1 8 1	Velocidad de infiltracion basica	23
3 16	Propiedades quimicas del suelo	24
3 16 1	La acidez del suelo	24
3 16 2	Potencial de hidrogeno (pH)	25
3 16 3	Intercambio cationico	25
3 16 4	Conductividad electrica	26
3 17	Propiedades biologias	26
3 17 1	Actividad biologica	26
3 18	Orden de suelos mas comun en las zonas cacaoteras de la Provincia de Bocas del Toro	27
3 18 1	Suelos inceptisoles	27
4	MATERIALES Y METODOS	28
4 15	Metodologia	28
4 15 1	Area del Estudio	28
4 15 2	Fase de campo	29
5	RESULTADOS Y DISCUSION	34
5 15	Caracteristicas Morfologicas Fisicas Quimicas y Biologicas de Suelos	35
5 15 1	Caracteristicas morfologicas	35
5 15 2	Caracteristicas Fisicas	36
5 15 3	Caracteristicas Quimicas	37
5 15 4	Caracteristicas Biologicas	39
6	CONCLUSIONES	62
7	BIBLIOGRAFIA	63
8	ANEXOS	69
8 1	Caracteristicas Fisicas de los pedones	69
8 2	Caracteristicas quimicas de los pedones	71

8 3	Características químicas con solución extractora de acetato de amonio	72
8 3 1	Solución ext (CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> ) 1N pH 7	72
8 4	Parámetros químicos utilizados para caracterizaciones	74
8 5	Características Biológicas en los pedones estudiados	75
8 6	Resultados de análisis químicos extraída con solución mehlich 1	77
8 7	Resultados de análisis químicos de cationes extraídos con solución cloruro de potasio	78
8 8	Relaciones entre cationes	80
8 9	Capacidad de intercambio catiónico efectiva % de saturación de aluminio y bases	81
9	Infiltraciones	82
10	Figuras de infiltraciones	83
11	Figuras de niveles de pH y zinc por profundidad del suelo	84
12	Mapas de niveles de elementos nutricionales pH y materia orgánica	86
	CAPITULO II	90
	MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE CACAO ORGANICO ALMIRANTE PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO	91
	RESUMEN	92
	ABSTRAC	93
1	INTRODUCCION	94
2	OBJETIVOS	95
2 1	OBJETIVO GENERAL	95
2 2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	95
3	REVISION DE LITERATURA	96
3 1	Descomposición de la hojarasca	96
3 2	La Materia Orgánica	97
3 3	Relación C/N en el suelo	98



3 4	Elementos nutritivos para el cacao	98
3 5	Velocidad de infiltracion y conductividad hidraulica	102
3 6	Diametro a la altura del pecho (DAP 1 30 cm)	103
3 7	Respiracion del suelo (R S)	103
4	MATERIALES Y METODOS	105
4 1	Metodologia	105
4 1 1	Area del Estudio	105
4 1 2	Fase de Tratamientos	107
4 2	Fase de Laboratorio	110
4 3	Analisis Estadistico	111
4 3 1	Parametros evaluados	112
4 3 1 1	Variables medidas	112
4 3 1 2	Variables de Respuesta	112
4 3 1 3	Variables medidas en el Cultivo	113
5	RESULTADOS Y DISCUSION	114
5 1	Contenidos de nutrimentos en el tejido foliar en cada tratamiento	114
5 2	Contenido de N P K Ca y Mg en tejido foliar de arboles de cacao organico segun dosis de abono organico seis meses despues de la aplicacion	115
5 3	Determinacion del crecimiento de plantas de cacao organico por medio del diametro a la altura del pecho (DAP)	123
6	CONCLUSIONES	140
7	BIBLIOGRAFIA	143
7 1	Bibliografia Consultada y de Referencia	143

## INDICE DE CUADROS

### CAPITULO I

CUADRO 1 1 Interpretacion de la infiltracion del suelo	24
CUADRO 1 2 Estudio paisajistico de las areas estudiadas	30
CUADRO 1 3 Localizacion y clasificacion de los suelos con cultivos de cacao Almirante Bocas del Toro 2016	34

### CAPITULO II

CUADRO 2 1 Estimativa de la cantidad de nutrientes absorbidos por plantas de cacao en diferentes estados de desarrollo	101
CUADRO 2 2 Diametro a la altura del pecho por edad de plantacion	103
CUADRO 2 3 Indices generales para clases de respiracion del suelo y estado del suelo en condiciones optimas de temperatura y humedad primordialmente para uso agricola	104
CUADRO 2 4 Caracteristicas fisicas quimicas y biologicas de los suelos de Nuevo Paraiso Almirante 2016	106

CUADRO 2 5 Características químicas del abono comercial	109
CUADRO 2 6 Tratamientos que se utilizaron en el experimento	109
CUADRO 2 7 Aporte nutricional del abono orgánico aplicado al suelo por tratamientos en kg ha <sup>-1</sup>	110
CUADRO 2 8 Composición de la hojarasca de árboles de cacao colectada en el área del estudio	110
CUADRO 2 9 Análisis de varianza y comparación de medias para el N P K Ca y Mg en el tejido foliar de árboles de cacao en cada tratamiento Almirante 2016	115
CUADRO 2 10 Valores mínimos medios y máximos de nutrientes extraídos en el tejido foliar según cada tratamiento	122
CUADRO 2 11 Análisis de varianza y comparación de medias para crecimiento en diámetro y altura total en plantaciones de cacao de dos años Almirante Bocas del Toro 201	124
CUADRO 2 12 Prueba t de student para variables edáficas del suelo en el tratamiento de 5 ton ha <sup>-1</sup>	125
CUADRO 2 13 Pruebas t de Student para el tratamiento de 10 ton ha <sup>-1</sup>	126
CUADRO 2 14 Pruebas de t de Student para el tratamiento de 15 ton ha <sup>-1</sup>	127
CUADRO 2 15 Pruebas de t de Student para el tratamiento de 20 ton ha <sup>-1</sup>	128
CUADRO 2 16 Relaciones entre elementos Ca Mg y K encontradas en el suelo antes y seis meses después de aplicados los tratamientos	130

CUADRO 2 17 Prueba t de Student para Respiracion del suelo en kg C (CO <sub>2</sub> /ha/día) por tratamiento	131
CUADRO 2 18 Prueba de t de Student para la variable densidad aparente en gcm <sup>3</sup> para cada tratamiento	132
CUADRO 2 19 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 0 tonha <sup>1</sup>	135
CUADRO 2 20 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 5 tonha <sup>1</sup>	136
CUADRO 2 21 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 10 tonha <sup>1</sup>	137
CUADRO 2 22 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 15 tonha <sup>1</sup>	138
CUADRO 2 23 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 20 tonha <sup>1</sup>	139

**INDICE DE FIGURAS**

## CAPITULO I

FIGURA 1 1 Determinacion de la pendiente del terreno 30

FIGURA 1 2 Cilindros utilizados para determinar la velocidad de infiltracion del suelo  
32

## CAPITULO II

FIGURA 2 1 Medicion de altura total y diametro a la altura del pecho 107

FIGURA 2 2 Vista del area antes de las aplicaciones de tratamientos de abono organico  
108

# CAPÍTULO I

**CARACTERIZACION PEDOGENETICA DE LOS SUELOS  
CON CULTIVOS DE CACAO ORGANICO, EN  
ALMIRANTE, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO**

## RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos con cultivo de cacao orgánico se describieron perfiles de suelo en siete fincas de productores ubicados en Almirante, Bocas del Toro. Según el sistema de clasificación Soil Taxonomy predominó el orden Inceptisol y bajo el sistema World Reference Base (WRB) el orden Cambisol. En el estudio paisajístico se encontraron árboles de diferentes especies forestales con relieves llanos a ondulados. En todos los perfiles estudiados los suelos presentaron régimen de temperatura isohipertermico con regímenes de humedad údico. Precipitaciones alrededor de 3300 mm año<sup>-1</sup>. Químicamente presentaron un desbalance nutricional con deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio, y alto contenido de calcio y magnesio; por otra parte se determinó que la suma de bases es menor al 50 % característico del sub grupo de suelos districo. Los elementos menores como el cobre, hierro, cinc y manganeso mantuvieron los valores bajos en todos los perfiles. Físicamente se caracterizaron predominando texturas franco arenosa, franco arcillo arenosa y franco arcillo arenosa. Poseen infiltraciones lentas, moderadas y algunos perfiles rápidos. Al determinar la densidad aparente se obtuvieron valores promedios de 1,0 kg dm<sup>-3</sup>. En la parte biológica la materia orgánica presentó valores bajos con promedios de 0,95 %. Los horizontes descritos como orgánicos presentaron altos valores de respiración del suelo. De acuerdo con los valores de infiltración básica observados se concluyó que en los lugares donde la infiltración fue lenta se debe mejorar su estructura aplicando cantidades adecuadas de materia orgánica para no caer en una compactación acelerada, aumentar los niveles de potasio por medio de un balance adecuado en el suelo.

**PALABRAS CLAVES:** Theobroma cacao, Inceptisoles, Cambisoles, districo, densidad aparente, infiltración, respiración del suelo.



## ABSTRACT

With the objective of characterizing the physical, chemical and biological properties of soils with organic cocoa cultivation, soil profiles were described in seven farms of producers located in Almirante, Bocas del Toro. According to the Soil Taxonomy classification system, the order Inceptisol predominated and under the World Reference Base (WRB) the Cambisol order. In the landscape study, trees of different forest species were found with flat and undulating reliefs. In all the studied profiles, the soils presented isohyperthermal temperature regime with udic moisture regimes. Precipitation around 3300 mm year<sup>-1</sup>. Chemically, they presented a nutritional imbalance with deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium. And high calcium and magnesium content. On the other hand, it was determined that the sum of bases is less than 50% characteristic of the subgroup of districts soils. Smaller elements such as copper, iron, zinc and manganese kept the values low in all profiles. Physically, they were characterized predominantly by textures: arenous, loamy, sandy loam and sandy clay loam. They have slow, moderate infiltrations and some quick profiles. When determining the bulk density, average values of 1.0 kg dm<sup>-3</sup> were obtained. In the biological part, organic matter showed low values with averages of 0.95%. The horizons described as organic presented high values of soil respiration. According to the basic infiltration values observed, it was concluded that in places where infiltration was slow, its structure should be improved by applying adequate amounts of organic matter, so as not to fall into accelerated compaction. Increase potassium levels by means of an adequate balance in the soil.

**KEYWORDS:** Theobroma cacao, Inceptisols, Cambisols, districts, bulk density, infiltration, soil respiration.

## 1 INTRODUCCION

En este trabajo de investigacion se estudio la genesis y morfologia de las areas que se dedican al cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) bajo un sistema organica en el distrito de Almirante provincia de Bocas del Toro Panama

A pesar de que este rubro representa una de las principales actividades economicas de esta region muchos productores desconocen las caracteristicas quimicas fisicas y biologicas que estan vinculadas a la nutricion de este cultivo lo que les impide mejorar la productividad y calidad del producto

Las caracteristicas fisicoquimicas del suelo deben ser conocidas ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas estan en relacion directa con los nutrimentos y las caracteristicas de los suelos

Este cultivo es comercializado en todo el pais e inclusive a nivel internacional dejando buenos dividendos a los productores de esta provincia

El cacao es el principal ingrediente en la produccion de chocolate el cual es consumido principalmente por mujeres y niños (Dahiya 2005)

La caracterización de los suelos es una herramienta científica que se usa para determinar los procesos que involucran la formación de un área determinada. Se realiza con el fin de mejorar y conocer la fertilidad natural y ofrecer algunas recomendaciones para su manejo.

El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas en el suelo.

Cuando estos nutrientes no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes químicos o abonos orgánicos y enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas.

Desde este punto de vista, el análisis químico, físico y biológico del suelo puede suministrar información muy valiosa para corregir algún problema de deficiencia o exceso que se pueda presentar a futuro.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar los suelos destinados al cultivo de cacao orgánico en fincas de productores de Almirante provincia de Bocas del Toro

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar las propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos cultivados con plantaciones de cacao

### 3 REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 La Pedogenesis o Genesis del suelo

La rama de la ciencia que se encarga del estudio de los procesos y factores que le han dado las características y propiedades al suelo se conoce como Pedogenesis o Genesis de los suelos en ella también se trata de establecer el origen del suelo y los posibles cambios que puede presentar si varían las condiciones bajo las cuales ha evolucionado (Jaramillo 2000)

#### 3.2 Factores de formación de suelos

Los factores formadores del suelo están definidos por el clima organismos vivos relieve material parental y tiempo según Jenny (1941)

Las condiciones climáticas de las diferentes regiones influyen directamente en la formación de los suelos residuales tropicales. En las regiones que alternan periodos secos y de lluvias los procesos de meteorización química se acentúan (Echeverri 2005)

La infiltración de agua ayuda a los procesos de lixiviación. Además, el transporte vertical de materiales en solución y su deposición en el interior de los suelos dan origen a secuencias de mantos de suelo de diferentes composiciones y texturas que conforman el perfil estratigráfico. Los mantos superficiales están sujetos a los mecanismos de erosión además de la acción de factores como el clima, material parental, vegetación, topografía, drenaje y tiempo. Todos estos, aunados a la acción de raíces, animales, el hombre y a fluctuaciones de temperatura y los continuos ciclos de humedecimiento y secado, generan grietas que favorecen el avance y la velocidad de la meteorización (Echeverri 2005)

### 3.3 Clasificación del suelo

El desarrollo de una Clasificación Taxonómica de Suelos propone ordenar los conocimientos y tiene claras implicaciones en la transferencia de conocimientos y tecnología. La taxonomía de suelos debe permitir alcanzar la máxima solidez en la identificación y descripción del objeto, en este caso el suelo que sirve de soporte a distintos usos agrícola, forestal, ingeniería civil, entre otros (Porta 1990)

### 3 4 Sistema de clasificación de suelos

#### 3 4 1 Enfoques diferentes sobre la clasificación de suelos

Existen muchos sistemas de clasificación en la actualidad que sirven de criterios cuantitativos que conllevan trabajo de campo y análisis de laboratorio para evaluar las características del suelo y así poder describir los tipos de suelo que se encuentran en el área

En algunos países han sido utilizados para revisar sus propios sistemas nacionales. Ejemplo de estos sistemas de clasificación son la clasificación Soil Taxonomy de la USDA y la Base Referencial Mundial (World Reference Base for Soil Resources) conocida por sus siglas WRB (Gardí et al 2014)

#### 3 4 2 Sistema de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

La Soil Taxonomy está aceptada como sistema de clasificación de suelos con fines cartográficos y de investigación científica. Surge del sistema propuesto por el gran edafólogo norteamericano Guy Smith. Este sistema fue publicado en 1960 y desde entonces se ha difundido en todo el mundo. Este método está basado en los horizontes, materiales y propiedades diagnósticas para distinguir los suelos en los regímenes de humedad y temperatura (Soil Survey Staff 1999)

En los diagnosticos del suelo empleados en el campo se observan los criterios morfogeneticos junto con las propiedades quimicas y fisicas de los analisis de laboratorio. Los limites entre los taxones de suelos son estrictos (Gardi et al 2014)

En la clasificacion de los suelos existen dos propositos principales como proporcionar las claves taxonomicas necesarias para la clasificacion de suelos en una forma tal que se puedan usar facilmente en el campo y dar a conocer a los usuarios del sistema taxonomico. El esquema de clasificacion de la Soil Taxonomy consta de 12 ordenes, 64 subordenes, 300 grandes grupos, 1 400 subgrupos (Soil Survey Staff 1999)

### 3.4.3 Sistema de clasificacion Referencia Mundial de Base de Datos para suelos (WRB) de la FAO

La Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) se desarrollo bajo el auspicio de la Union Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS) tomando como base la leyenda de la FAO. Se utilizaron criterios objetivos tales como trabajo de campo y de analisis de laboratorio con el fin de clasificar de manera sistematica los diferentes tipos de suelo en Grupos de Suelo de Referencia (GSR). Dicho sistema de clasificacion de suelos tiene el proposito de servir como denominador comun para la comunicacion a nivel internacional (Gardi et al 2014)

La WRB consta de 32 Grupos de Suelo de Referencia. Tanto los GSR como los calificadores se definen a traves de

- materiales de diagnostico que son los materiales de partida



- propiedades de diagnóstico son el reflejo de procesos formadores
- horizontes de diagnóstico que son resultados de formación de suelo pero con una distinta expresión horizontal y un espesor determinado (Gardi et al 2014)

### 3.5 La Meteorización

La meteorización es el proceso de desintegración física (meteorización física) y de descomposición química (meteorización química) de las rocas y sus minerales constitutivos para adaptarse o equilibrarse a las condiciones ambientales de humedad temperatura y presión (Echeverri 2005)

### 3.6 Pedon

El pedon es la unidad mínima de descripción y muestreo cuyas dimensiones laterales son suficientes para permitir el estudio de las formas de los horizontes naturaleza disposición variabilidad y relaciones de los horizontes de un suelo individual (Porta 2003)

### 3.7 El polipedon

El polipedon se define como uno o más pedones contiguos que se encuentran dentro de la gama definida para una sola serie de suelo (Johnson 1963)

### 3 8 Epipedon y endopedon

#### 3 8 1 El epipedon

Es aquel horizonte diagnostico formados en la parte superior del suelo este se caracteriza por presentar un color relativamente oscuro debido a la incorporacion de la materia organica como consecuencia del aporte de hojarascas y raices o bien por ser horizontes eluviales superiores En la clasificacion de la Soil Taxonomy se establecieron ocho de ellos (Soil Survey Staff 1999)

#### 3 8 2 El endopedon

Geneticamente son horizontes dentro del suelo denominados horizontes diagnosticos subsuperficiales Este se forma debajo de un A o de una capa de hojarasca y resultan del proceso de meteorizacion del material originario o translocacion de sustancias movilizadas en la parte superior del suelo y acumulada en el endopedon Segun la Soil Taxonomy se definieron 20 de ellos (Soil Survey Staff 1999)

### 3 9 Horizontes maestros morfogeneticos

Se designan con letras mayusculas (O L A E B C R y W) y son utilizadas para designar y representar a los horizontes principales y capas de suelo Estas letras constituyen

los símbolos básicos a las cuales se agregan otros caracteres para completar las designaciones. Las subdivisiones de los horizontes maestros se designan con números arábigos (Buol et al 2003)

### 3.10 Perfil del suelo

Cuando se examina un corte vertical del suelo se logran observar capas horizontales más o menos bien definidas. Este corte se llama perfil y las capas horizontales horizontes. Los horizontes situados encima del material de origen se designan con la palabra latina solum (Velez 2010)

### 3.11 Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Una propiedad física, química o biológica del suelo es aquella que lo caracteriza. Por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el intemperismo (desintegración por agentes atmosféricos y químicos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (Sposito 1989)

### 3 12 Propiedades morfológicas y relaciones con los usos y funciones de los suelos

#### 3 12 1 La morfología de suelo

La morfología son los atributos observables en el campo dentro de los varios **horizontes de suelo** con la descripción de la clase y el arreglo de los horizontes (Buol et al 2003)

#### 3 12 2 La sostenibilidad de un ecosistema

Esta relacionada con la posibilidad de seleccionar los suelos mas idoneos para los distintos usos y con la aptitud potencial de los suelos para desarrollar distintas funciones de acuerdo con las practicas de manejo. Las propiedades morfológicas de los suelos constituyen uno de los factores que condicionan las funciones ecológicas de un suelo determinado ya sea la producción de biomasa filtrado o como habitat biológico. Por ello resulta de interes establecer relaciones morfología respuesta y funciones de edafotransferencia (Butler y Hubbe 1977)

### 3 13 Variabilidad espacial de los suelos

Los suelos varían de un lugar a otro del paisaje si bien suelos de distintos emplazamientos geográficos pueden presentar perfiles semejantes. La variabilidad espacial de los suelos presenta dos componentes fundamentales: uno Aleatorio y otro Sistemático, teniendo en cuenta la fuente de error que produce la variación (Wilding y Drees 1983).

### 3 14 Sección de control de humedad y regímenes de humedad del suelo

Gerasimov y Glazovskaya (1960) definieron de forma cualitativa los regímenes de humedad del suelo. Los regímenes hacen referencias al funcionamiento de una máquina en estado normal. Los regímenes están en íntima relación con el uso agrícola del suelo y con el crecimiento de las plantas; en este sentido son utilizados por la Soil Taxonomy.

Los regímenes de humedad que reconoce Soil Survey Staff (1999) son: acuico, udico, ustico, xerico y aridico (torrico).

#### 3 14 1 Sección de control de humedad

Se intenta definir la sección de control de humedad con el fin de facilitar la estimación de los regímenes de humedad de los suelos a partir de datos climáticos. El límite superior de esta sección de control es la profundidad a la cual un suelo seco (tensión > 15 bares) pero

no seco al aire) será humedecido por 2.5 cm de agua en 24 horas. El límite inferior es la profundidad a la cual un suelo seco será humedecido por 7.5 cm de agua en 48 horas. Estas profundidades excluyen el humedecimiento que se produzca a lo largo de grietas o madrigueras abiertas hasta la superficie.

Como una guía de carácter general se puede establecer que la sección de control se encuentra aproximadamente entre 10 y 30 cm si la clase de tamaño de partículas es franco fina, limosa gruesa, limosa fina o arcillosa. Se extiende entre 20 y 60 cm si la clase de tamaño de partículas es franco gruesa y desde 30 a 90 cm si la clase de tamaño de partículas es arenosa. La presencia de fragmentos gruesos profundiza estos límites debido a que tales fragmentos no retienen ni liberan humedad.

### 3.14.2 Definición del régimen de humedad acuico

Es un régimen de reducción en el cual no existe oxígeno disuelto a causa de la interacción de varios procesos acoplados que consumen  $O_2$  bajo condiciones de saturación (actividad microbiana, raíces activas, etc). Existen algunos suelos que estando saturados con agua al mismo tiempo poseen oxígeno disuelto debido al movimiento del nivel freático.

### 3.14.3 Definición del régimen de humedad uídico

Es común en suelos de climas húmedos que poseen lluvias bien distribuidas. Al menos el suelo no está seco por tanto tiempo como 90 días acumulativos en años.

considerados normales. En los climas donde la precipitación excede la evapotranspiración en todos los meses, la tensión del agua en el suelo raramente llega a los 100 kPa y el agua se mueve a través del suelo en todos los meses.

#### 3.14.4 Definición del régimen de humedad ústico

El régimen de humedad ústico (L. ustus, quemado, implicando sequedad) es intermedio entre el régimen árido y el údico. El concepto es el de un régimen de humedad limitada, pero esa humedad está presente cuando existen condiciones favorables para el crecimiento de las plantas.

#### 3.14.5 Definición del régimen de humedad xérico

Es el que tipifica a los climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y fríos y los veranos cálidos y secos. La humedad que se produce en invierno, cuando la evapotranspiración potencial está en el mínimo, es particularmente efectiva para la lixiviación. El régimen xérico es un régimen que no cumple con los requisitos del régimen árido y que caracteriza a suelos en los cuales la sección de control de humedad está seca en todas las partes por 45 días consecutivos o más dentro de los 4 meses siguientes al solsticio de verano, en 6 años o más de 10.

La seccion de control de humedad esta humeda en todas partes por 45 dias consecutivos o mas dentro de los 4 meses siguientes al solsticio de invierno en 6 años o mas de 10

### 3 14 6 Definicion del regimen de humedad aridico o torrico

En el regimen de humedad aridico (torrico) la seccion de control de humedad en la mayoría de los años esta

1 Seca en todos partes por mas de la mitad del tiempo (acumulativo) en que la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es superior a 50 °C y

2 Nunca esta humeda en alguna o todas sus partes por un periodo de 90 dias consecutivos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm esta sobre 8 °C

### 3 15 Algunas propiedades fisicas quimicas y biologicas del suelo

#### 3 15 1 Propiedades fisicas del suelo

##### 3 15 1 1 El color del suelo

En el sistema de evaluacion del color este atributo se caracteriza mediante tres parametros Matiz (Hue) Claridad o brillo (Value) y Pureza (Chroma)



### 3 15 1 1 1 El matiz (Hue)

El matiz o hue es según Soil Survey Division Staff (2017) una medida de la composición cromática de la luz que llega al ojo es decir establece el color dominante del suelo. El sistema Munsell se basa en 5 matices básicos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P), así como en 5 matices combinados de los anteriores: Amarillo rojo (YR), verde – amarillo (GY), azul verde (BG), púrpura – azul (PB) y rojo – púrpura (RP) (Munsell Color 2000).

### 3 15 1 1 2 La claridad (Value)

La claridad define el grado de oscuridad del color en términos de la cantidad de blanco o de negro que el tenga es una medida de la cantidad de luz que llega al ojo bajo condiciones estándar de iluminación. La cantidad de negro o de blanco se especifica mediante una escala que va de cero (0) a diez (10) en la cual el cero corresponde al negro puro y el 10 al blanco puro. Los colores oscuros tienen un valor entre 0 y 5 y los claros entre 5 y 10 (Soil Survey Division Staff 2017).

### 3 15 1 1 3 La pureza (Chroma)

La pureza indica la magnitud de la dilución que tiene el color debida a la presencia de colores grises. Los valores que puede tomar este atributo van según Munsell Color

(2000) desde cero (0) para el gris neutro hasta 20 para aquella situación de ausencia de gris. Sin embargo, para los suelos, este rango se restringe a valores comprendidos entre 0 y 8 (Soil Survey Division Staff 2017). Este parámetro está directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica acumulada en el suelo.

### 3.15.1.2 Textura

La textura del suelo se define como la proporción relativa de los diferentes componentes del suelo separados en un material de suelo (Comité de terminología 1956).

Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le confieren la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks et al. 2004).

La textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. En el caso del cacao, la textura recomendada corresponde a suelos francos a franco arcillosos (Wood 1982, Thompson y Troeh 1982).

Los suelos con alto contenido de arena poseen escasa capacidad de retener agua debido a los grandes espacios entre sus partículas; el paso del agua gravitacional es rápido, facilitando así el drenaje, brindando un eficaz movimiento del aire y ofreciendo poca resistencia al laboreo (Rucks et al. 2004).

En caso contrario, la dominancia de fracciones finas (arcillas) en un suelo determina una textura que tiende a retardar el movimiento del agua y aire, confiriendo al suelo características como altamente plástico, fuertemente adhesivo, a altos contenidos de humedad, con alta capacidad de retener agua y difíciles de laborar (Rucks et al. 2004).

### 3 15 1 3 Estructura

La estructura del suelo se define como la agregación de partículas individuales de suelo en unidades mayores con planos débiles entre ellas (Comite de terminología 1956)

### 3 15 1 4 Densidad aparente

La densidad aparente se define como la masa por la unidad de volumen. Este volumen es el que ocupa la muestra en el campo (Porta 2003)

Esta propiedad es principalmente usada para calcular la porosidad total del suelo y en estudios de relación agua – suelo. Los valores críticos de densidad aparente varían entre 1.05 y 1.90  $\text{g cm}^{-3}$  según Venanzi et al. (2002), Alvarado y Forsythe (2005), Botta et al. (2007). En general, la densidad aparente de los suelos minerales varía entre 0.5 y 1.8  $\text{g cm}^{-3}$  (Botta et al. 2003 y Alvarado y Forsythe 2005).

Una alteración en los valores de la densidad aparente puede presentar perjuicios como demora en la emergencia de plántulas, plantas de menor altura que la normal, hojas con coloraciones no características, sistema radicular superficial, malformación radicular, encostramiento del suelo, encharcamiento, erosión excesiva y aumento en la demanda energética para trabajar el suelo (Smith et al. 2005).

### 3 15 1 5 Resistencia a la penetracion

Se puede denominar como un indicador de calidad del suelo el cual resulta de la suma de los efectos de diferentes propiedades como la densidad aparente y el contenido de humedad. Esta propiedad se considera de gran importancia en los estudios sobre compactacion del suelo y su relacion con el enraizamiento brindando una ventaja por la obtencion rapida de datos lo cual permite que esta propiedad sea usada como una herramienta de diagnostico inicial sobre la condicion fisica del suelo (De Leon et al 1998 Paredes et al 2009)

El valor critico de resistencia mecanica a la penetracion que impide la elongacion radical de los cultivos es muy discutido variando entre 0.9 y 3 MPa aunque en general se asume el valor de 2 MPa (Hakansson y Lipiec 2000)

### 3 15 1 6 Conductividad hidraulica

#### 3 15 1 6 1 Concepto

La conductividad hidraulica o permeabilidad hace referencia a la velocidad con que puede circular el agua dentro del suelo (Porta 2003)

La medida de la conductividad hidraulica a distintas profundidades en un suelo permite poner de manifiesto diferencias en la capacidad de transmision de agua por los

distintos horizontes debido a la heterogeneidad del suelo (anisotropía en sentido vertical) (Warrick y Nielsen 1980)

El mayor valor de conductividad hidráulica se alcanza a nivel de saturación siendo mayor en suelos altamente porosos fracturados o agregados y menor en suelos densos y compactados (Nissen et al 2006 Montenegro y Malagón 1990)

### 3.15.1.7 Infiltración

Es una propiedad hidrodinámica que considera el movimiento vertical del agua en el suelo estrechamente relacionada con los procesos de capilaridad y de fuerzas asociadas con la adhesión y cohesión de las partículas del suelo (Forero 2000)

Los factores que influyen en el proceso de infiltración son la entrada superficial la transmisión a través de este la capacidad de almacenamiento la cual depende de la porosidad el espesor del horizonte el contenido inicial de humedad (relacionado inversamente) la textura y estructura la condición de la superficie (suelo con y sin cobertura vegetal) y por último la calidad del agua aplicada (Jabro et al 2009)

La determinación de la velocidad de infiltración requiere trabajar en unas condiciones lo más semejantes posibles a las que se requiere caracterizar mismo sistema de aporte de agua de riego igual calidad del agua y semejantes contenidos de humedad inicial (Slater 1957)

### 3 15 1 8 Velocidad de infiltracion

Es la tasa o velocidad a la que el agua entra en el suelo en cada instante Cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y de tiempo Disminuye muy rápidamente a lo largo de los primeros momentos del proceso partiendo de unas condiciones de suelo seco y tiende a estabilizarse asintóticamente a lo largo del tiempo (Porta et al 2003)

#### 3 15 1 8 1 Velocidad de infiltracion basica

La velocidad de infiltracion basica es aquella que corresponde a un regimen relativamente estabilizado lo que suele ocurrir al cabo de 3 a 5 horas del inicio del ensayo (Porta et al 2003)

La disminucion de la velocidad de infiltracion estaria asociada a la compactacion del horizonte superficial y sub superficial (Becker 2006)

En el CUADRO 1.1 se presentan los criterios utilizados para interpretación de la infiltración según USDA 1999

CUADRO 1.1 Interpretación de la infiltración del suelo

Velocidad		
Nº de infiltración	Clases de Infiltración	(cmh <sup>-1</sup> )
1	Muy Rápido	$\geq 50.80$
2	Rápida	15.24 a 50.80
3	Moderado	5.08 a 15.24
4	Moderadamente lento	1.52 a 5.08
5	Lento	0.51 a 1.52
6	Muy lento	0.0038 a 0.51
7	Impermeables	$> 0.0038$

Fuente USDA (1999)

### 3.16 Propiedades químicas del suelo

#### 3.16.1 La acidez del suelo

La acidez o acidificación del suelo es un proceso espontáneo que se da durante la pedogénesis durante ella ocurre un proceso de continua meteorización química que empobrece el suelo debido a la pérdida de cationes alcalinos y alcalinoterreos como el  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$  e incremento de los cationes metálicos como  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$  y  $Mn^{+4}$  (Zapata 2004)

### 3 16 2 Potencial de hidrogeno (pH)

Una de las características del suelo más importantes es su reacción esta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad y alcalinidad (Brady 1990).

Por lo general la acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta lo que ocasiona la lixiviación de grandes cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales de los suelos. En este caso la solución del suelo contiene más iones hidrógeno ( $H^+$ ) que hidroxilos ( $OH^-$ ). Los suelos alcalinos son característicos de las regiones áridas y semáridas. La alcalinidad se presenta cuando existe un alto grado de saturación de bases. La presencia de sales especialmente de calcio, magnesio y sodio en formas de carbonatos da también preponderancia a los iones ( $OH^-$ ) sobre los iones ( $H^+$ ) en la solución del suelo (Foth 2012).

### 3 16 3 Intercambio catiónico

#### 3 16 3 8 Aspectos generales

La existencia de las superficies cargadas negativamente exige que haya iones de signo contrario relacionados con tales superficies para que se cumpla el principio de



electro neutralidad del sistema Los cationes solvatados al ser adsorbidos en la superficie forma complejos de esfera externa que resultan menos estables que los de esfera interna ya que no pueden establecer facilmente enlaces ionicos o covalentes entre el grupo central y el ligando (Sposito 1989)

La capacidad de intercambio cationico de un suelo variara de horizonte a horizonte y en cada uno de ellos dependera del contenido y tipo de minerales de arcilla y de componentes organicos (Sposito 1989)

### 3 16 4 Conductividad electrica

Se utiliza para conocer la cantidad de sales totales y esta relacionada con la cantidad total de cationes Lo primero es preparar la pasta saturada añadiendo a la muestra de suelo agua destilada se deja reposar La medida se realiza introduciendo el electrodo del conductimetro en el extracto obtenido de la pasta saturada (Guitian y Carballas 1976)

### 3 17 Propiedades biologias

#### 3 17 1 Actividad biologica

La actividad biologica es un reflejo directo de la degradacion de materia organica del suelo Esta degradacion indica los siguientes procesos (1) perdida de carbono del suelo y (2) entrega de nutrientes (Parkin et al 1996)

3 18 Orden de suelos mas comun en las zonas cacaoteras de la Provincia de Bocas del Toro

3 18 1 Suelos inceptisoles

Se definen como los suelos que no han desarrollado características de diagnóstico para otras ordenes pero que tienen ciertas características además de epipedon ocrico y lo horizontes albicos permitidos en los Entisoles (Buol 2004)

## 4 MATERIALES Y METODOS

### 4.15 Metodología

#### 4.15.1 Area del Estudio

El estudio fue realizado en suelos de productores de cacao ubicados en el distrito de Almirante provincia de Bocas del Toro

La clasificación climática según McKay (2000) la zona del estudio presenta un Clima Tropical Oceánico. Los promedios anuales de temperatura están entre los 25 y 27 °C y la precipitación anual es elevada alcanzando los 4 346 mm

Este clima no posee estación seca y en todos los meses precipitan más de 100 mm de lluvia. Los vientos alisios provenientes del Norte y del Nordeste provocan lluvias orográficas copiosas (ANAM 2010)

Geologicamente la provincia de Bocas del Toro es originaria de las rocas sedimentarias durante el periodo Secundario se observa dentro del grupo Changuinola con simbolo en el mapa Formacion del Istmo de Panama por eras geologicas (K CHA) con formacion compuestas de rocas calizas lutitas areniscas cenizas tobas lavas andesiticas intercaladas donde resaltan las dos primeras formaciones por ser las de mayor porcentaje de composicion sedimentaria (ANAM 2010)

Los analisis de suelos se realizaron en el Laboratorio de Fertilidad de Suelo del Instituto de Investigacion Agropecuaria de Panama (IDIAP) con ubicacion geografica en el regimiento de Divisa corregimiento de Los Canelos distrito de Santa Maria provincia de Herrera

4 15 2 Fase de campo

4 15 2 8 Estudio paisajistico

Se contemplaron siete areas distintas en donde se ubicaron los perfiles y se identificaron los arboles que alli se encontraban al igual que los porcentajes de las pendientes del suelo y los tipos de relieve (FIGURA 1 1)



**FIGURA 1- 1.** Determinación de la pendiente del terreno

En el CUADRO 1-2, muestra el estudio paisajístico de las áreas estudiadas en la investigación.

**CUADRO 1-2** Estudio paisajístico de las áreas estudiadas

Perfil	Ubicación	Coordenadas		Elev msnms	Pend %	Vegetación  N. Científicos	N. Común	Descripción del Relieve y pedregosidad  (SSDS, 2017)
		Latitud N	Longitud O					
1	Río Oeste	9° 15' 19.1276''	82° 24' 51.1833''	19	10	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Relieve colinado. Rocosisdad muy pocas
						<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	
						<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	
						<i>Terminalia amasonia</i>	Amarillo	
						<i>Batris gasipaes</i>	Pixbae	
2	Río Oeste	9° 15' 16.3408''	82° 20' 8902''	42	3	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Relieve ondulado Rocosisdad muy pocas
						<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	
						<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	
						<i>Batris gasipaes</i>	Pixbae	
						<i>Musea paradiseaca</i>	Plátano	

3	Rio Oeste	9 15	82 25	33	15	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Relieve colinado Sin pedregosidad
		40 039	20 6579			<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	
						<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	
						<i>Batis gasipaes</i>	Pixbae	
						<i>Musea paradiseaca</i>	Platano	
4	Valle Riscó	9 14	82 25	136	10	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Relieve dissectado Rocosisdad medianas y grandes
		0 07	36 736			<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	
						<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	
						<i>Batis gasipaes</i>	Pixbae	
						<i>Musea paradiseaca</i>	Platano	
						<i>Vochystia feruginea</i>	Mayo	
5	Valle de Agua	9 14	82 23	261	5	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Relieve fuertemente ondulado Poca rocosidad
		0 621	17 17			<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	
						<i>Batis gasipaes</i>	Pixbae	
						<i>Rollimita deliciosa</i>	Beribe	
						<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	
6	Nuevo Paraiso	9 16	82 25	54	10	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Relieve fuertemente ondulado Poca rocosidad
		32 8638	6 1253			<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	
						<i>Musea paradiseaca</i>	Platano	
						<i>Spondia mombis</i>	Jobo	
						<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho	
7	Nuevo Paraiso	9 16	82 24	10	2	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Relieve llano o casi llano Poca rocosidad
		49 52 524	51 250			<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	
						<i>Musea paradiseaca</i>	Platano	

Fuente Propia del autor

#### 4 15 2 9 Estudio morfológico y descriptivo del perfil

Se ubicaron las coordenadas de cada calicata o cajuelas y se construyeron a profundidades de 1 50 metros o mas dependiendo de las propiedades del perfil del suelo segun procedimientos de la Soil Taxonomy (2010) y WRB (2015)

Se describió cada horizonte del perfil por localización, y se procedieron a extraer las muestras de suelo para sus respectivos análisis de laboratorios, en las partes químicas, físicas y biológicas.

En ANEXOS acápite 12, se presentan las FIGURAS 18 al 25 que reflejan los niveles de nutrientes, potencial de hidrógeno y materia orgánicas encontrados en los perfiles descritos.

Al lado de cada calicata se realizaron pruebas de infiltración de agua en el suelo con metodología de doble anillo o método de Muntz y se determinó la infiltración básica, según la metodología de Kostiakov (Tafur, 1988). FIGURA 1-2.



FIGURA 1- 2. Cilindros utilizados para determinar la velocidad de infiltración del suelo.

Se determinaron, en los espesores y límites de los horizontes: color en húmedo del suelo, textura, fragmentos rocosos, pedregosidad y rocosidad, estructura, consistencia y profundidad del suelo, raíces presentes.

En el Laboratorio se determinaron la textura densidad aparente color en seco capacidad de campo punto de marchitez permanente permeabilidad capacidad de intercambio catiónico bases intercambiables contenido de cobre hierro cinc manganeso calcio magnesio fósforo materia orgánica potasio nitrógeno aluminio aluminio extraíble potencial de hidrógeno y la conductividad eléctrica



## 5 RESULTADOS Y DISCUSION

Los perfiles que se evaluaron en este trabajo de investigacion permitieron caracterizar las condiciones pedogenetica y edaficas de los sitios mas representativos del distrito de Almirante donde se cultiva el cacao bajo un sistema organico (CUADRO 1 3)

CUADRO 1 3 Localizacion y clasificacion de los suelos con cultivos de cacao Almirante Bocas del Toro 2016

Perfil	Ubicacion	Clasificacion (SOIL TAXONOMY) edicion n° 11 (2010)	Clasificacion FAO WRB (2015)	Lat N	Long O
1	Rio Oeste	Humic Lithic Dystrudepts Mezclados Finos Isohipertermico Serie 1 Almirante Rio Oeste clones cacao	Dystric Cambisols (Laxico)	9° 15' 19.1276	82° 24' 51.1833
2	Rio Oeste	Humic Dystrudepts Serie 2 Franco Friables Isohipertermico Almirante Rio Oeste cacao y pixbae	Dystric Cambisols (Rodico)	9° 15' 16.3408	82° 20' 8902

3	Rio Oeste	Typic Dystrudepts	Dystric	9° 15	82° 25
		Mezclados Friables Isohipertermico Serie 3 Almirante Rio Oeste cacao	Cambisols (Hiperocrico)		
4	Valle Risco	Lithic Dystrudepts Franco	Dystric	9° 14	82° 25
		friable Isohipertermico Serie 4 Almirante Valle Risco cacao	Cambisols (Alumico)		
5	Valle de Agua	Typic Dystrudepts Franco	Hiperdystric	9° 14	82° 23
		friable Isohipertermico Serie 5 Almirante Valle de Agua cacao	Cambisols (Humico)		
6	Nuevo Paraiso	Fluventic Dystrudepts	Dystric	9 16	82° 25
		Franco Friable y Finos, Isohipertermico Serie 6 Almirante Nuevo Paraiso cacao	Cambisols (Novico)		
7	Nuevo Paraiso	Fluvaquentic Dystrudepts	Dystric	9° 16	82° 24
		Franco Isohipertermico Serie 7 Almirante clones	Cambisols (Densico)		

Donde Lat = Latitud Long = Logitud N = Norte O = Oeste  
Fuente Propia del autor

## 5 15 Características Morfológicas Físicas Químicas y Biológicas de Suelos

### 5 15 1 Características morfológicas

La mayoría de los perfiles estudiados presentaron un epipedon ocrico sobre un endopedon cambico sus estructuras se caracterizan por tener forma de bloques sub

angulares y permeabilidades (ANEXOS 1 al 7) con intervalos cuyos valores oscilan de moderados a muy rápidas según Cisneros (2003)

Estos suelos presentaron texturas francas franco arenosa y franco arenosa en la gran mayoría de sus horizontes (ANEXOS 1 al 7) coincidiendo con lo descrito por Wood (1982) donde se manifiesta que los mejores suelos para el cultivo de cacao presentan textura franca o franco arenosa

Los valores encontrados en las sumas de sus bases reflejan lixiviaciones en todos los perfiles estudiados (ANEXOS 18 al 24) considerados como suelos de sub grupos districo (USDA 2010)

El contenido de carbono orgánico del suelo encontrado en todos los horizontes de los perfiles varía de bajo a medio (ANEXOS 32 al 38) disminuyendo a medida que se profundiza en el perfil

#### 5.15.2 Características Físicas

En cuanto a las propiedades físicas del suelo los parámetros identificados como *críticos en la compactación* son la aireación densidad aparente y resistencia a la penetración según Hakansson et al (2000)

La densidad aparente del suelo en todos los perfiles de los horizontes genéticos alcanza valores promedios de  $1.0 \text{ kg dm}^{-3}$  Según Botta et al (2003) y Alvarado y Forsythe (2005) en los suelos minerales la densidad aparente puede variar entre  $0.5$  y  $1.8 \text{ kg dm}^{-3}$

La resistencia mecánica a la penetración mantiene valores sin resistencias con variaciones a medida que se profundizan los perfiles en todos los horizontes estudiados. Reportes de algunos autores indican diferencias en el comportamiento de esta propiedad conforme se avanza en profundidad (Botta et al 2002 Balbuena et al 2003)

En cuanto al color tanto en húmedo como en seco existen variaciones en todos los horizontes de los perfiles estudiados. En estas variaciones su matiz se encuentra desde 2.5 YR en húmedo como 7.5 YR en seco pero en sus valores y croma no hay mucha variación ya que se encuentran colores observados en seco como amarillentos en todos los perfiles.

Al determinar la infiltración básica o velocidad de infiltración se encontraron valores desde muy lento (perfil n° 1 y 5) moderadamente lento (perfil n° 3 y 7) moderado (perfil n° 2) y rápidos (perfil n° 4 y 6) según USDA et al (1999)

Siendo los perfiles N° 4 y 6 los de mayor infiltración (rápida) y el perfil N° 1 y 5 el de menor infiltración (lenta) (ANEXO 64). La infiltración determinada como lenta pudo haber sido consecuencia de algún encostramiento superficial tal como indicó Hillel (1982)

### 5.15.3 Características Químicas

Los valores de capacidad de intercambio catiónico encontrados en todos los perfiles estudiados (ANEXOS 25 al 31) presentaron valores promedios de 60.46  $\text{cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$  considerados como niveles altos (Ríoja Molina 2002)

Los contenidos de Ca y Mg encontrados en todos los perfiles a distintas profundidades presentaron valores medios a altos (NAME 1987) en  $\text{cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$  (ANEXO 43 al 49 y FIGURAS 19 y 21)

Estos valores pueden originarse a su formación geológica provenientes de minerales primarios de rocas calizas lutitas y areniscas (ANAM 2010)

Los elementos menores (Cu Fe Mn y Zn) mantuvieron valores bajos como promedio en todos los perfiles estudiados (ANEXOS 39 al 45)

Los suelos arenosos bajos en materia orgánica pueden llegar a ser deficientes en Cu debido a pérdidas por lixiviación. Los suelos pesados arcillosos son los que tienen menos probabilidad de desarrollar deficiencias de este elemento (INPOFOS 1997)

Los valores encontrados respecto al nutrimento cinc indicaron que a medida que aumenta el pH disminuyó su disponibilidad (ANEXO 8 al 14 y FIGURA 23). Coincidiendo con lo que indica INPOFOS (1997) el Zn se hace menos disponible a medida que el pH aumenta se considera que los niveles bajos de materia orgánica indican baja disponibilidad de Zn (INPOFOS 1997)

Los valores del potencial de hidrógeno encontrados en la caracterización de estos suelos indicaron niveles que van desde muy ácidos hasta ácidos (ANEXOS 10 al 17). Contrario a lo que informó Porta y López (2005) que los valores óptimos para este cultivo se encuentran entre intervalos de 6.0 a 7.0 y la tolerancia para un rendimiento satisfactorio está en un nivel de 4.5 a 8.0

#### 5 15 4 Características Biológicas

La materia orgánica presentó un valor promedio de 0.95%. Este valor es considerado bajo para todos los perfiles estudiados y sus horizontes.

Los mayores valores encontrados se presentaron en los horizontes superficiales por la descomposición de hojarasca y demás materiales degradantes que hacen que este aumente disminuyendo a medida que se profundiza en el perfil del suelo. Coincidiendo con lo publicado por Foth (2012).

Los mayores valores obtenidos para la respiración en suelo se vieron reflejados en los perfiles que contenían horizontes orgánicos (nomenclaturas O) (ANEXOS 29 al 35) como indica la USDA (1999) que un índice elevado de respiración del suelo es indicativo de una elevada actividad biológica y puede ser buen signo indicativo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas.

A continuación se presentan los resultados de las descripciones de cada perfil que ayudaron a determinar el tipo de orden, suborden, gran grupo y grupos de los suelos estudiados.

**PERFIL 1.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Humic Lithic Dystrudepts, Mezclados, Finos, Isohipertérmico, Serie 1, Almirante, Río Oeste, clones cacao

**Taxonomía WRB:** Dystric Cambisols (Láxico)

**Latitud:** 9° 15' 19.1276''Norte

**Longitud:** 82° 24' 51.1833''Oeste

**Elevación:** 19 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertérmico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Nublado (OV)

**Condiciones climáticas pasadas:** Lluvias torrencial por algunos días o tormentas en las últimas 24horas (WC5).

**Jerarquía de la geformas principales de gradientes:**

Depresión (LD) < 10 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 06, inclinado de 5 a 10 %

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** No se observo

**Infiltración:** Lenta

**Permeabilidad:** Muy rápida

**Drenaje:** Bueno

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:**

Poca (F); 2 a 5 %

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos y frutales

**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

**Clasificación de la erosión por categoría:** Sin evidencia de erosión (N)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 0; 0%

**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** 1.50 metros



**Profundidad de la calicata** 1 20 metros

**Descrito por** Ph D Jose Villarreal Ings Jhon Villalaz Adolfo Santo

**Fecha de descripcion** agosto del 2016

<b>Horizontes</b>	<b>Prof (cm)</b>	<b>Descripcion</b>
<b>O</b>	0 a 12	Limite y continuidad del horizonte es difuso de color oscuro color en humedo reddish brown (5 YR 4/4) color en seco dark brown (7 5 YR 3/4) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) de 0 a 2 % estructura de bloques angulares (AB) y sub angulares (SB) de tipo fino (FI) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 1 8 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad del 5% con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales < 0 90 kgdm <sup>3</sup> (BD1)
<b>A</b>	12 a 30	Limite y continuidad del horizonte es claro con un epipedon ocrico sobre un horizonte cambico color en humedo strong brown (7 5 YR 5/6) color en seco brown (7 5 YR 4/4) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) de 0 a 2 % estructura de bloques angulares (AB) y sub angulares (SB) de tipo fino (FI) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 2 88 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) finas (F) y medias (M) poca actividad biologicas (F) pedregosidad del 10 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales < 0 90 kgdm <sup>3</sup> (BD1)



<b>B1</b>	30 a 76	<p>Limite y continuidad del horizonte es difuso con endopedon cambico color en humedo strong brown (7.5 YR 5/8) color en seco reddish yellow (7.5 YR 6/6) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados muchos (M) de 15 a 40 % estructura de bloques angulares (AB) y sub angulares (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 2.7 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices pocas (F) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad del 10% con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales &lt; 0.90 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>B2</b>	76 >120	<p>Limite y continuidad del horizonte difuso color en humedo reddish yellow (7.5 YR 6/8) color en seco reddish yellow (7.5 YR 6/6) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados abundantes (A) &gt; 40 % estructura de bloques angulares (AB) y sub angulares (SB) imperfectos finos de tipo fino (FI) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo muy friable (VFR) resistencia de 3.56 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices pocas (F) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad del 20% con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0.90 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>

**PERFIL 2.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Humic Dystrudepts,  
Franco, Friables, Isohipertérmico Serie 2,  
Almirante, Río Oeste, cacao y pixbae.

**Taxonomía WRB:** Dystric Cambisols (Ródico).

**Latitud:** 9°15'36" Norte

**Longitud:** 82° 25' 21'' Oeste

**Elevación:** 42 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertérmico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Nublado (OV)

**Condiciones climáticas pasadas:** Lluvias  
torrencial por algunos días o tormentas en las últimas  
24 horas (WC5).

**Jerarquía de la geformas principales de gradientes:** Depresión (LD) < 10 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 05, ligeramente inclinado de 2 a 5 %

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** No se observó

**Infiltración:** Moderada

**Permeabilidad:** Moderadamente rápida

**Drenaje:** Bueno

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:** muy  
poca (V); 0 a 2 %

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos y frutales

**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

**Clasificación de la erosión por categoría:** Sin evidencia de erosión (N)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 0; 0%

**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** > 2.0 metros

**Profundidad de la calicata:** 1.30 metros



**Descrito por** Ph D Jose Villarreal Ings Jhon Villalaz Adolfo Santo

**Fecha de descripcion** agosto del 2016

<b>Horizontes</b>	<b>Prof (cm)</b>	<b>Descripcion</b>
<b>A</b>	0 a 14	Limite y continuidad del horizonte es difuso epipedon ocrico sobre un horizonte cambico color en humedo dark reddish brown (2.5 YR 3/3) color en seco grayish brown (10 YR 5/2) textura franca arenosa (FA) clasificacion de la abundancia de moteados ninguno (N) de 0 % estructura de bloques sub angulares (SB) de tipo fino (FI) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 1.86 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y media (M) poca actividad biologicas (F) pedregosidad del 1 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0.90 a 1.20 kgdm <sup>3</sup> (BD1)
<b>E</b>	14 a 26	Limite y continuidad del horizonte es difuso color en humedo reddish brown (5 YR 5/4) color en seco pale brown (10 YR 6/3) textura franca arenosa (FA) clasificacion de la abundancia de moteados ninguno (N) de 0 % estructura de bloques sub angulares (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 1.40 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad nula con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0.90 a 1.20 kgdm <sup>3</sup> (BD1)
<b>B</b>	26 a 130	Limite y continuidad de horizonte difuso endopedon cambico color en humedo reddish brown (5 YR 5/3) color en seco pale

		<p>brown (10 YR 6/3) textura franca arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados comun (C) de 5 a 15 % estructura de bloques sub angulares (SB) de medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 1 92 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad nula con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
--	--	--

**PERFIL 3.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Typic Dystrudepts, Mezclados, Friables, Isohipertémico Serie 3 Almirante, Río Oeste, cacao

**Taxonomía WRB:** Dystric Cambisols (Hiperótrico)

**Latitud:** 9°15'40.039" Norte **Longitud:** 82° 25' 20.6579" Oeste.

**Elevación:** 33 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertémico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Soleado despejado (SU)

**Condiciones climáticas pasadas:** Sin lluvias en las últimas 24 horas (WC3).

**Jerarquía de la geoformas principales de gradientes:** Zona escarpada de gradiente medio (SE) 10 a 30 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 08, fuertemente inclinado de 10 a 15%

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** No se observó

**Infiltración:** Moderadamente lenta

**Permeabilidad:** Moderadamente rápido

**Drenaje:** Bueno

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:** Ninguna (N); 0%

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos y frutales

**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

**Clasificación de la erosión por categoría:** Erosión hídrica o deposición (W)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 3; 10 a 25 %

**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** > 1.80 metros

**Profundidad de la calicata:** 1.30 metros



**Descrito por** Ph D Jose Villarreal Ings Jhon Villalaz Adolfo Santo

**Fecha de descripcion** agosto del 2016

Horizontes	Prof (cm)	Descripcion
0	0 a 20	<p>Limite y continuidad del horizontes es claro color en humedo reddish brown (5 YR 5/3) color en seco dark yellowish brown (10 YR 4/4) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) de 0 a 2 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 2 08 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) media (M) y gruesas (C) poca actividad biologicas (F) pedregosidad nula sin presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales &lt; 0 90 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
A	20 a 42	<p>Limite y continuidad del horizontes es claro epipedon ocrico sobre un horizonte cambico color en humedo reddish brown (5 YR 5/3) color en seco red (2 5 YR 5/6) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) de 0 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 2 62 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) media (M) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad ninguno 0 % sin presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>

<b>B1</b>	42 a 73	<p>Limite y continuidad del horizontes es difuso color en humedo reddish brown (5 YR 5/3) color en seco red (2 5 YR 5/6) textura areno francoso (AF) clasificacion de la abundancia de moteados pocos (F) de 2 a 5 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso (CO) terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo suelto (LO) resistencia de 2 58 kg m<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad ninguno 0 % sin presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>B2</b>	73 a 120	<p>Limite y continuidad del horizontes es difuso color en humedo reddish brown (5 YR 5/3) color en seco reddish brown (2 5 YR 5/4) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados muchos (M) de 15 a 40 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso (CO) terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) resistencia de 1 92 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad ninguno 0 % sin presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>

**PERFIL 4.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Lythic Dystrudepts, Franco, friable, Isohipertémico Serie 4, Almirante, Valle Riscó, cacao

**Taxonomía WRB:** Dystric Cambisols (Alúmico).

**Latitud:** 9°14'0.07" Norte

**Longitud:** 82° 25' 36.736'' Oeste

**Elevación:** 136 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertémico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Soleado despejado (SU)

**Condiciones climáticas pasadas:** Sin lluvias en las últimas 24 horas (WC3).

**Jerarquía de la geofomas principales de gradientes:** Valle de gradiente medio (SV) 10 a 30 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 09, escarpado de 30 a 60 %

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** No se observó

**Infiltración:** Moderadamente rápida

**Permeabilidad:** Muy rápida

**Drenaje:** Muy rápido

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:** Mucha (M); 15 a 40%

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos y frutales

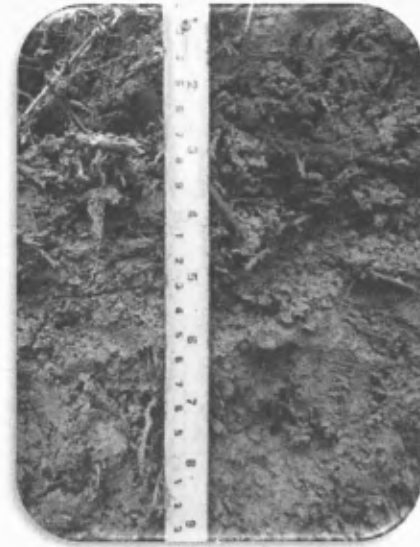
**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

**Clasificación de la erosión por categoría:** Erosión hídrica o deposición (W)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 4; 25 a 50%  
**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** 1.20 metros

**Profundidad de la calicata:** 1.02 metros





**Descrito por** Ph D Jose Villarreal Ings Jhon Villalaz Adolfo Santo

**Fecha de descripcion** agosto del 2016

<b>Horizontes</b>	<b>Prof (cm)</b>	<b>Descripcion</b>
<b>A</b>	0 a 25	<p>Limite y continuidad del horizontes es difuso epipedon ocrico sobre un horizonte cambico color en humedo dark yellowish brown (10 YR 4/4) color en seco brown (10 YR 4/3) textura franco arenosa (FA) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) de 0 a 2 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo fino (F1) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo suelto (LO) resistencia de 1 76 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y media (M) poca actividad biologicas (F) pedregosidad muchos (M) 15 a 40 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales &lt; 0 90 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>B</b>	25 a 46	<p>Limite y continuidad del horizontes es difuso endopedon cambico color en humedo yellowish brown (10 YR 5/6) color en seco yellowish brown (10 YR 5/8) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados pocos (F) de 2 5 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (F1) resistencia de 2 46 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices pocas (F) y media (M) poca actividad biologicas (F) pedregosidad muchos (M) 15 a 40 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>

C	46 a 102	<p>Limite y continuidad del horizontes es difuso color en humedo light yellowish brown (10 YR 6/4) color en seco yellowish brown (10 YR 5/6) textura franco arcillo arenoso (FARA) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) de 0 a 2 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (FI) resistencia de 2 94 kg m<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muy poca (V) y muy fina (VF) poca actividad biologicas (F) pedregosidad muchos (M) 15 a 40 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
---	-------------	--

**PERFIL 5.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Typic Dystrudepts, Franco, friable, Serie 5, Almirante, Valle de Agua, cacao

**Taxonomía WRB:** Hiperdystric Cambisol (Húmico)

**Latitud:** 9°14'0.621" Norte

**Longitud:** 82° 23' 17.17" Oeste

**Elevación:** 261 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertérmico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Parcialmente nublado (PC)

**Condiciones climáticas pasadas:** Sin lluvias en las últimas 24 horas (WC3).

**Jerarquía de la geoformas principales de gradientes:** Piso de valle (LV) < 10 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 05, ligeramente inclinado 2 a 5 %

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** No se observó

**Infiltración:** Lenta

**Permeabilidad:** Muy rápida

**Drenaje:** Bueno

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:** poca (F); 2 a 5%

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos y frutales

**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

**Clasificación de la erosión por categoría:** Sin evidencia de erosión (N)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 1; 0 a 5%

**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** 1.50 metros



**Profundidad de la calicata** 1 05 metros

**Descrito por** Ph D Jose Villarreal Ings Jhon Villalaz Adolfo Santo

**Fecha de descripcion** agosto del 2016

<b>Horizontes</b>	<b>Prof (cm)</b>	<b>Descripcion</b>
<b>O</b>	0 a 14	<p>Limites de continuidad en los horizontes es difuso presenta un material mineral organico color en humedo brown (7 5 YR 5/3) color en seco yellowish brown (10 YR 5/4) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados ninguno (N) 0 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (FI) resistencia de 2 04 kg m<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) y media (M) poca actividad biologicas (F) pedregosidad pocos (F) 2 a 5 % con presencia de arcillas alofanas estimación en campo de la densidad aparente de suelos minerales &lt; 0 90 kg dm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>A</b>	14 a 38	<p>Limites de continuidad en los horizontes es difuso epipedon umbrico sobre un horizonte cambico color en humedo strong brown (7 5 YR 5/3) color en seco pink (7 5 YR 5/4) textura franco arcillo arenoso (FARA) clasificacion de la abundancia de moteados ninguno (N) 0 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo medio (ME) terrones (10 a 20 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (FI) resistencia de 2 60 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices pocas (F) y finas (F) poca actividad biologicas (F) pedregosidad comun (C) 5 a 15 % con presencia</p>

		de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm <sup>3</sup> (BD1)
<b>B</b>	38 > 105	Limites de continuidad en los horizontes es difuso endopedon ocrico color en humedo strong brown (10 YR 6/4) color en seco reddish yellow (7 5 YR 8/6) textura franco (F) clasificacion de la abundancia de moteados abundante (A) > 40 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (FI) resistencia de 3 33 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices ninguna (N) poca actividad biologicas (F) pedregosidad ninguno (N) 0 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kgdm <sup>3</sup> (BD1)

**PERFIL 6.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Fluventic Dystrudepts, Franco, Friable y Finos, Isohipertérmico Serie 6, Almirante, Nuevo Paraíso, cacao.

**Taxonomía WRB:** Dystric Cambisols (Nóvico).

**Latitud:** 9°16' 32.8638" Norte

**Longitud:** 82° 25' 6.1253'' Oeste

**Elevación:** 54 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertérmico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Parcialmente nublado (PC)

**Condiciones climáticas pasadas:** Sin lluvias en las últimas 24 horas (WC3).

**Jerarquía de la geformas principales de gradientes:** Depresión (LD) < 10 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 06, inclinado 5 a 10 %

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** No se observó

**Infiltración:** Moderadamente rápida

**Permeabilidad:** Rápida

**Drenaje:** Bueno

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:** muy poca (V); 0 a 2 %

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos y frutales

**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

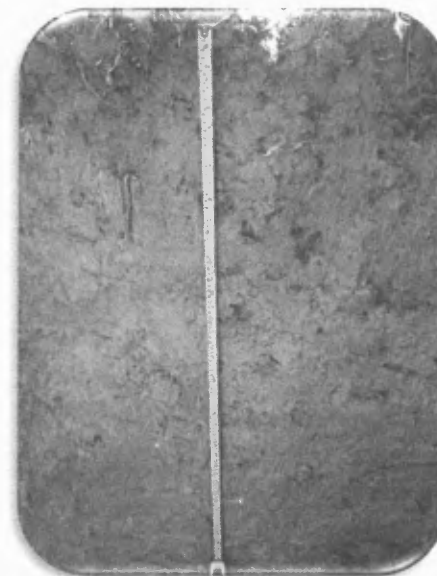
**Clasificación de la erosión por categoría:** Sin evidencia de erosión (N)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 1; 0 a 5%

**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** 1.20 metros

**Profundidad de la calicata:** 1.05 metros



**Descrito por** Ph D Jose Villarreal Ings Jhon Villalaz Adolfo Santo

**Fecha de descripcion** agosto del 2016

Horizontes	Prof (cm)	Descripcion
O	0 a 20	<p>Limite de continuidad del horizonte es difuso presenta un material mineral organico color en humedo reddish brown (5 YR 4/3) color en seco dark grayish brown (10 YR 4/2) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados pocos (F) 2 a 5 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso a muy grueso (CV) terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (FI) resistencia de 2 16 kg m<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muchas (M) finas (F) y media (M) actividad biologicas comun (C) pedregosidad poca (F) 2 a 5 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales &lt; 0 90 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
A	20 a 46	<p>Limite de continuidad del horizonte es difuso posee un epipedon ocrico sobre un horizonte cambico color en humedo brown (7 5 YR 4/3) color en seco pale brown (10 YR 6/4) textura franco arcillo arenoso (FARA) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) 0 a 2 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso a muy grueso (CV) terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y firme (FI) resistencia de 1 80 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices pocas (F) y finas (F) actividad biologicas comun (C) pedregosidad muy poca (V) 0 a 2 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo</p>

		de la densidad aparente de suelos minerales 0.90 a 1.20 kgdm <sup>3</sup> (BD1)
B	46 a 105	Limite de continuidad del horizonte es difuso posee un endopedon cambico color en humedo strong brown (7.5 YR 5/6) color en seco yellowish brown (10 YR 5/4) textura franco (F) clasificacion de la abundancia de moteados pocos (F) 2 a 5 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso a muy grueso (CV) terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y muy firme (VFI) resistencia de 2.68 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muy pocas (V) y fina (F) actividad biologicas comun (C) pedregosidad poca (F) 2 a 5 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 1.20 a 1.40 kg dm <sup>3</sup> (BD2)
C	88 > 105	Limite de continuidad del horizonte es difuso color en humedo yellowish brown (10 YR 5/6) color en seco very pale brown (10 YR 7/4) textura franca arcillo arenoso (FARA) clasificacion de la abundancia de moteados muchos (M) de 15 a 40 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo grueso a muy grueso (CV) terrones (20 a 50 mm) consistencia de suelo en humedo friable (FR) y muy firme (VFI) resistencia de 3.33 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices ninguna (N) actividad biologicas comun (C) pedregosidad mucha (M) de 15 a 40 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 1.20 a 1.40 kgdm <sup>3</sup> (BD2)



**PERFIL 7. ÁREA DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO.**

**Taxonomía Soil Taxonomy:** Fluvaquentic  
**Dystrudepts, Franco, Isohipertérmico Serie 7**  
**Almirante, clones cacao**

**Taxonomía WRB:** Dystric Cambisols (Dénsico)

**Latitud:** 9°16' 49.524" Norte

**Longitud:** 82° 24' 51.250" Oeste

**Elevación:** 10 msnm

**Régimen de humedad:** Údico

**Temperatura del suelo:** Isohipertérmico (IH)

**Condiciones climáticas actuales:** Lluvioso (RA)

**Condiciones climáticas pasadas:** Lluvia ligera en  
 las últimas 24 horas (WC4).



**Jerarquía de la geofomas principales de gradientes:** Planicie (LP) < 10 %

**Clase de gradiente de la pendiente:** Clase 04, muy ligeramente inclinado 2 a 5%

**Precipitación:** 3300 mm año<sup>-1</sup>

**Capa freática:** 0.80 metros

**Drenaje:** Moderado

**Infiltración:** Moderadamente lenta

**Permeabilidad:** Rápida

**Clasificación recomendada de afloramientos rocosos; cobertura en la superficie:**  
 ninguna (N); 0 %

**Uso de la tierra:** Agroforestería (MF); árboles nativos, cacao y frutales

**Clasificación de la vegetación:** Arbustos (S); arbustos perennifolios (SE)

**Clasificación de la erosión por categoría:** Sin evidencia de erosión (N)

**Clasificación del área total afectada por erosión y deposición:** 0; 0 %

**Material parental:** No se observó

**Profundidad del suelo:** 0.80 metros

**Profundidad de la calicata:** 0.80 metros

**Descrito por:** Ph.D. José Villarreal, Ings. Jhon Villalaz, Adolfo Santo

**Fecha de descripción** agosto del 2016

<b>Horizontes</b>	<b>Prof (cm)</b>	<b>Descripcion</b>
<b>A</b>	0 a 10	<p>Limite de continuidad del horizontes es difuso epipedon ocrico sobre un horizonte cambico color en humedo dark grayish brown (10 YR 4/2) color en seco pale brown (10 YR 6/3) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados muy pocos (V) 0 a 2 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo fino a medio (FM) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo firme (FI) resistencia de 3 20 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices muy pocas (V) y muy finas (VF) actividad biologicas comun (C) pedregosidad ninguna (N) 0 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales de 0 90 a 1 20 kg dm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>A1</b>	10 a 35	<p>Limite de continuidad del horizontes es difuso color en humedo grayish brown (10 YR 5/2) color en seco pale brown (10 YR 6/3) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados pocos (F) 2 a 5 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo fino a medio (FM) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo firme (FI) resistencia de 3 10 kgm<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices pocas (F) y muy finas (VF) actividad biologicas comun (C) pedregosidad ninguna (N) 0 % con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales 0 90 a 1 20 kg dm<sup>3</sup> (BD1)</p>

<b>B</b>	35 a 64	<p>Limite de continuidad del horizontes es difuso endopedon cambico color en humedo grayish brown (10 YR 5/2) color en seco brown (10 YR 5/3) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados comun (C) 5 a 15 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo fino a medio (FM) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo firme (FI) resistencia de 3 18 kg m<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices ninguna (N) actividad biologicas comun (C) pedregosidad muchas (M) grava media 0 6 a 2 0 cm con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales de 0 90 a 1 20 kgdm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>B1</b>	64 a 80	<p>Limite de continuidad del horizontes es difuso color en humedo gray (10 YR 6/1) color en seco pale brown (10 YR 6/3) textura franco arenoso (FA) clasificacion de la abundancia de moteados comun (C) de 5 a 15 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo fino a medio (FM) terrones (5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo suelto (LO) resistencia de 2 90 kg m<sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices ninguna (N) actividad biologicas comun (C) pedregosidad mucha (M) grava gruesa 2 0 a 6 0 cm con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales de 0 90 a 1 20 kg dm<sup>3</sup> (BD1)</p>
<b>C</b>	> 80	<p>Limite de continuidad del horizontes es difuso color en humedo gray (10 YR 6/1) color en seco very pale brown (10 YR 7/3) textura arena francosa (AF) clasificacion de la abundancia de moteados pocos (F) de 2 a 5 % estructura de bloques sub angulares imperfectos (SB) de tipo fino a medio (FM) terrones</p>

		(5 a 10 mm) consistencia de suelo en humedo suelto (LO) resistencia de 4 30 kgm <sup>2</sup> carbonatos (K) en la matriz del suelo 0% cantidad de raices ninguna (N) actividad biologicas comun (C) pedregosidad mucha (M) de 2 0 a 6 0 cm con presencia de arcillas alofanas estimacion en campo de la densidad aparente de suelos minerales de 0 90 a 1 20 kg dm <sup>3</sup> (BD1)
--	--	--

## 6 CONCLUSIONES

- Los perfiles estudiados en el distrito de Almirante pertenecen según el sistema de clasificación Soil Taxonomy predominando el orden inceptisoles y bajo el sistema World Reference Base (WRB) el orden Cambisol Para la sub orden se clasifica como districo y regimen de humedad udico
- Los suelos del distrito de Almirante dedicados al cultivo de cacao se caracterizan en general por presentar buen drenaje texturas medias (franco arenosa francos areno francosa ) valores bajos en sus bases y bajos niveles de materia organica
- En cuanto a los valores de infiltracion se debe tomar en cuenta que en los lugares donde la infiltracion fue lenta debido a la compactacion que presenta se debe mejorar su estructura aplicando cantidades adecuadas de materia organica ya sea que pudiera avanzar hacia un hidromorfismo si estos valores continuan disminuyendo en el tiempo

## 7 BIBLIOGRAFIA

### 7.1 Bibliografía Consultada y de Referencia

- Alvarado A Forsythe W 2005 Variación de la densidad aparente en ordenes de suelos de Costa Rica **Agronomía Costarricense** 29(1) 85-94
- Arias LA Gonzalez LH Arias G 2000 Evolución del suelo y el relieve en el altiplano de Santa Rosa de Osos (Antioquia) En Perez JC (ed) Programa y resúmenes Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (10-2000 Medellín Colombia) p 92-93
- Arias J AC 2012 Suelos Tropicales 1 ed 2 Reimpresión San José Costa Rica EUNED 188p
- Autoridad Nacional del Ambiente 2010 Atlas Ambiental de la República de Panamá 1 Ed Panamá Panamá ANAM 190 p
- Becker AR 2006 Evaluación del proceso de degradación de suelos por erosión hídrica en una subcuenca representativa de la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba Argentina Tesis Doctoral Universidad Nacional de Río Cuarto 800 p
- Botta G Pozzolo O Bomben M Rosatto H Rivero D Ressler M Tourn M Soza J Vazquez J 2007 Traffic alternatives for harvesting soybean (*Glycine max* L.) Effect on yields and soil under a direct sowing system **Soil & Tillage Research** 96 145-154
- Buol SW 2004 Génesis y clasificación de suelos 2 ed México México Trillas 417 p

- Buol, SW; Southard, RJ; Graham, RC; McDaniel, PA. 2003. Soil Genesis and Classification, 5 ed. Ames, USA, Iowa State Press A Blackwell Pub. Co. 494p.
- Butler, BE; Hubble, GD. 1977. Morphologic properties. **In:** Rusell, JS; Greacen, EL. Soil Factors in crop production in a semi-arid environment. St. Lucia, Australia, University of Queensland Press. p. 9-32
- Brady, NC. 1990. The Nature and Properties of Soils. MacMillan Publishing Company. New York, USA. 621 p.
- Cisneros, R. 2003. Apuntes de la materia de Riego y Drenaje, 1 ed. México: Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luís Potosí, México, 164p.
- Committee on Terminology. 1956. Report of definitions approved by the Committee on Terminology. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 20:430-40.
- Dahiya, S; Karpe, R; Hedge, A.G; Sharma, R.M. 2005. Lead, cadmium and nickel in chocolates and candies from suburban areas of Mumbai, India. *J. Food Comp. Anal.* 18. 517-522.
- De León, G; Payán, F; Sánchez, R. 1998. Localización de las capas compactadas en el perfil del suelo mediante penetrometría. **Terra Latinoamericana** 16: 303-307.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Investigación Agrícola. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 1999. Guía para la Evaluación para la Calidad y Salud del Suelo. Argentina, Instituto de Calidad de Suelos. 88p. (Traducido de Soil Quality Test Kit Guide, por Alberto Lutens y Juan Carlos Salazar Lea Plaza)  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 2014. Clave para la Taxonomía de los Suelos. 12. Ed. Texcoco, México, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 374 pp. (Traducido por Carlos Alberto Ortiz-Solorio, Ma. del Carmen Gutiérrez-Castorena y Edgar V. Gutiérrez-Castorena)  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051546.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf)

- Echeverri R, O. 2005. Efecto de la microestructura en los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de algunos suelos provenientes de rocas ígneas presentes en Medellín. Tesis Maestría. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 104 p.  
[http://intranet.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com\\_docman&task=catt\\_view&gid=264&Itemid=285](http://intranet.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com_docman&task=catt_view&gid=264&Itemid=285)
- Forero, J. 2000. Parámetros Hidrodinámicos para Riego. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Unidad de Publicaciones. 31p.
- Foth, HD. 2012. Fundamentals of Soil Science. 8 ed, Michigan, Unites State of America, Wiley. p. 81-87.
- Gardi, C; Angelini, M; Barceló, S; Comerma, J; Cruz, C; Encina, A. 2014. Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p.
- Gerasimo, IP; Glazovskaya, MA. 1960. Fundamentals of Soil Science and Soil Geography. Jerusalem, Israel. 382 p. (Translated from Russian by the Israel Program for Scientific Translations)
- Guitian O, F; Carballas F, T. 1976. Técnicas de análisis de Suelos. Santiago de Compostela, Cuba, Ed. Pico Sacro. 288p.
- Hakansson, I; Lipiec, J. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil & Tillage Research** 53:71-85.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. New York, USA, Academic Press. 364 p.
- INPOFOS, 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito, Ecuador, Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). 55 p.
- Iroumé, A, Schäfer, M. 2000. Variabilidad espacial y temporal de la infiltración en una cuenca experimental en la cordillera de los Andes, IX Región. **Agro Sur** 28(2):1- 9.
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014, actualización 2105. Sistema internacional de clasificación para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelo 106 (en línea). FAO, ROMA. 218 p. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3794s.pdf>.



- Jabro J Stevens W Evans R Iversen M 2009 Tillage effects on physical properties in two soils of the northern great plains **American Society of Agricultural and Biological Engineers** 25(3) 377 382
- Jaramillo DF 2000 Clasificación taxonomica de los suelos del altiplano de San Félix departamento de Caldas **Revista Facultad Nacional Agronomia de Medellin** 53(2) 1059 1076
- Jenny H 1941 Factors of soil Formation New York USA McGraw Hill 281p
- Johnson WM 1963 The pedon and the polypedon **Soil Science Society of American Proceedings** 27 212 15
- Lima HN Schaefer CER Mello JWV Gilkes RJ Ker JC 2002 Pedogenesis and pre Colombian land use of Terra Preta Anthrosols (Indian black earth) of Western Amazonia *Geoderma* 110 1 17
- McDonald RC Isbell RF Speight JG Walker J Hopkins MS 1998 Australian soil and Land Survey Field Handbook 2 ed Melbourne Australia CSIRO 190 p
- McKay A 2000 Climas y biodiversidad Una nueva clasificación de los climas de Panama **Revista Cultural Loteria** 431 47 51
- Montenegro H Malagon D 1990 Propiedades físicas de los suelos Bogota Colombia Instituto Geografico Agustin Codazzi 813 p
- MUNSELL COLOR (ed ) 2000 Soil Color Chart Grand Rapid Michigan USA 28p
- Name B 1987 Metodología para la evaluación de la fertilidad de suelos Panama Panama Instituto de Investigacion Agropecuaria de Panama 33 p
- Nissen J Quiroz C Seguel O Mac Donald R Elies A 2006 Flujo hidrico no saturado en Andisoles *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutricion Vegetal* 6(1) 9 19
- Paredes D D Amico JP Roba MA Romito A Florean RG Cura J Tesouro MO 2009 Calibración del índice de cono de un suelo argudol vertico por humedad y profundidad Congreso Argentino de Ingenieria Rural 10 Congreso del Mercosur (1 al 4 set 2009 Rosario Santa Fe AR) Cordoba Argentina p 479 486

- Parkin, TB; DORAN, JW; Franco-Vizcaino, E. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. In: Doran, JW; Jones, AJ. (eds.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America Special Publication** 49: 231-246.
- Porta, J; López, M. 2005. Agenda de campo de los suelos: Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. 1 ed. Barcelona, España, Mundi – Prensa. 521 p.
- Porta, J; López-Acevedo, M; Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España, Mundi - Prensa. 929 p.
- Rioja Molina, A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real. s.l., s.p.
- Rucks, L; Garcia, F; Kaplán, A; Ponce De León, J; Hill, M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 68p. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Slater, CS. 1957. Cylinder infiltration for determining rates of irrigation. **Soil Science Society American Proceedings** 21: 457.
- Smith JE; Hilbert, JA; Aucaná, MO. 2005. Clasificación de vehículos en función del grado de compactación ejercida sobre suelo agrícola. Congreso Argentino de Ingeniería Rural (8 al 12 nov, 2005, Villa de Merlo, San Luis. AR). Buenos Aires, Argentina. 5 p.
- Sposito, G; Reginato, RJ. 1992. Opportunities in Basic Soil Science Research. Madison, Wisconsin, USA, Soil Science Society of America. 109 p.
- Sposito, G. 1989. The chemistry of soil. New York, USA, Oxford Univ. Press. 277 p.
- United State Department of Agriculture. Soil Science Division Staff. 2017. Soil survey manual. Washington, USDA. 639p. (Handbook 18)  
[https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2\\_054262](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054262)
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to soil Taxonomy. USDA Natural Resource Conservation Service. 10 ed. Washington D. C. USA. 341p.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2 ed. Agriculture Handbook no 436. USDA Washington, D.C. 869 p.

- Tafur H 1988 Guia metodologica para la determinacion de algunos parametros en riego y drenaje Palmira Colombia Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias 99p
- Thompson L Troeh F 1982 Los suelos y su fertilidad 4 ed Barcelona España Editorial Reverte S A p 55 210
- Venanzi S Vallati A Kruger H 2002 Crecimiento temprano en trigo en funcion de la densidad aparente del suelo Bordenave Argentina INTA EEA Bordenave En Actas del XVII Congr Argentino de la Ciencia del Suelo Pto Madryn Chubut 16 p
- Villarreal J Name B 1996 Tecnicas Analiticas del Laboratorio de suelos Divisa Panama Instituto de Investigacion Agropecuaria de Panama 110p
- Velez J 2010 Curso de Edafologia Universidad Tecnica de Machala – Facultad de Ciencias Agropecuarias Machala Ecuador 179 p
- Warrick A W Nielsen D R 1980 Spatial variability of soil physical properties in the field In Hillel D (Ed ) Applications of Soil Physics New York p 319–344
- Wilding LP Drees LR 1983 Spatial variability and Pedology In Pedogenesis and Soil Taxonomy Elsevier Amsterdam p 83 116
- Woods End Research 1997 Guide to solvita testing and managing your soil Woods End Research Laboratory Inc Mt Vernon ME 54 p
- Wood G 1982 Cacao Trad por Marino Primera edicion en español Compañia Editorial Continental S A Mexico D F p 255 274
- Zapata R 2004 Quimica de la acidez del suelo Universidad Nacional de Colombia Medellin Colombia p 57 60

## 8 ANEXOS

## 8 1 Características Físicas de los pedones

## ANEXO 1 Pedon 1

Horizontes	Profundidad cm	Granulometría gkg <sup>1</sup>			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh <sup>1</sup>	Retención de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
O	0 a 12	840	100	60	AF	0.79	65.30	50.88	36.37
A	12 a 30	740	180	80	AF	0.90	65.24	48.33	27.57
B1	30 a 76	760	180	60	AF	0.90	68.31	61.46	30.51
B2	76 a 120	720	260	20	AF	0.93	60.25	51.30	26.42

Donde AF= Areno francoso DA = Densidad aparente A= Arena L= Limo Arc= Arcilla

## ANEXO 2 Pedon 2

Horizontes	Profundidad cm	Granulometría gkg			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh	Retención de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
A	0 a 14	680	260	60	FA	0.96	3.49	28.48	23.17
E	14 a 26	620	320	60	FA	1.08	9.84	30.63	19.17
B	26 a 130	680	260	50	FA	1.16	17.6	28.86	16.76

Donde FA= Franco arenoso

## ANEXO 3 Pedon 3

Horizontes	Profundidad cm	Granulometría gkg			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh	Retención de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
O	0 a 20	820	140	40	AF	0.75	56.12	30.50	17.82
A	20 a 42	800	140	60	AF	0.98	16.04	36.71	25.55
B1	42 a 73	820	140	40	AF	1.00	18.52	38.10	27.69
B2	73 a 130	720	180	100	FA	1.00	14.50	37.05	27.99

## ANEXO 4 Pedon 4

Horizontes	Profundidad cm	Granulometria gkg			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh <sup>-1</sup>	Retencion de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
A	0 a 25	840	60	100	FA	0.82	85.4	38.24	26.21
B	25 a 46	780	120	100	FA	0.96	72.96	35.02	25.21
C	46 a 102	640	140	220	FARA	1.00	62.40	30.68	23.32

Donde FARA= Franco arcillo arenoso

## ANEXO 5 Pedon 5

Horizontes	Profundidad cm	Granulometria gkg			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh <sup>-1</sup>	Retencion de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
O	0 a 14	620	220	160	FA	0.86	75.46	48.04	26.15
A	14 a 38	560	240	200	FARA	0.99	44.59	51.95	31.36
B	38 > 105	400	340	260	F	1.16	7.48	4.98	32.01

Donde F= Franco

## ANEXO 6 Pedon 6

Horizontes	Profundidad cm	Granulometria gkg			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh <sup>-1</sup>	Retencion de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
O	0 a 20	620	300	80	FA	0.94	56.7	35.06	26.01
A	20 a 46	560	160	280	FARA	1.22	11.95	44.67	29.17
B	46 a 88	440	420	140	F	1.26	4.92	38.61	24.46
C	88 > 105	520	240	240	FARA	1.34	9.45	45.14	26.52

## ANEXO 7 Pedon 7

Horizontes	Profundidad cm	Granulometria gkg			Clase Textural	DA kg dm <sup>3</sup>	Permeabilidad cmh <sup>-1</sup>	Retención de humedad /	
		A	L	Arc				0.33 bar	15 bar
A	0 a 10	680	280	40	FA	1.14	1.82	42.84	24.48
AI	10 a 35	580	240	180	FA	1.16	1.33	45.50	27.58
B	35 a 64	660	220	120	FA	1.13	17.18	41.24	25.32
BI	64 a 80	720	180	100	FA	1.08	25.34	37.38	23.74
C	> 80	800	160	40	AF	1.04	31.77	37.79	24.64

## 8.2 Características químicas de los pedones

## ANEXO 8 Pedon 1

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad eléctrica dSm <sup>-1</sup>	Potencial de hidrógeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.2.5	H <sub>2</sub> O 1.2.5
O	0 a 12	0.10	3.9	4.60
A	12 a 30	0.12	3.9	4.70
B1	30 a 76	0.10	3.7	4.50
B2	76 > 120	0.10	3.8	4.70

## ANEXO 9 Pedon 2

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad eléctrica dSm <sup>-1</sup>	Potencial de hidrógeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.2.5	H <sub>2</sub> O 1.2.5
A	0 a 14	0.13	4.3	5.70
E	14 a 26	0.12	5.2	5.50
B	26 a 130	0.14	5.2	5.60

## ANEXO 10 Pedon 3

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad eléctrica dSm <sup>-1</sup>	Potencial de hidrógeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.2.5	H <sub>2</sub> O 1.2.5
O	0 a 20	0.15	4.4	4.80
A	20 a 42	0.10	4.0	4.90
B1	42 a 73	0.16	3.9	4.50
B2	73 a 130	0.10	3.9	4.60

## ANEXO 11 Pedon 4

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad eléctrica dSm <sup>-1</sup>	Potencial de hidrógeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.2.5	H <sub>2</sub> O 1.2.5
A	0 a 25	0.18	3.9	4.20
B	25 a 46	0.08	4.0	4.50
C	46 a 102	0.04	4.0	4.60

## ANEXO 12 Pedon 5

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad eléctrica dSm <sup>-1</sup>	Potencial de hidrógeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.2.5	H <sub>2</sub> O 1.2.5
O	0 a 14	0.18	4.2	4.40
A	14 a 38	0.10	4.1	4.70
B	38 > 105	0.10	4.4	4.80

## ANEXO 13 Pedon 6

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad electrica dS m <sup>-1</sup>	Potencial de hidrogeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.25	H <sub>2</sub> O 1.25
O	0 a 20	0.10	4.5	4.90
A	20 a 46	0.14	4.8	5.00
B	46 a 88	0.10	4.7	5.60
C	88 a 105	0.04	4.4	5.20

## ANEXO 14 Pedon 7

Horizontes	Profundidad cm	Conductividad electrica dS m <sup>-1</sup>	Potencial de hidrogeno	
			CaCl <sub>2</sub> 1.25	H <sub>2</sub> O 1.25
A	0 a 10	0.22	4.4	4.60
A1	10 a 35	0.16	5.0	5.50
B	35 a 64	0.20	5.4	5.70
B1	64 a 80	0.20	5.5	5.80
C	> 80	0.20	5.6	5.80

## 8.3 Características químicas con solución extractora de acetato de amonio

8.3.1 Solución ext (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) 1N pH 7

## ANEXO 15 Pedon 1

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				
		Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 12	10.90	5.30	1.21	9.36	26.77
A	12 a 30	7.88	2.41	1.11	4.50	15.60
B1	30 a 76	3.84	1.52	1.03	2.17	8.56
B2	76 a 120	3.68	1.28	0.99	2.90	8.55

## ANEXO 16 Pedon 2

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				
		Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 14	18.86	4.41	1.20	4.31	28.78
E	14 a 26	22.61	4.77	1.15	3.27	31.80
B	26 a 130	9.27	4.15	1.19	4.65	19.26

## ANEXO 17 Pedon 3

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				Suma de bases
		Ca	Mg	Na	K	
O	0 a 20	13.84	4.06	1.11	3.50	22.51
A	20 a 42	5.97	4.30	1.15	5.50	16.92
B1	42 a 73	5.98	5.34	1.98	7.15	20.45
B2	73 a 130	4.74	4.87	1.17	6.90	16.88

## ANEXO 18 Pedon 4

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				Suma de bases
		Ca	Mg	Na	K	
A	0 a 25	3.65	0.93	1.27	2.73	8.58
B	25 a 46	3.68	0.77	1.08	1.58	7.11
C	46 a 102	4.30	1.33	0.90	0.92	7.45

## ANEXO 19 Pedon 5

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				Suma de bases
		Ca	Mg	Na	K	
O	0 a 14	17.09	6.48	1.48	6.18	31.23
A	14 a 38	8.10	1.18	0.90	1.11	11.29
B	38 > 105	5.94	0.89	0.98	0.92	8.73

## ANEXO 20 Pedon 6

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				Suma de bases
		Ca	Mg	Na	K	
O	0 a 20	11.75	2.41	1.08	3.61	18.85
A	20 a 46	27.7	13.00	1.03	5.52	47.25
B	46 a 88	8.84	1.88	1.08	4.72	16.52
C	88 > 105	1.88	0.31	0.95	1.98	5.11

## ANEXO 21 Pedon 7

Horizontes	Profundidad cm	Bases Intercambiables cmol ( ) kg <sup>-1</sup>				Suma de bases
		Ca	Mg	Na	K	
A	0 a 10	13.38	6.67	0.10	3.20	23.35
A1	10 a 35	22.26	9.23	0.15	2.81	34.45
B	35 a 64	22.12	9.55	0.16	2.92	34.75
B1	64 a 80	24.43	10.60	0.17	2.95	38.15
C	> 80	22.96	10.62	0.19	3.20	36.97



## 8.4 Parametros quimicos utilizados para caracterizaciones

## ANEXO 22 Pedon 1

Horizontes	Profundidad cm	Acidez	Aluminio Extraible cmol(+) kg <sup>-1</sup>	CIC	Suma de cationes
O	0 a 12	21.60	3.90	63.20	48.37
A	12 a 30	25.60	13.0	45.60	41.20
B1	30 a 76	17.60	22.5	76.80	26.16
B2	76 a 120	29.60	12.0	76.80	38.45

Donde CIC= Capacidad de intercambio cati6nico

## ANEXO 23 Pedon 2

Horizontes	Profundidad cm	Acidez	Aluminio Extraible cmol(+) kg <sup>-1</sup>	CIC	Suma de cationes
A	0 a 14	28.80	0.10	70.80	57.58
E	14 a 26	11.60	0.10	72.40	43.40
B	26 a 130	3.60	0.10	68.80	22.86

## ANEXO 24 Pedon 3

Horizontes	Profundidad cm	Acidez	Aluminio Extraible cmol(+) kg <sup>-1</sup>	CIC	Suma de cationes
O	0 a 20	17.20	2.70	82.80	39.71
A	20 a 42	27.60	10.50	64.00	44.52
B1	42 a 73	24.40	12.70	67.00	44.85
B2	73 a 130	34.40	23.00	67.60	51.28

## ANEXO 25 Pedon 4

Horizontes	Profundidad cm	Acidez	Aluminio Extraible cmol(+) kg <sup>-1</sup>	CIC	Suma de cationes
A	0 a 25	17.20	1.80	58.00	25.78
B	25 a 46	21.60	5.40	74.40	28.71
C	46 a 102	17.60	5.40	36.80	25.05

## ANEXO 26 Pedon 5

Horizontes	Profundidad cm	Acidez	Aluminio Extraible cmol(+) kg <sup>-1</sup>	CIC	Suma de cationes
O	0 a 14	11.60	1.00	77.7	42.83
A	14 a 38	23.60	1.40	65.2	34.89
B	38 > 105	10.40	1.80	47.2	20.13

## ANEXO 27 Pedon 6

Horizontes	Profundidad	Acidez	Aluminio Extraible	CIC	Suma de cationes
	cm		cmol(+) kg <sup>-1</sup>		
O	0 a 20	7.20	0.20	68.0	39.65
A	20 a 46	11.60	0.20	60.0	68.85
B	46 a 88	23.60	0.10	62.0	30.52
C	88 a 105	10.40	0.10	56.4	12.31

## ANEXO 28 Pedon 7

Horizontes	Profundidad	Acidez	Aluminio Extraible	CIC	Suma de cationes
	cm		cmol(+) kg <sup>-1</sup>		
A	0 a 10	13.60	1.10	40.00	36.95
A1	10 a 35	17.60	0.10	28.00	52.05
B	35 a 64	10.40	0.10	40.40	45.15
B1	64 a 80	14.60	0.10	62.00	49.75
C	> 80	5.60	0.10	40.00	42.57

## 8.5 Características Biológicas en los pedones estudiados

## ANEXO 29 Pedon 1

Horizontes	Profundidad	Carbón Orgánico	Materia Orgánica	Cantidad de lombrices	Respiración microbiana
		g kg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
O	0 a 12	12.7	21.9	2	404.32
A	12 a 30	3.8	6.6	2	
B1	30 a 76	1.7	3.0	0	
B2	76 a 120	1.2	2.1	0	

## ANEXO 30 Pedon 2

Horizontes	Profundidad	Carbon Orgánico	Materia Orgánica	Cantidad de lombrices	Respiración microbiana
		g kg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
A	0 a 14	7.8	13.4	2	523.03
E	14 a 26	0.8	1.3	1	
B	26 a 130	0.2	0.4	1	

## ANEXO 31 Pedon 3

Horizontes	Profundidad	Carbon Organico	Materia Organica	Cantidad de lombrices	Respiracion microbiana
		gkg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
O	0 a 20	7.2	12.4	3	544.10
A	20 a 42	3.3	5.7	2	
B1	42 a 73	1.7	3.0	0	
B2	73 a 130	3.3	5.7	0	

## ANEXO 32 Pedon 4

Horizontes	Profundidad	Carbon Organico	Materia Organica	Cantidad de lombrices	Respiracion microbiana
		gkg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
A	0 a 25	10.8	18.6	1	446.03
B	25 a 46	5.5	9.5	1	
C	46 a 102	4.4	7.6	0	

## ANEXO 33 Pedon 5

Horizontes	Profundidad	Carbon Organico	Materia Organica	Cantidad de lombrices	Respiracion microbiana
		gkg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
O	0 a 14	11.5	19.7	3	483.76
A	14 a 38	20.5	35.2	1	
B	38 > 105	5.8	10.0	0	

## ANEXO 34 Pedon 6

Horizontes	Profundidad	Carbon Organico	Materia Organica	Cantidad de lombrices	Respiracion microbiana
		gkg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
O	0 a 20	5.5	9.5	4	618.13
A	20 a 46	2.8	4.8	3	
B	46 a 88	0.8	1.3	0	
C	88 > 105	0.1	0.1	0	

## ANEXO 35 Pedon 7

Horizontes	Profundidad	Carbon Organico	Materia Organica	Cantidad de lombrices	Respiracion microbiana
		gkg <sup>-1</sup>		0.25 m <sup>2</sup>	kg C(en CO <sub>2</sub> )/ha/d
A	0 a 10	17.5	30.1	5	549.16
AB	10 a 35	6.6	11.4	5	
B	35 a 64	4.9	8.5	2	
B1	64 a 80	0.2	0.4	0	
C	> 80	0.2	0.4	0	

## 8.6 Resultados de analisis quimicos extraida con solucion mehlich 1

## ANEXO 36 Pedon 1

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+) kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
O	0 a 12	0.62	0.00	0.00	6.90	2.90	66.80
A	12 a 30	0.19	0.00	1.60	6.90	1.50	8.30
B1	30 a 76	0.11	0.00	2.10	2.90	1.10	0.00
B2	76 a 120	0.15	0.00	1.80	4.60	0.70	0.00

## ANEXO 37 Pedon 2

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+) kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
A	0 a 14	0.11	10.0	1.50	13.56	7.10	57.10
E	14 a 26	0.08	6.0	1.70	7.70	1.20	16.19
B	26 a 130	0.82	4.0	1.65	7.90	1.13	12.80

## ANEXO 38 Pedon 3

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+) kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
O	0 a 20	0.14	2.0	1.08	5.82	2.32	123.2
A	20 a 42	0.01	1.0	1.12	6.43	1.04	27.4
B1	42 a 73	0.21	0.0	1.09	5.20	7.95	10.77
B2	73 a 130	0.19	0.0	1.94	8.42	2.51	25.59

## ANEXO 39 Pedon 4

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+) kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
A	0 a 25	0.12	0.00	1.33	11.40	3.10	7.80
B	25 a 46	0.09	0.00	2.20	8.40	3.40	1.30
C	46 a 102	0.04	1.00	2.00	3.90	3.70	0.00

## ANEXO 40 Pedon 5

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
O	0 a 14	0 10	2 00	3 70	7 90	3 40	14 60
A	14 a 38	0 04	1 00	4 70	13 40	1 40	2 60
B	38 >105	0 03	0 30	2 60	7 90	2 40	0 00

## ANEXO 41 Pedon 6

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
O	0 a 20	0 18	0 00	2 50	0 80	4 00	20 60
A	20 a 46	0 25	1 00	2 00	6 20	1 80	26 30
B	46 a 88	0 23	0 00	2 30	0 00	1 00	3 38
C	88 >105	0 26	7 00	3 00	1 70	1 40	2 50

## ANEXO 42 Pedon 7

Horizontes	Profundidad	K	P	Cu	Fe	Zn	Mn
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>			mgkg <sup>-1</sup>		
A	0 a 10	3 20	19 00	4 10	67 00	7 30	123 00
A1	10 a 35	2 81	23 00	2 30	21 20	2 20	35 00
B	35 a 64	2 92	29 00	2 20	29 10	2 30	33 50
B1	64 a 80	2 95	10 00	3 10	21 90	1 40	47 30
C	> 80	3 20	2 00	3 70	31 90	1 70	68 80

8 7 Resultados de analisis quimicos de cationes extraidos con solucion cloruro de potasio

## ANEXO 43 Pedon 1

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
O	0 a 12	4 20	4 50
A	12 a 30	4 40	2 90
B1	30 a 76	0 40	1 80
B2	76 >120	0 30	1 50

## ANEXO 44 Pedon 2

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
A	0 a 14	12 45	6 94
E	14 a 26	13 94	7 31
B	26 a 130	12 30	6 20

## ANEXO 45 Pedon 3

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
O	0 a 20	3 70	6 61
A	20 a 42	2 39	5 80
B1	42 a 73	2 60	6 00
B2	73 a >130	1 12	6 20

## ANEXO 46 Pedon 4

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
A	0 a 25	1 15	0 93
B	25 a 46	0 20	0 60
C	46 a 102	0 07	0 03

## ANEXO 47 Pedon 5

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
O	0 a 14	2 00	1 60
A	14 a 38	1 50	1 10
B	38 >105	1 00	1 00

## ANEXO 48 Pedon 6

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
O	0 a 20	12 10	8 40
A	20 a 46	11 30	7 80
B	46 a 88	12 80	9 70
C	88 >105	9 40	8 70

## ANEXO 49 Pedon 7

Horizontes	Profundidad	Ca	Mg
		cmol(+)kg <sup>-1</sup>	
A	0 a 10	18 40	11 70
A1	10 a 35	7 80	5 00
B	35 a 64	10 70	6 30
B1	64 a 80	10 40	6 50
C	> 80	9 80	7 00

## 8 8 Relaciones entre cationes

## ANEXO 50 Pedon 1

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
O	0 a 12	0.93	13.97	0.14	7.23	6.75
A	12 a 30	1.52	38.89	0.06	15.45	23.44
B1	30 a 76	0.22	20.43	0.06	16.71	3.71
B2	76 > 120	0.20	11.84	0.10	9.87	1.97

## ANEXO 51 Pedon 2

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
A	0 a 14	1.79	176.27	0.02	63.09	113.18
E	14 a 26	1.91	252.67	0.01	86.92	165.75
B	26 a 130	1.98	226.82	0.01	76.01	150.80

## ANEXO 52 Pedon 3

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
O	0 a 20	0.56	73.51	0.02	47.13	26.38
A	20 a 42	0.41	627.52	0.00	444.4	183.12
B1	42 a 73	0.43	41.70	0.03	29.09	12.61
B2	73 a 130	0.18	38.97	0.03	33.01	5.96

## ANEXO 53 Pedon 4

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
A	0 a 25	1.24	17.27	0.13	7.72	9.55
B	25 a 46	0.33	9.31	0.14	6.99	2.33
C	46 a 102	2.33	2.45	1.36	0.74	1.72

## ANEXO 54 Pedon 5

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
O	0 a 14	1.25	38.05	0.06	16.91	21.14
A	14 a 38	1.36	68.05	0.03	28.79	39.26
B	38 a 105	1.43	60.27	0.04	24.82	35.45

## ANEXO 55 Pedon 6

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
O	0 a 20	1.44	112.14	0.02	45.95	66.19
A	20 a 46	1.45	77.66	0.03	31.72	45.95
B	46 a 88	1.32	98.93	0.02	42.65	56.28
C	88 > 105	1.08	70.94	0.03	34.10	36.84

## ANEXO 56 Pedon 7

Horizontes	Profundidad	Ca/Mg	(Ca+Mg)/ K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
A	0 a 10	1.57	45.32	0.06	17.62	27.71
A1	10 a 35	1.56	103.35	0.02	40.37	62.98
B	35 a 64	1.70	93.25	0.03	34.57	58.69
B1	64 a 80	1.60	78.19	0.03	30.07	48.11
C	≥ 80	1.40	91.00	0.03	37.92	53.08

8.9 Capacidad de intercambio catiónico efectiva % de saturación de aluminio y bases

## ANEXO 57 Pedon 1

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
O	0 a 12	13.22	29.50	4.71	31.76	34.03	70.50
A	12 a 30	20.49	63.45	0.92	21.48	14.15	36.55
B1	30 a 76	24.81	90.70	0.43	1.61	7.26	9.30
B2	76 a 120	13.95	86.01	1.09	2.15	10.75	13.99

Donde CICE= Capacidad de intercambios catiónico efectiva

## ANEXO 58 Pedon 2

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
A	0 a 14	19.60	0.51	0.56	63.53	35.41	99.49
E	14 a 26	21.43	0.47	0.39	65.04	34.10	99.53
B	26 a 130	18.68	0.54	0.44	65.84	33.19	99.46

Donde Sat Al= Saturación de aluminio Sat K= Saturación de potasio  
Sat Ca= Saturación de calcio Sat Mg= Saturación de magnesio

## ANEXO 59 Pedon 3

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
O	0 a 20	13.15	20.53	1.07	28.14	50.27	79.47
A	20 a 42	18.70	56.14	0.07	12.78	31.01	43.86
B1	42 a 73	21.51	59.05	0.96	12.09	27.90	40.95
B2	73 a 130	30.51	75.39	0.62	3.67	20.32	24.61

## ANEXO 60 Pedon 4

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
A	0 a 25	4.00	45.00	3.01	28.75	23.25	55.00
B	25 a 46	6.29	85.91	1.37	3.18	9.55	14.09
C	46 a 102	5.54	97.46	0.74	1.26	0.54	2.54



## ANEXO 61 Pedon 5

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
							%
<b>O</b>	0 a 14	4 69	21 30	2 02	42 60	34 08	78 70
<b>A</b>	14 a 38	4 04	34 67	0 95	37 15	27 24	65 33
<b>B</b>	38 >105	3 53	51 05	0 80	28 34	19 84	48 98

## ANEXO 62 Pedon 6

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
							%
<b>O</b>	0 a 20	20 88	0 96	0 88	57 94	40 22	99 04
<b>A</b>	20 a 46	19 55	1 02	1 26	57 81	39 91	98 98
<b>B</b>	46 a 88	22 83	0 44	1 00	56 07	42 49	99 56
<b>C</b>	88 >105	18 46	0 54	1 08	50 93	47 14	99 46

## ANEXO 63 Pedon 7

Horizontes	Profundidad	CICE	Sat Al	Sat K	Sat Ca	Sat Mg	Sat bases
							%
<b>A</b>	0 a 10	31 86	3 45	2 08	57 75	36 72	96 55
<b>A1</b>	10 a 35	13 02	0 77	0 95	59 89	38 39	99 23
<b>B</b>	35 a 64	17 28	0 58	1 05	61 91	36 45	99 42
<b>B1</b>	64 a 80	17 22	0 58	1 26	60 41	37 76	99 42
<b>C</b>	> 80	17 08	0 59	1 08	57 36	40 97	99 41

## 9 Infiltraciones

## ANEXO 64

Perfil	Infiltracion Basica (cmh <sup>1</sup> )	Tiempo de infiltracion (h)
1	0 45	1 77
2	9 41	0 17
3	3 34	1 57
4	44 66	1 06
5	1 03	3 64
6	25 43	0 96
7	3 16	3 37

*Fuente Exclusiva del autor*

## 10. Figuras de infiltraciones

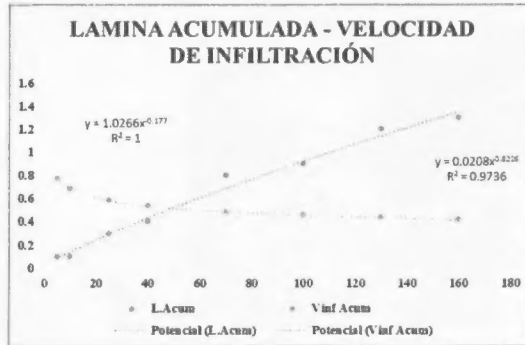


Figura 4. Perfil 1

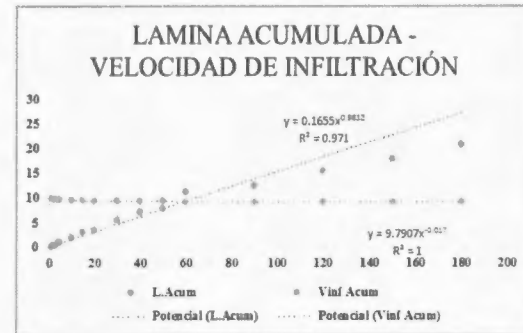


Figura 5. Perfil 2

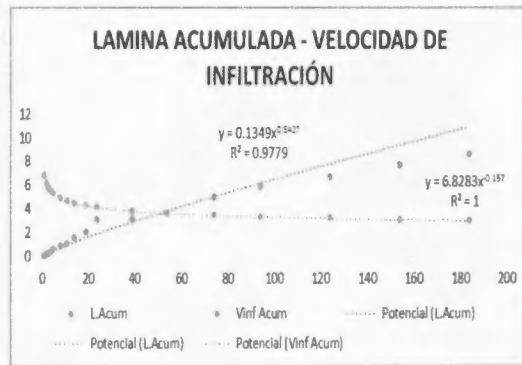


Figura 6. Perfil 3

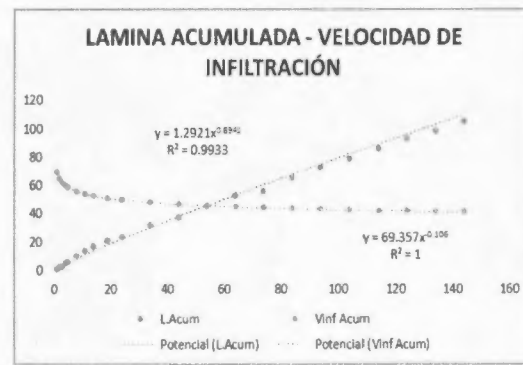


Figura 7. Perfil 4

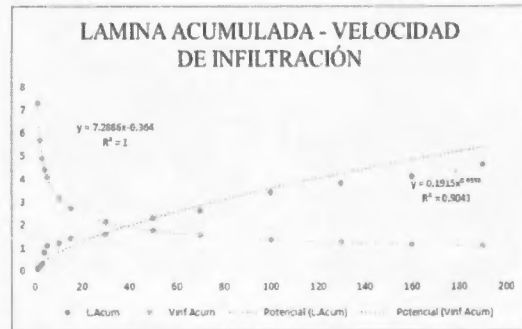


Figura 8. Perfil 5

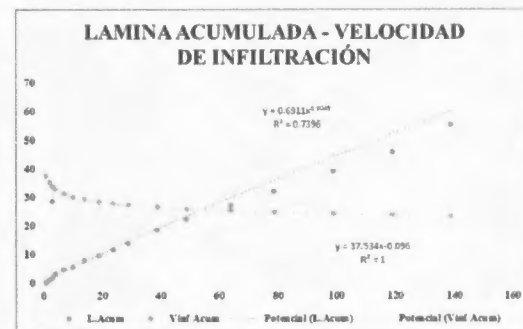


Figura 9. Perfil 6

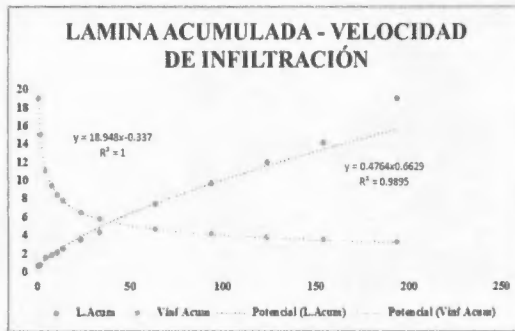


Figura 10. Perfil 7

11. Figuras de niveles de pH y zinc por profundidad del suelo

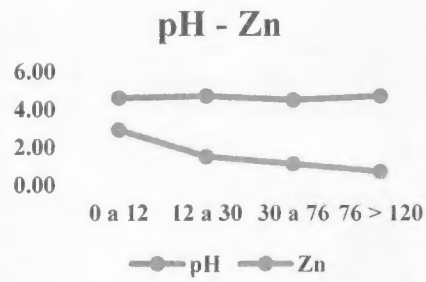


Figura 11. Perfil 1

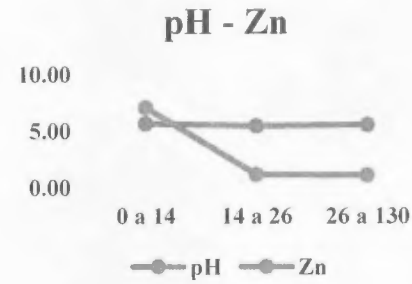


Figura 12. Perfil 2

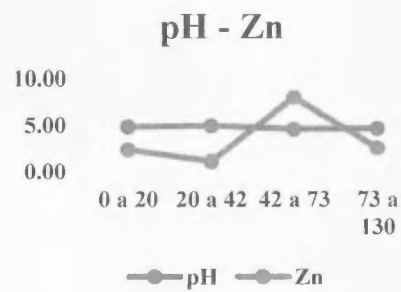


Figura 13. Perfil 3

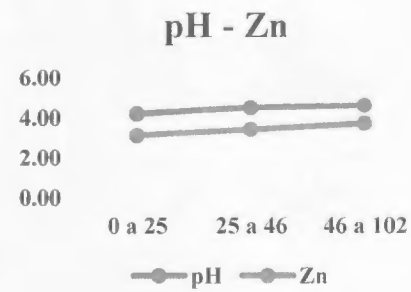


Figura 14. Perfil 4

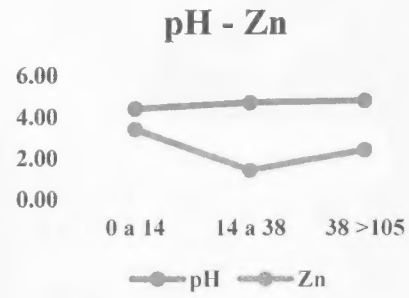


Figura 15. Perfil 5

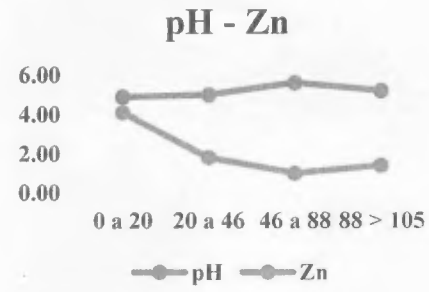


Figura 16. Perfil 6

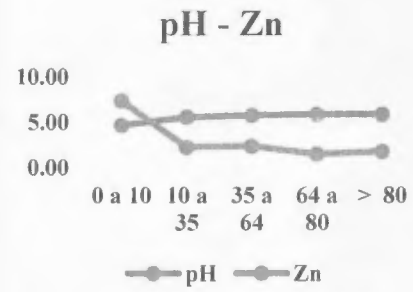


Figura 17. Perfil 7

## 12. Mapas de niveles de elementos nutricionales, pH y materia orgánica

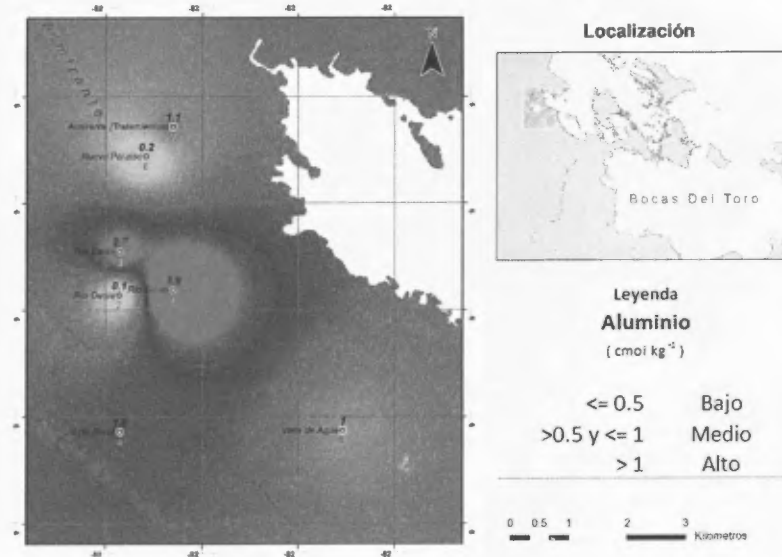


Figura 18. Niveles de aluminio

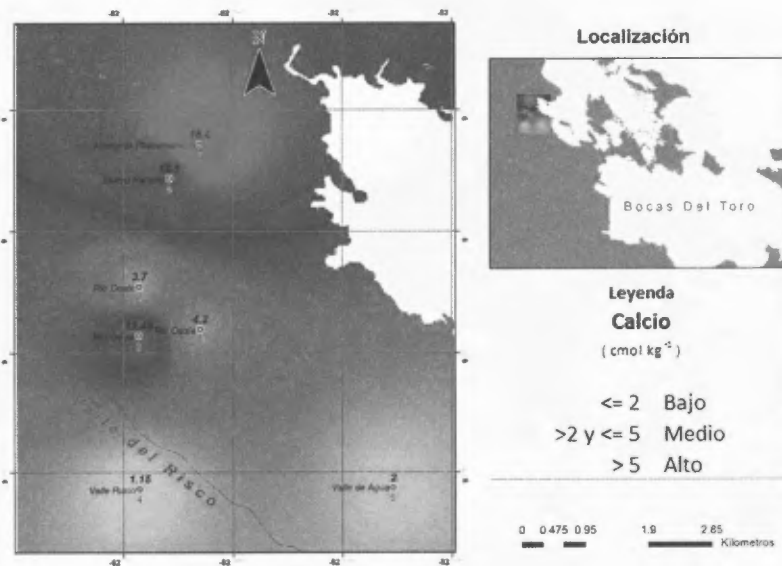


Figura 19. Niveles de calcio

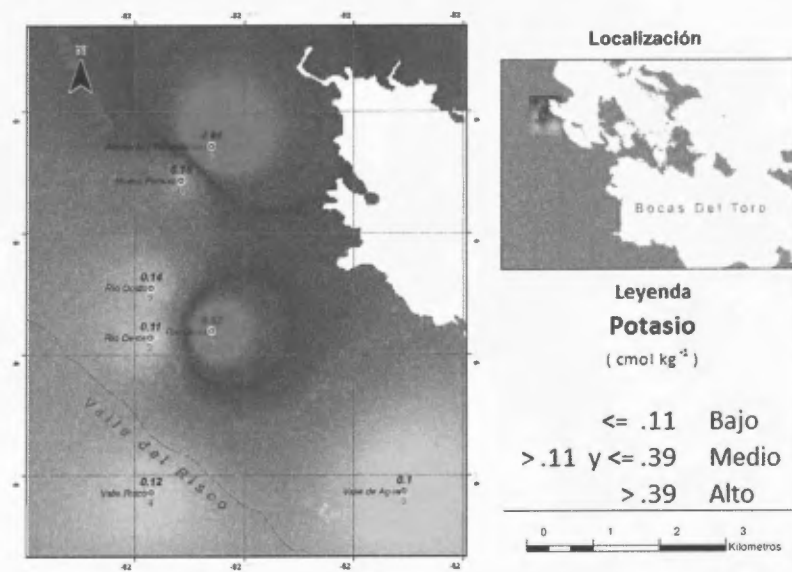


Figura 20. Niveles de potasio

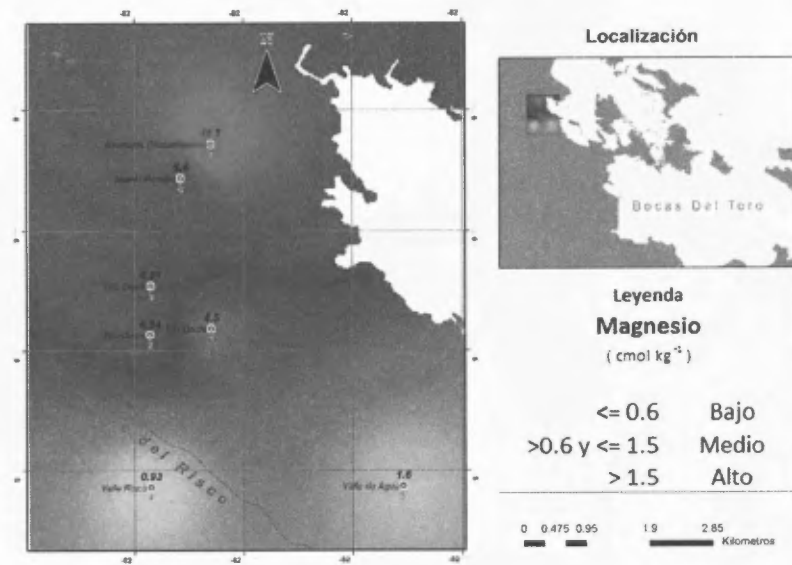


Figura 21. Niveles de magnesio



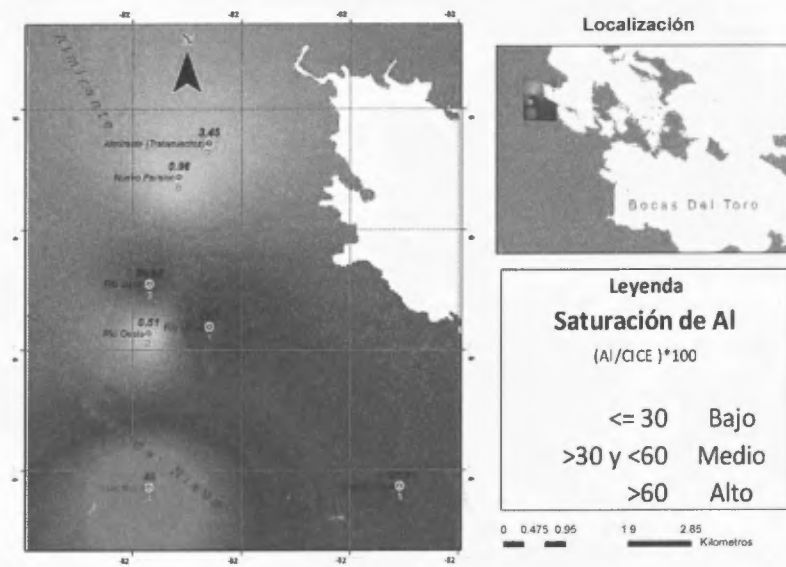


Figura 24. Niveles de saturación de aluminio

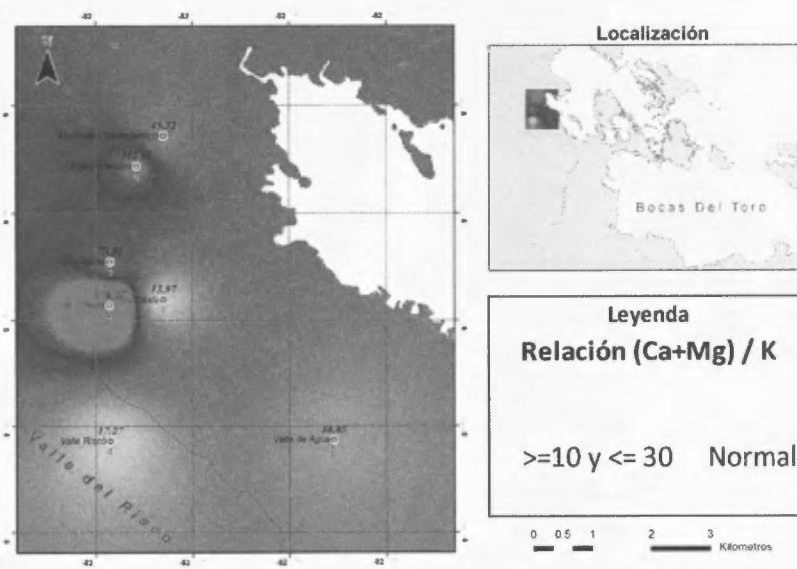


Figura 25. Niveles de relación (Ca + Mg) / K



**CAPITULO II**

**MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE CACAO  
ORGANICO ALMIRANTE, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO**

## RESUMEN

El estudio fue realizado en una plantación de cacao orgánico de dos años ubicada en la comunidad de Nuevo Paraíso Almirante provincia de Bocas del Toro con coordenadas de 9°16' 49" 524" de Latitud Norte y 82° 24' 51" 250" de Longitud Oeste. Los objetivos fueron evaluar y mejorar las propiedades del suelo mediante la aplicación de abono orgánico para optimizar los niveles de nutrientes, determinar el efecto del abono orgánico sobre la absorción adecuada de nutrientes en la planta de cacao, determinar el efecto del abono orgánico en la concentración adecuada de nutrientes en la planta de cacao. Según Soil Taxonomy los suelos pertenecen al orden Inceptisol y de acuerdo con World Reference Base (WRB) al orden Cambisol. La investigación consistió en la aplicación de cinco tratamientos de 0, 5, 10, 15 y 20 ton de abono orgánico ha<sup>-1</sup> previamente caracterizado con tres repeticiones en un diseño estadístico de bloques completos al azar. Cada parcela consistió en un área de 48 m<sup>2</sup> conteniendo seis árboles con un espaciamiento de cuatro metros uno del otro. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 metros y tejido vegetal (hojas) antes de aplicar los tratamientos y seis meses después de aplicados. Se midió altura total, diámetro a altura del pecho antes y después de aplicar los tratamientos para determinar el incremento medio anual tanto en altura como en diámetro a la altura del pecho. Se realizó análisis de varianza y los promedios fueron separados con pruebas de rangos múltiples de Duncan. Se realizaron regresiones, pruebas t en variables en tejido foliar. Se concluye que el tratamiento de 20 tonha<sup>-1</sup> mostró los mejores resultados al mejorar la absorción y contenidos de nutrientes en la planta.

**PALABRAS CLAVES:** Cacao orgánico, Inceptisoles, Cambisoles, distrito, nutrientes, abono orgánico, salud del suelo.

## ABSTRAC

The study was carried out in a two year old organic cocoa plantation located in the community of Nuevo Paraiso Almirante province of Bocas del Toro With coordinates of latitude  $9^{\circ} 16' 49.524$  North and longitude  $82^{\circ} 24' 51.250$  West The objectives were to evaluate and improve soil properties by applying organic manure to optimize nutrient levels determine the effect of organic fertilizer on the adequate nutrient absorption in the cocoa plant determine the effect of organic fertilizer on the concentration Nutrients in the cocoa plant According to the classification rules Soil Taxonomy it was classified with the order of inceptisols And with the World Refence Base (WRB) the order of Cambisols The research consisted of five treatments of 0 5 10 15 and 20 tonha<sup>-1</sup> of organic fertilizer previously characterized with three replications In a randomized complete block design Each plot consisted of an area of 48 m<sup>2</sup> containing six trees with a spacing of four meters each other Soil samples were taken at a depth of 0 30 meters and plant tissue (leaves) before applying the treatments and six months after the treatments Total heights and diameter at breast height were measured before and after applying the treatments to determine the mean annual increase in both height and diameter at breast height The analysis of variance and means were separated with Duncan s multiple range tests And regressions were performed t tests on leaf tissue variables We conclude that the treatment of 20 tonha<sup>-1</sup> was found to be appropriate to be applied in this study and that the application of organic fertilizer improves soil health by increasing its nutrients

KEYWORDS Organic cocoa Inceptisols Cambisols districts nutrients organic fertilizer soil health

## 1 INTRODUCCION

El presente capítulo trata sobre el mejoramiento nutricional del cultivo de cacao orgánico. Los productores del área del distrito de Almirante y alrededores cultivan este rubro aplicando solo desechos de hojarasca y capullo del cacao al suelo sin caracterizar el contenido nutricional del suelo.

Los productores de la provincia de Bocas del Toro cultivan alrededor de 2 458 462 plantas de cacao cosechando solo 248 000 kg de semilla seca (INEC 2011).

Los sistemas agroforestales en el cual está involucrado este rubro con especies arbóreas aportan un contenido de biomasa que contribuye con el aumento del contenido de nutrientes y a la estabilización de la estructura y control de la erosión del suelo (Nair et al 1995).

Los rendimientos de cacao en la provincia de Bocas del Toro no cubren la demanda exigida por la industria de chocolate del país y el extranjero.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- Contribuir al mejoramiento nutricional de los suelos cultivados con cacao mediante la aplicación de abono orgánico

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y mejorar las propiedades del suelo mediante la aplicación de abono orgánico para optimizar los niveles de nutrientes en el mismo
- Determinar el efecto del abono orgánico sobre la absorción adecuada de nutrientes en la planta de cacao
- Determinar el efecto del abono orgánico en los niveles de nutrientes en la planta de cacao

### 3 REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Descomposicion de la hojarasca

Se define como el horizonte constituyente del suelo  $A_{00}$  el cual esta constituido en su mayoria por restos vegetales recientemente desprendido por la vegetacion (hojas secas frutos ramas pequeñas y trozos de corteza etc) (Ibañez 2006)

Coleman et al (2004) indican que la hojarasca forma parte del horizonte  $O_1$  y  $O_e$  de naturaleza organica

Moorhead et al (1998) comenta que en la hojarasca se encuentran una gran parte de actividades microbianas y que ella esta ligada a la descomposicion de la misma por medio de los microorganismos involucrando procesos fisicos y quimicos que reducen la hojarasca a  $CO_2$   $H_2O$  y nutrientes minerales como N P K Na Ca Mg S

Paul y Clark (1989) han demostrado que en hojarascas con  $C/N > 25$  durante su descomposicion el N queda secuestrado por los microorganismos

### 3.2 La Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo es uno de los materiales más complejos de la naturaleza. Esencialmente todos los residuos de animales y plantas retornan al suelo donde se mineralizan o descomponen por acción de microorganismos convirtiéndose en humus, el cual actúa como depósito que libera gradualmente los elementos N, P, S y micro nutrientes esenciales para la nutrición de las plantas y microbiana del suelo (Cenicafé 1993).

Un buen contenido de materia orgánica es el componente clave para un manejo sostenible de la tierra y a la vez permitiría aumentar el almacenamiento de nutrientes en el suelo (Sanchez 1999).

Benzing (2001) el cultivo orgánico del cacao requiere de una conservación o incremento de materia orgánica lo cual soluciona algunos de los problemas de fertilidad, retención adecuada del agua de la lluvia y una buena circulación del aire en el suelo.

El efecto beneficioso de la materia orgánica sobre la fertilidad de los suelos, especialmente sobre aquellos altamente meteorizados, es de una importancia dramática con relación a sus contenidos, pues está demostrado que incrementos mínimos benefician simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Mendez 2003).

Existen diferentes estudios en el trópico que demuestran que la cantidad de nutrientes de un suelo se ha incrementado por la adición de materia orgánica (Sandor 1995, Lima et al. 2002).



### 3.3 Relación C/N en el suelo

La hojarasca con menor relación C/N se descompone más rápido debido a la mayor disponibilidad de N para los descomponedores (Wagner y Wolf 1998)

Cuando la relación C/N es menor de 20 se presentará una mayor velocidad y magnitud de descomposición por el contrario si la relación C/N es mayor de 25 el proceso de descomposición es lento lo que genera inmovilización de N por parte de los microorganismos (Feral et al 2003 Cerrato et al 2007)

Quiroz (1981) considera que la amplia relación C/N de los residuos sobre el campo hace necesaria la aplicación de altas cantidades de este elemento de acuerdo con la edad y grado de sombrero de las plantaciones en las diferentes zonas productoras

Navarro (2003) afirma que el mayor contenido de nitrógeno en las plantas se encuentra en los tejidos nuevos a medida que la planta avanza en las distintas etapas fenológicas (hasta la madurez) la proporción de celulosa aumenta el porcentaje de N disminuye y se eleva la relación C/N

### 3.4 Elementos nutritivos para el cacao

El contenido de N total en los suelos presenta un amplio ámbito pero es común el comprendido entre 0.2 y 0.7% para la denominada capa arable (Fassbender 1984)

El Calcio (Ca) es el nutrimento de carácter básico más abundante en las plantas después del potasio (K) (Navarro y Navarro 2003)

El magnesio (Mg) es absorbido por las plantas como ion  $Mg^{2+}$  (Marschner 1986 Mengel y Kirkby 2000) Este elemento constituye normalmente cerca del 0.5% de la biomasa total de las plantas (Navarro y Navarro 2003)

Barber (1995) indica que el Mg se encuentra en el suelo en tres fracciones como 1) Cation intercambiable en el complejo de cambio esta forma es la mas importante pues permite determinar el magnesio disponible 2) Constituyente de minerales en esta el magnesio es un componente de los minerales primarios del suelo como el proceso de descomposicion de minerales es muy lento esta forma de magnesio no esta disponible para las plantas 3) En la solucion del suelo en esta forma se encuentra en equilibrio con el magnesio intercambiable por lo tanto esta disponible para las plantas

El K es considerado el cation mas importante en la fisiologia de las plantas no solo por su contenido en los tejidos vegetales sino por las funciones que desempeña Su velocidad de absorcion es alta como consecuencia de la permeabilidad selectiva de las membranas vegetales hecho que propicia la difusion facilitada (tanto de ingreso como de salida) de este nutrimento para diversos procesos fisiologicos entre los cuales se pueden citar crecimiento meristemático estado hidrico fotosintesis y transporte a larga distancia (Marschner 1986 Mengel y Kirkby 2000)

Barber (1995) expone que el potasio en el suelo generalmente se encuentra en cuatro formas 1) Potasio estructural se encuentra en el suelo en la estructura cristalina de los feldespatos arcillas y micas 2) Potasio intercambiable es fraccion disponible del potasio en el suelo que las plantas pueden extraer facilmente 3) Potasio fijado atrapado en el espacio interior de las arcillas 4) Potasio en la solucion del suelo esta forma esta

inmediatamente disponible para las plantas. Sin embargo, las cantidades presentes en la solución del suelo son muy pequeñas.

Es el nutriente más absorbido por el cacao, seguido por el N, Ca y Mg. La cantidad exacta de nutrientes removidos por un cultivo en particular depende del estado nutricional del árbol o la planta. En promedio, 1000 kg de semilla de cacao extraen 30 kg de N, 8 kg de  $P_2O_5$ , 40 kg de  $K_2O$ , 13 kg de CaO y 10 kg de MgO (García 1993).

Respecto al Ca, este elemento forma compuestos insolubles con otros elementos en el suelo y la cantidad del mismo depende del material parental, así como de la aplicación de enmiendas y del grado de meteorización (Barber 1995).

El cultivo de cacao durante el establecimiento inmoviliza cantidades de nutrientes para formar la estructura. En la etapa productiva, esta tendencia decrece, pues gran parte de los minerales son utilizados en formación de frutos (Amores 1992).

Saenz (1990) resalta la importancia de suministrar los nutrientes adecuados acorde con el desarrollo y la producción del cultivo en general, e incluye estimativos de la cantidad de nutrientes absorbidos por el cacao en distintos estados de desarrollo.

En el CUADRO 2.1 se observan las estimaciones de la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta de cacao en diferentes estados de desarrollo.

CUADRO 2 1 Estimativa de la cantidad de nutrimentos absorbidos por plantas de cacao en diferentes estados de desarrollo

Estado de planta	Edad de la planta (meses)	Requerimiento nutricional				
		kg ha <sup>-1</sup>				
		N	P	K	Ca	Mg
Vivero	2 6	2 4	0 6	2 4	2 3	1 1
Crecimiento	28	136	14	151	115	47
Produccion	50	458	48	633	373	129

*Fuente Saenz 1990*

Segun Uribe Mendez y Mantilla (2009) los agricultores estan tratando de introducir mejoras en el sistema ya sea por medio de un mejor balance de nutrimentos adecuadas epocas y formas de aplicacion de los fertilizantes buscando elevar la eficiencia de uso de nutrimentos por medio de un mejor manejo de los residuos del cultivo para reducir la erosion y mejorar la calidad del suelo o por medio de fajas de filtracion que controlen la escorrentia superficial e intercepten los nutrimentos que podrian perderse del campo

Segun Garcia (1993) la remocion de nutrimentos por el cultivo de cacao se incrementa rapidamente durante los primeros 5 años despues de la siembra y luego tiende a establecerse manteniendo esa tasa de absorcion por el resto de la vida util de la plantacion

Para Barbazan (1998) la concentracion de un nutrimento en una planta no es un valor fijo sino que varia debido a varias causas La diferencia entre la velocidad de crecimiento de la planta y la de absorcion de un nutrimento puede producir acumulacion o dilucion de este dentro de una planta

Barbazan (1998) indica que a medida que el crecimiento de una planta progresa ocurren marcados cambios en la concentración de nutrimentos en los tejidos o partes de la planta

El efecto de la posición en el muestreo del tejido foliar puede ser minimizado seleccionando hojas completamente desarrolladas tomadas al azar de varios árboles a la misma altura (Wolf 1982)

La máxima producción de cacao resultará de la combinación de un sombrero moderado con un suelo de fertilidad natural elevada o adecuadamente fertilizado (Compañía Nacional de Chocolates 1988)

### 3.5 Velocidad de infiltración y conductividad hidráulica

La estimación de la velocidad de infiltración y la conductividad hidráulica es de gran importancia debido a su aplicación en el sector agrícola y ambiental dado que permite cuantificar la importancia de la escorrentía la erosión disponibilidad de sedimentos la capacidad de recarga de acuíferos definir la operación de sistemas de riego y estudiar los efectos de diferentes prácticas de uso de suelos (Iroume y Schafer 2000)

La disminución de la velocidad de infiltración estaría asociada a la compactación del horizonte superficial y sub superficial (Becker 2006)

### 3.6 Diametro a la altura del pecho (DAP 1.30 cm)

El CUADRO 2.2 muestra los valores de diametro a la altura del pecho (DAP) para distintas edades reportados por Aristizabal et al (2001)

CUADRO 2.2 Diametro a la altura del pecho por edad de plantacion

	ANOS								
EDAD	2	3	5	6	9	11	13	40	
DAP (cm)	3.36	4.82	7.34	7.90	8.83	10.10	12.34	20.50	

*Fuente* Aristizabal et al (2001)

### 3.7 Respiracion del suelo (R<sub>S</sub>)

La R<sub>S</sub> es la produccion de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como resultado de la actividad biologica en el suelo realizada por microorganismos raices vivas y microorganismos tales como lombrices nematodos o insectos (Parkin et al 1996)

La R<sub>S</sub> integra la respiracion radicular la actividad heterotrofa de los edafobiontes que reciclan el carbono procedente de la caida de hojarasca y en menor proporcion la oxidacion quimica de los compuestos de C contenidos en el horizonte organico del suelo (Lloyd y Taylor 1994 Raich y Tufekcioglu 2000)

En el CUADRO 2.3 se observan los indices generales para la respiracion del suelo y estado del suelo en condiciones optimas de temperatura y humedad

CUADRO 2 3 Índices generales para clases de respiración del suelo y estado del suelo en condiciones óptimas de temperatura y humedad primordialmente para uso agrícola

Respiración del suelo kg C (en CO <sub>2</sub> )/ha/día	Clase	Estado del suelo
1 0	Sin actividad del suelo	El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril
2 < 10 64	Actividad del suelo muy baja	El suelo ha perdido mucha materia orgánica disponible y presenta poca actividad biológica
3 10 64 - 17 92	Actividad del suelo moderadamente baja	El suelo ha perdido parte de la materia orgánica disponible y la actividad biológica es baja
4 17 92 - 35 84	Actividad del suelo mediana	El suelo se está aproximando o alejando de un estado ideal de actividad biológica
5 35 84 - 71 68	Actividad del suelo ideal	El suelo se encuentra en un estado ideal de la actividad biológica y posee adecuada materia orgánica y activas poblaciones de microorganismos
6 > 71 68	Actividad del suelo inusualmente alta	El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbiana y tiene elevados niveles de materia orgánica disponible posiblemente a través del agregado de grandes cantidades de materia orgánica fresca o abonos

*Fuente USDA (1999)*

## 4 MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Metodología

#### 4.1.1 Área del Estudio

El estudio fue realizado en suelos de productores de cacao en el Distrito de Almirante provincia de Bocas del Toro

La clasificación climática según McKay (2000) presenta un Clima Tropical Oceanico. El promedio anual de temperatura está entre los 25 y 27 °C. Los totales anuales de precipitación son elevados alcanzando los 4 346 mm. Este clima no posee estación seca y en todos los meses precipitan más de 100 mm de lluvia. Los vientos alisios provenientes del Norte y del Nordeste provocan lluvias orográficas copiosas (ANAM 2010)

Los análisis de suelos mostrados en el CUADRO 4 se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá con ubicación geográfica en el regimiento de Divisa corregimiento de Los Canelos distrito de Santa María provincia de Herrera



CUADRO 2 4 Características físicas químicas y biológicas de los suelos de Nuevo Paraiso Almirante 2016

Variables	Media	D E	Min	Max
NT(%)	0.08	0.03	0.06	0.12
P (mgkg <sup>-1</sup> )	0.001	0.00	0.001	0.001
K (cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup> )	0.26	0.01	0.25	0.27
Ca (cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup> )	16.80	1.49	15.10	17.90
Mg (cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup> )	9.77	1.21	8.50	10.90
pH	5.20	0.78	4.60	5.70
CO%	0.96	0.34	0.72	1.54
C/N	11.47	0.28	11.14	11.63
CICE	26.85	2.58	23.86	28.57
Ca/Mg	1.73	0.11	1.60	1.81
(Ca + Mg)/K	103.16	12.24	89.71	113.65
K/Mg	0.03	0.058	0.02	0.030
Mg/K	57.89	4.83	32.31	40.88
Ca/K	65.27	7.89	57.40	73.18
K/CICE	0.97	0.12	0.87	1.10
Ca/CICE	62.67	1.55	60.91	63.83
Mg/CICE	56.36	1.56	35.30	38.16
*R S	358	0.00	58	358
<b>(kg C (en CO<sub>2</sub>)/ha/día)</b>				
D <sub>a</sub> (gcm <sup>-3</sup> )	1.14	0.02	1.13	1.16
Arena (%)	58.67	8.33	52.00	68.00
Limo (%)	25.35	5.03	20.00	50.00
Arcilla (%)	16.00	3.46	12.00	18.00

*Donde* NT = nitrógeno total P = fósforo K = potasio Ca = calcio  
Mg = magnesio pH = potencial de hidrógeno CO = carbono orgánico  
CICE = capacidad de intercambio catiónico efectivo Da = densidad  
aparente

\*R S = respiración del suelo

D E = Desviación estándar

#### 4.1.2. Fase de Tratamientos

Se seleccionó un área total de 1000 m<sup>2</sup>, contando con un área efectiva de 720 m<sup>2</sup>, donde se ubicó el experimento que consistió de 5 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, siguiendo un diseño estadístico de bloques completos al azar, para minimizar el efecto de la variabilidad espacial del suelo. Cada parcela consistió de un área de 48 m<sup>2</sup> conteniendo seis árboles con un espaciamiento de 4 m uno del otro.

Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0.30 metros y tejido vegetal (hojas) antes de aplicar los tratamientos y seis meses después de la aplicación.

Se midió altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP), antes y después de aplicar los tratamientos, para determinar el incremento medio anual tanto en altura como en DAP, utilizando formulas descritas por Imaña y Encinas, (2008) (FIGURA 2-1).



FIGURA 2- 1. Medición de altura total y diámetro a la altura del pecho

En donde:  $ICA = Y_{(t+1)} - Y_{(t)}$

ICA: Incrementos corriente anual

Y: Dimensión de la variable considerada

t: Edad

Para el Incremento medio anual (IMA), la formula se describe como:

$$IMA = Y_t / t_0$$

Dónde:

Y= Dimensión de la variable considerada

$t_0$ = Edad a partir del tiempo cero

Se caracterizó el abono orgánico para conocer los niveles de nutrimentos contenidos en este; según metodología utilizada por el Laboratorio de Suelos del IDIAP (Villarreal y Name, 1996).

Los tratamientos fueron aplicados por árbol, incorporados al suelo, para evitar el deslave por las lluvias o corrientes superficiales, existentes en el área (FIGURA 2-2).



FIGURA 2- 2. Vista del área antes de las aplicaciones de tratamientos de abono orgánico

En el CUADRO 2-5, se observan las características químicas del abono comercial

CUADRO 2 5 Características químicas del abono comercial

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CO	Cu	Zn	Fe	Mn	C E	pH	C/N
			%			mg/kg			dSm <sup>-1</sup>			
0.76	1.68	0.41	3.37	1.76	8.20	87	397	28000	5.32	4.70	7.2	10.79

*Fuente Laboratorio de Fertilidad de Suelos IDIAP 2016*

Para conocer el estado nutricional de la planta se hizo un muestreo de tejido foliar en la segunda (2) y tercera (3) hoja completamente verde mas proxima a retoño (Bowen 1978)

Tomando en cuenta los cuatro puntos cardinales por tratamiento se recolecto una cantidad de 10 hojas por muestreo haciendo un total de 40 hojas por tratamiento. El muestreo foliar se realizo antes y seis meses despues de aplicados los tratamientos

En el CUADRO 2 6 se indican los tratamientos utilizados en el experimento

CUADRO 2 6 Tratamientos que se utilizaron en el experimento

Tratamientos	1	2	3	4	5
Dosis (ton/ha)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0

*Fuente Autor*

En el CUADRO 2 7 se presenta el aporte nutricional del abono organico que se aplico al suelo por tratamientos en kg/ha<sup>1</sup>

CUADRO 2 7 Aporte nutricional del abono organico aplicado al suelo por tratamientos en kg ha<sup>-1</sup>

Trat	Dosis	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
	tonha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>								
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	38.0	36.96	17.02	119.6	52.8	0.43	2.0	159.9	0.03
3	10	76.0	73.93	34.03	239.3	105.6	0.90	4.0	279.8	0.05
4	15	114.0	110.88	51.05	358.9	158.4	1.30	6.0	419.7	0.08
5	20	152.0	147.87	68.0	478.5	211.2	1.74	7.9	559.6	0.11

*Fuente Autor*

Se compararon los niveles de nutrimentos en el tejido foliar con los valores publicados por Mills Benton y Jones (1990)

En el CUADRO 2 8 se muestran los resultados del analisis del contenido de nutrimentos en la hojarasca de arboles de cacao en el area del estudio

CUADRO 2 8 Composicion de la hojarasca de arboles de cacao colectada en el area del estudio

MO	C	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Mn	Fe	Zn	Cu	C/N
%									mg kg <sup>-1</sup>		
15.07	8.76	1.48	0.15	0.46	0.25	0.79	100	570	230	20	5.92

*Fuente Autor*

#### 4.2 Fase de Laboratorio

Las propiedades fisicas quimicas y biologicas de los suelos se determinaron segun metodologias descritas en el manual Tecnico del Laboratorio de Suelos del IDIAP (Villarreal y Name 1996)

### 4.3 Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de varianza para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y de regresión para determinar la dosis óptima para el cultivo. Se realizó entre los tratamientos–prueba t de Student para comparar las propiedades del suelo antes y después de aplicar los tratamientos.

El modelo de regresión polinómica de tercer grado que mejor se ajustó fue el siguiente

$$Y_i = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + a_3x_i^3 + E_i$$

#### Donde

Para  $Y_i$  = Contenido de nutrientes en  $\text{kg ha}^{-1}$  o en %

$(a_0, a_1, a_2, a_3)$  = Coeficientes polinomiales

$E_i$  = desviación entre el modelo y cada lectura

El  $R^2$  mide la proporción de la variabilidad en los datos dependientes o  $Y$  con respecto a la variable independiente o  $X$  que es aplicada por el modelo de regresión (Gutierrez y De La Vara 2013)

#### 4 3 1 Parametros evaluados

##### 4 3 1 1 Variables medidas

**En plantas de cacao** Altura total (H) en metros diametro a la altura del pecho (DAP)  
en metros

**En Laboratorio (suelo)** Textura densidad aparente capacidad de intercambio cationico bases intercambiables contenido de cobre hierro cinc manganeso calcio magnesio fosforo materia organica potasio nitrogeno aluminio aluminio extraible potencial de hidrogeno y conductividad electrica

**En Laboratorio (tejido foliar)** Niveles de nitrogeno fosforo potasio calcio magnesio cobre zinc hierro manganeso

##### 4 3 1 2 Variables de Respuesta

#### **Edaficas**

- **Fisicas** textura del suelo raices presentes densidad aparente segun metodologia por Villarreal y Name (1996)
- **Quimicas** cobre hierro zinc manganeso calcio magnesio fosforo materia organica potasio nitrogeno aluminio potencial de hidrogeno

- **Biologicas** Respiracion microbiana en el suelo segun Metodologia del USDA (1999)
- Se compararon los indices de respiracion microbiana con los valores reportados por la USDA (1999)

#### 4 3 1 3 Variables medidas en el Cultivo

- Se determino el contenido foliar de macro y micro nutrimentos segun metodologia descrita por Villarreal y Name (1996) por cada tratamiento descrito anteriormente
- Se determino la altura y el diametro a la altura del pecho (1 30m)



## 5 RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Contenidos de nutrimentos en el tejido foliar en cada tratamiento

En el CUADRO 2.9 se observa que se encontraron variables estadísticamente significativas como el porcentaje de K, Ca y Mg, no así las variables de N y P.

En el caso del N no hubo diferencias significativas con el testigo, todo indica que ocurrió una inmovilización temporal del N. En el caso del Mg, el tratamiento de 5 tonha<sup>1</sup> fue el mejor.

Tal como indica Boswell (1985), lo opuesto a la mineralización es la inmovilización, que es el proceso por el cual los microorganismos absorben el N inorgánico incorporándolo dentro de su estructura, y por lo tanto lo inmovilizan temporalmente para las plantas.

En el caso del P, K y Ca, hubo diferencias significativas con respecto al testigo. El mejor tratamiento para estas dos variables fue el de 20 tonha<sup>1</sup>.

El coeficiente de variación obtenido en esta investigación para las distintas variables mediadas es aceptable lo cual indica que fue manejada adecuadamente ya que el intervalo aceptable según la literatura oscila de 1 a 20 % (Little y Hills 1989)

CUADRO 2 9 Análisis de varianza y comparación de medias para el N P K Ca y Mg en el tejido foliar de árboles de cacao en cada tratamiento Almirante 2016

Fuente de V	gl	%				
		N	P	K	Ca	Mg
<b>Cuadrados medios</b>						
Bloque	2	0.03 <sup>ns</sup>	2.5E <sup>-04</sup> <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	4.0E <sup>-03</sup> <sup>ns</sup>	2.0E <sup>-03</sup> <sup>ns</sup>
Tratamiento	4	0.03 <sup>ns</sup>	4.8E <sup>-04</sup> <sup>ns</sup>	0.15 <sup>**</sup>	0.04 <sup>**</sup>	0.01 <sup>**</sup>
Error	8	0.02	2.2E <sup>-04</sup>	3.6E <sup>-03</sup>	2.7E <sup>-03</sup>	1.2E <sup>-04</sup>
<b>CV%</b>		8.74	7.89	4.84	9.58	3.31
<b>Tratamiento (ton·ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>Medias (%)</b>				
0		1.82 <sup>a</sup>	0.17 <sup>b</sup>	1.05 <sup>c</sup>	0.42 <sup>c</sup>	0.32 <sup>b</sup>
5		1.84 <sup>a</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	1.25 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.41 <sup>a</sup>
10		1.58 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	1.10 <sup>c</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.24 <sup>c</sup>
15		1.75 <sup>a</sup>	0.20 <sup>ab</sup>	1.19 <sup>b/c</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.31 <sup>c</sup>
20		1.67 <sup>a</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	1.61 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.34 <sup>b</sup>
<b>media</b>		1.732	0.19	1.24	0.546	0.324

**Nota** En los cuadrados medios (ns= no estadísticamente significativo) doble asterisco (\*\*)=altamente significativos  $p < 0.001$

En las medias de los tratamientos las letras iguales no presentaron diferencias estadísticamente significativas  $p < 0.05$

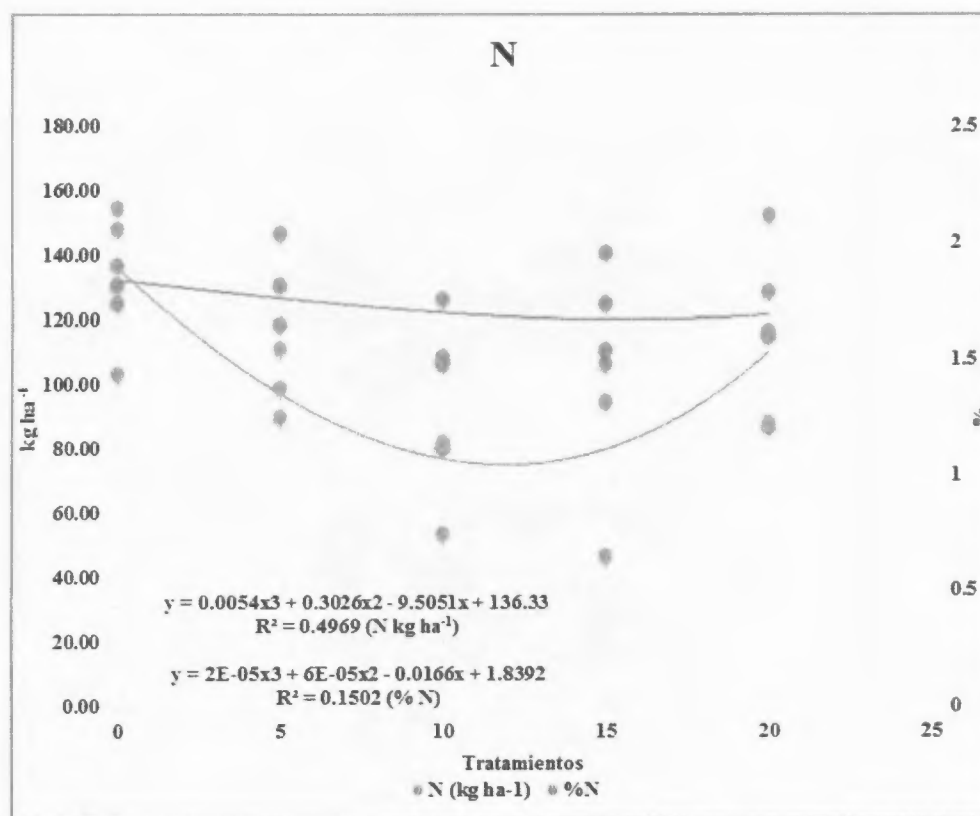
5.2 Contenido de N P K Ca y Mg en tejido foliar de árboles de cacao orgánico según dosis de abono orgánico seis meses después de la aplicación

En las FIGURAS 2.3 al 2.7 se puede apreciar el porcentaje de nutrimentos absorbidos por el tejido foliar de los árboles de cacao según la dosis de abono orgánico aplicado. Se observa que la dosis de 20 ton ha<sup>-1</sup> presentó el mayor contenido de K y Ca.

Se verifica que el N, P y Mg presentaron una menor absorción comparado con el testigo. Este comportamiento inicial pudo obedecer a que ocurrió una inmovilización de los nutrimentos comentado anteriormente, la cual se presentó al aplicarse el abono orgánico.

En otras palabras, la cantidad de nutrimentos en la planta depende de los procesos que se desarrollan en el suelo, lo que implica que cuando la disponibilidad excede a la demanda, varios son los procesos que actúan para evitar dicho exceso. Estos procesos incluyen transformaciones por microorganismos como la inmovilización y fijación (Shaviv y Mikkelsen 1993).

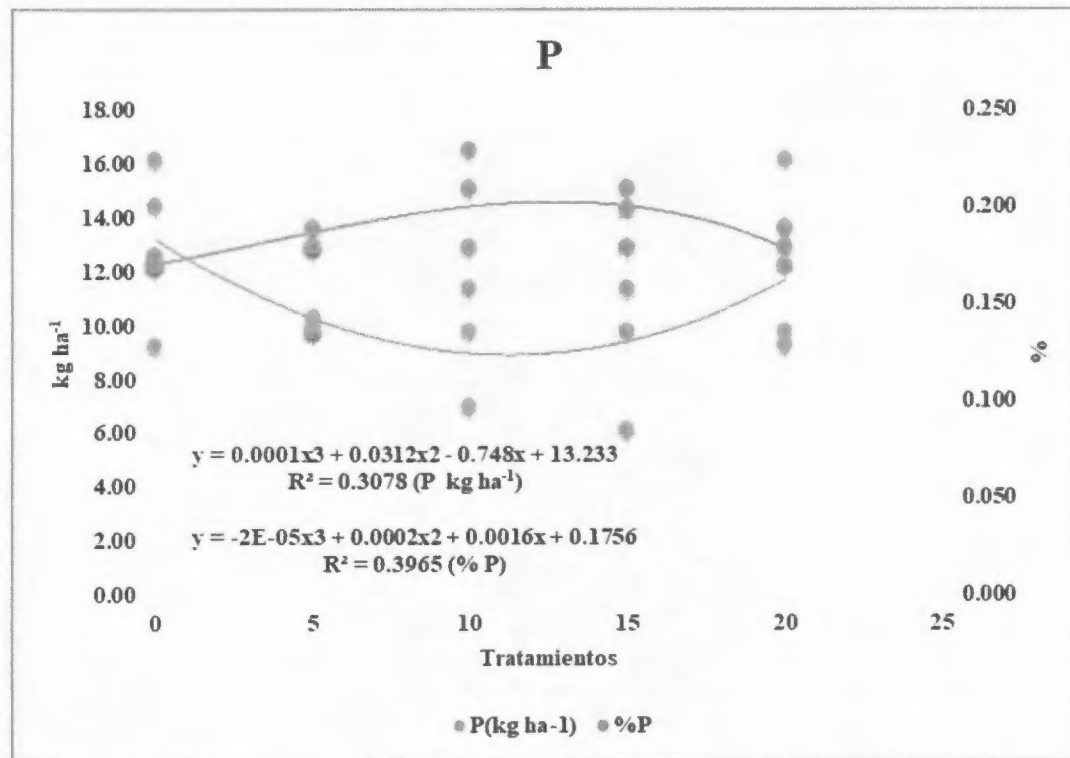
Las formas disponibles de fósforo son consumidas por microorganismos, es decir, que el fósforo se convierte en fósforo orgánico con representación en la biomasa, el cual permanece inmovilizado y no estará disponible hasta que sea liberado por la biomasa microbiana (Fernández et al. 2005).



**Figura.2-3.** Contenidos de N, en tejidos foliares de árboles de cacao orgánicos en kg ha<sup>-1</sup> y %, seis meses después de la aplicación del abono orgánico.

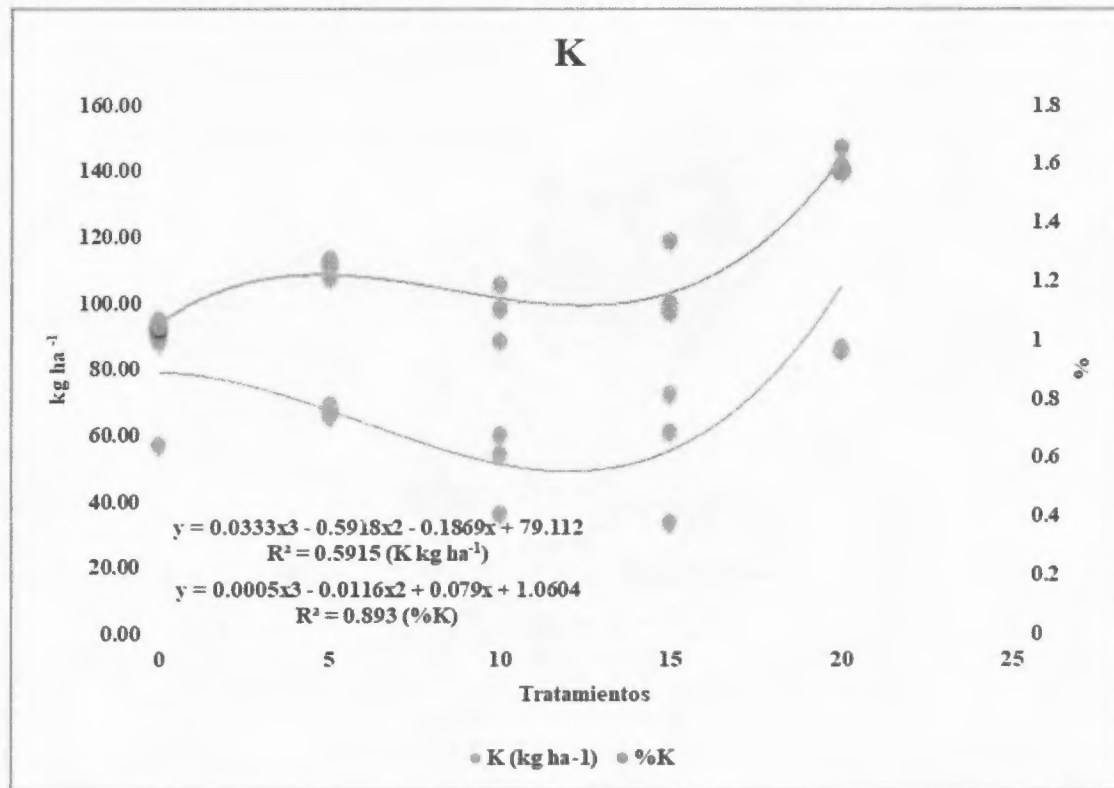
$R^2 = 0.4969$  (N kg ha<sup>-1</sup>) y  $0.1502$  (% N)

*Fuente: Exclusiva del autor*



**Figura.2-4.** Contenidos de P, en tejidos foliares de árboles de cacao orgánicos en kg ha<sup>-1</sup> y %, seis meses después de la aplicación del abono orgánico.  
 $R^2 = 0.3078$  (P kg ha<sup>-1</sup>) y  $0.3965$  (% P)

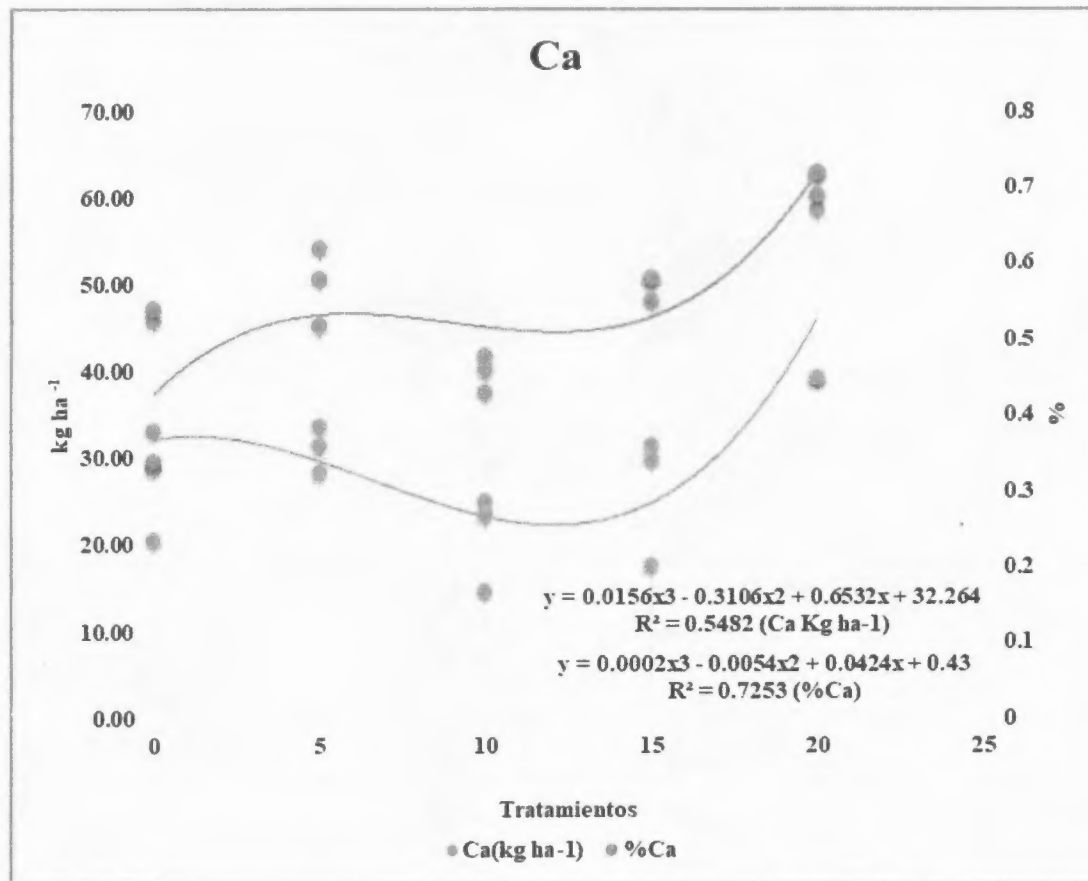
*Fuente: Exclusiva del autor*



**Figura.2-5.** Contenidos de K, en tejidos foliares de árboles de cacao orgánicos en kg ha<sup>-1</sup> y %, seis meses después de la aplicación del abono orgánico.

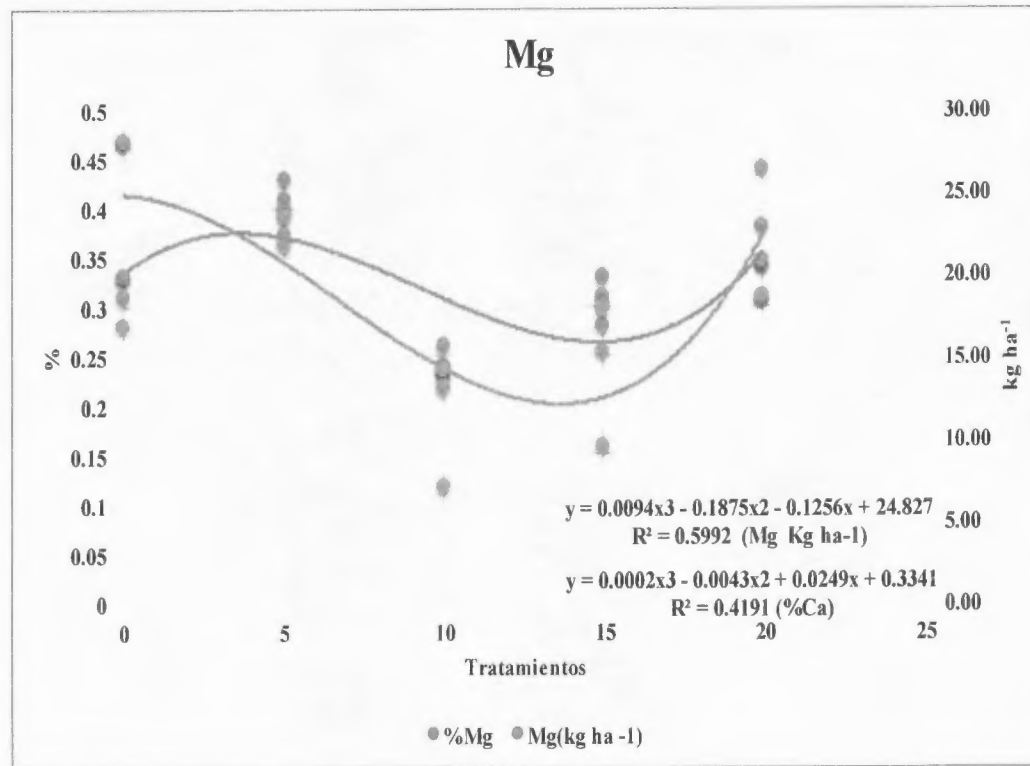
$R^2 = 0.5915$  (K kg ha<sup>-1</sup>) y  $0.893$  (% K)

*Fuente: Exclusiva del autor*



**Figura.2-6.** Contenidos de Ca, en tejidos foliares de árboles de cacao orgánicos en kgha<sup>-1</sup> y %, seis meses después de la aplicación del abono orgánico.  
 $R^2 = 0.5482$  (Ca kg ha<sup>-1</sup>) y  $0.7253$  (% Ca)

*Fuente: Exclusiva del autor*



**Figura.2-7.** Contenidos de Mg, en tejidos foliares de árboles de cacao orgánicos en kg ha<sup>-1</sup> y %, seis meses después de la aplicación del abono orgánico.  
 $R^2 = 0.5992$  (Mg kg ha<sup>-1</sup>) y  $0.4191$  (% Mg)

**Fuente:** Exclusiva del autor

Comparando los valores de extracción de nutrientes por el tejido foliar de árboles de cacao en Almirante, Bocas del Toro (CUADRO 2- 10), con los presentados por Wolf, Jones y Mills (1990), se puede apreciar que el valor máximo de N, obtenido en el tratamiento al aplicar 5 tonha<sup>-1</sup>, concuerda con los intervalos de concentración presentados por estos autores.

Para el P, todos los tratamientos coincidieron con los obtenidos por Wolf, Jones y Mills (1990). En el caso del K, los valores de los tratamientos de 15 y 20 tonha<sup>-1</sup> estaban dentro de los niveles publicados por Wolf, Jones y Mills (1990).



Para el Ca el tratamiento de 0 tonha<sup>1</sup> se observo dentro de las concentraciones indicadas por estos autores El resto de los tratamientos superaron los publicados por Wolf Jones y Mills (1990) Segun Barber 1995 Ca forma compuestos insolubles con otros elementos en el suelo y la cantidad del mismo depende del material parental aplicado ya sea por enmiendas u otras fuentes y del grado de meteorizacion Con respecto al Mg todos los valores fueron inferiores a los reportados por Wolf Jones y Mills (1990)

CUADRO 2 10 Valores minimos medios y maximos de nutrimentos extraidos en el tejido foliar segun cada tratamiento

Cantidad de fertilizante organico Aplicado tonha <sup>1</sup>	Valores minimos maximos medias de Extraccion de nutrimentos en las hojas				
	N	P	K	Ca	Mg
	Valores minimos medios máximos				
0	1.74-1.82-1.90 (0.08)	0.17-0.18-0.19 (0.01)	1.04-1.05-1.07 (0.02)	0.34-0.42-0.54 (0.11)	0.31-0.32 (0.01)
5	1.65-1.84-2.04 (0.19)	0.18-0.18-0.19 (0.01)	1.21-1.25-1.28 (0.04)	0.52-0.57-0.62 (0.05)	0.40-0.41 (0.02)
10	1.48-1.58-1.76 (0.15)	0.18-0.21-0.23 (0.03)	1.00-1.10 (0.10)	0.43-0.46-0.48 (0.03)	0.23 (0.02)
15	1.54-1.54-1.96 (0.21)	0.18-0.20-0.21 (0.02)	1.10-1.19-1.34 (0.13)	0.55-0.57-0.58 (0.02)	0.28-0.31 (0.03)
20	1.60-1.67-1.79 (0.10)	0.17-0.18-0.19 (0.01)	1.58-1.61-1.66 (0.04)	0.69-0.70-0.72 (0.02)	0.31-0.34 (0.04)
Tabla de Wolf B Jones J B Mills H 1990	2 0 2 5	0 18	1 3 2 2	0 40	0 45

*Nota* Valores entre parentesis indica la Desviacion Estandar

*Fuente* Exclusiva del autor

### 5.3 Determinación del crecimiento de plantas de cacao orgánico por medio del diámetro a la altura del pecho (DAP)

En el Cuadro 2.11 se presentan los resultados obtenidos en análisis de varianza y comparación de medias por Duncan para las variables diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura en plantación de dos años.

En el análisis de varianza para los cuadrados medios de los bloques y tratamientos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Para las comparaciones de las medias de las variables altura y DAP no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, se observó que en los tratamientos con aplicaciones de 10 y 20 toneladas por hectárea los árboles presentaron mayor altura con respecto a los demás.

Los valores reportados en el CUADRO 2.11 para la variable DAP coinciden con los reportados por Aristizabal et al. (2001) en donde para árboles con edad de dos años encontraron un valor de DAP de 3.36 cm. Los resultados de DAP encontrados en este experimento se mantienen dentro de ese intervalo.

El coeficiente de variación obtenido para las variables medidas es aceptable, lo cual indica que fue manejada adecuadamente, ya que el intervalo aceptable según la literatura oscila de 1 a 20 % (Little y Hills, 1989).

CUADRO 2 11 Analisis de varianza y comparacion de medias para crecimiento en diametro y altura total en plantaciones de cacao de dos años Almirante Bocas del Toro 201

Fuente de V	gl	AT	DAP
		m <sup>2</sup>	cm
<b>Cuadrados medios</b>			
Bloque	2	8.60 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>
Tratamiento	4	7.10 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>
Error	8	12.71	0.32
<b>CV%</b>		10.15	13.84
<b>Tratamiento (ton/ha<sup>-1</sup>)</b>		<b>Medias</b>	
0		3.24 <sup>a</sup>	4.67 <sup>a</sup>
5		3.39 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>
10		3.60 <sup>a</sup>	3.67 <sup>a</sup>
15		3.26 <sup>a</sup>	3.67 <sup>a</sup>
20		3.58 <sup>a</sup>	4.33 <sup>a</sup>
<b>media</b>		3.41	4.07

*En las medias de los tratamientos las letras iguales no presentaron diferencias estadísticamente significativas  $p < 0.05$*

**Fuente** Exclusiva del autor

En los CUADROS 2 12 al 2 15 se observan los resultados de la Prueba t de Students para el contenido de N P K Ca Mg materia organica CICE y pH del suelo por tratamientos seis meses despues de aplicadas las diferentes dosis de abono organico

En el CUADRO 2 12 se puede apreciar la prueba t para las variables del suelo en el tratamiento de 5 tonha<sup>1</sup>

El N y el pH obtuvieron valores altamente significativos menores de  $p < 0.01$  Esto significa que en este tratamiento la aplicacion de enmiendas organicas mejoro estas propiedades quimicas del suelo

El Mg presento diferencias significativas a  $p < 0.05$  pero esta diferencia consistio en que esta variable bajo su contenido despues de aplicados los tratamientos

A pesar de que el P Ca y la materia organica presentaron un incremento seis meses despues de la aplicacion de los tratamientos no se observaron diferencias estadisticamente significativas ( $p < 0.05$ )

CUADRO 2 12 Prueba t de student para variables edaficas del suelo en el tratamiento de 5 tonha<sup>1</sup>

Mes	Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	N(1)	N(2)	Media (1)	Media (2)	T	gl	P valor	Prueba
Mes	N(%)	Antes	Despues	3	3	0.08	0.25	5.04	4	0.0073	Bil
Mes	P (mgkg <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	1.00E-3	21.69	3.75	4	0.0644	Bil
Mes	K (cmolkg <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	0.26	0.23	1.71	4	0.1615	Bil
Mes	Ca (cmolkg <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	16.80	17.67	0.94	4	0.4015	Bil
Mes	Mg (cmolkg <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	9.77	7.37	5.14	4	0.0355	Bil
Mes	pH	Antes	Despues	3	3	4.87	5.90	4.90	4	0.008	Bil
Mes	M O(%)	Antes	Despues	3	3	1.65	2.72	2.44	4	0.0715	Bil
Mes	CICE (%)	Antes	Despues	3	3	26.83	26.57	0.16	4	0.881	Bil

*Fuente Exclusiva del autor*

\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.05$

\*\* Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.01$

En el CUADRO 2 13 se presentan las pruebas t de Student para el tratamiento de 10 ton ha<sup>1</sup> El pH fue altamente significativo ( $p < 0.01$ ) el N y Ca obtuvieron valores de significancias de ( $p < 0.05$ ) Esto significa que en este tratamiento la aplicacion de enmiendas organicas mejoro estas propiedades quimicas del suelo El K presento significancia de  $p < 0.05$  pero su contenido bajo despues de los seis meses de aplicado los tratamientos El Mg no fue significativo y sus contenidos bajaron

Específicamente para los elementos como el Ca Mg y K existe un antagonismo con el K (uno se opone al otro) claramente establecidos en la absorción foliar que resulta ser similar en el suelo. Altas concentraciones de Ca y/o Mg corresponden a bajas concentraciones de K y viceversa (Narwal et al 1985). Similarmente señaló Rodríguez (1982) que por problemas de competencia Única en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad.

Las interacciones existentes entre el Ca Mg y K en el suelo se deben ver en forma integral como un todo y no como elementos por separados (Bertsch 1995).

Las variables como el P M O y CICE presentaron un incremento no estadísticamente significativo pero contribuyeron a mejorar los niveles de nutrientes del suelo.

CUADRO 2.13 Pruebas t de Student para el tratamiento de 10 tonha<sup>1</sup>

Mes	Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	N(1)	N(2)	Media (1)	Media (2)	T	gl	P valor	Prueba
Mes	N(%)	Antes	Después	3	3	0.08	0.22	3.01	4	0.0394*	Bil
Mes	P (mg/kg)	Antes	Después	3	3	1.00E-3	10.00	2.40	4	0.1383	Bil
Mes	K (cmol/kg)	Antes	Después	3	3	0.26	0.22	5.12	4	0.0354*	Bil
Mes	Ca (cmol/kg)	Antes	Después	3	3	16.80	22.27	3.78	4	0.0195	Bil
Mes	Mg (cmol/kg)	Antes	Después	3	3	9.77	8.57	1.83	4	0.1413	Bil
Mes	pH	Antes	Después	3	3	4.87	6.10	7.89	4	0.0014	Bil
Mes	M'O(%)	Antes	Después	3	3	1.65	2.41	1.02	4	0.3645	Bil
Mes	CICE (/)	Antes	Después	3	3	26.83	31.06	2.26	4	0.0865	Bil

*Fuente Exclusiva del autor*

\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.05$

\*\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.01$

En el CUADRO 2 14 se presentan las pruebas t de Student para el tratamiento de 15 ton ha<sup>1</sup>. El N y el pH obtuvieron valores de significancias menores de  $p < 0.05$ . Esto significa que en este tratamiento la aplicacion de enmiendas organicas mejoro estas propiedades quimicas del suelo.

El Mg obtuvo valores significativos de  $p < 0.05$  aunque su contenido disminuyo despues de aplicado el abono organico. Esta explicacion ya se comento en el CUADRO 2 13.

Las variables como el P, Ca y M O presentaron un incremento no estadisticamente significativo pero contribuyeron a mejorar los niveles de nutrimentos en el suelo.

CUADRO 2 14 Pruebas de t de Student para el tratamiento de 15 tonha<sup>1</sup>

Mes	Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	N(1)	N(2)	Media (1)	Media (2)	T	gl	P valor	Prueba
Mes	N(%)	Antes	Después	3	3	0.08	0.25	3.25	4	0.0315	Bil
Mes	P (mg/kg)	Antes	Después	3	3	1.00E-3	48.13	2.94	4	0.0986	Bil
Mes	K (cmol/kg)	Antes	Después	3	3	0.26	0.26	0.17	4	0.8709	Bil
Mes	Ca (cmol/kg)	Antes	Después	3	3	16.80	18.77	1.35	4	0.2492	Bil
Mes	Mg (cmol/kg)	Antes	Después	3	3	9.77	7.50	5.06	4	0.0376	Bil
Mes	pH	Antes	Después	3	3	4.87	5.83	3.24	4	0.0316	Bil
Mes	M <sup>2</sup> O(%)	Antes	Después	3	3	1.65	2.16	0.98	4	0.3826	Bil
Mes	CICE (%)	Antes	Después	3	3	26.83	26.70	0.06	4	0.9544	Bil

*Fuente:* Exclusiva del autor.

\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.05$ .

Los resultados de las pruebas t de Student para el tratamiento de 20 tonha<sup>1</sup> son presentados en el CUADRO 2 15.

En el CUADRO 2 15 el N obtuvo un valor altamente significativo ( $p < 0.01$ ) el Ca obtuvo valores de significancias de ( $p < 0.05$ ) Esto significa que en este tratamiento la aplicacion de enmiendas organicas mejoro estas propiedades quimicas del suelo

Todo el resto de las variables de este tratamiento presentaron un incremento considerable aunque no mostraron diferencias estadisticamente significativas

Trabajos previamente realizados en cacaotales de Venezuela y Centro America han reportado contenidos de Ca y Mg mas elevados que los encontrados en este estudio (Cerde 2008 Lopez et al 2007)

CUADRO 2 15 Pruebas de t de Student para el tratamiento de 20 tonha<sup>1</sup>

Mes	Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	N(1)	N(2)	Media (1)	Media (2)	T	gl	P valor	Prueba
Mes	N (/)	Antes	Despues	3	3	0.08	0.27	9.16	4	0.0008	Bil
Mes	P (mgkg <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	1.00E-3	112.05	1.65	4	0.241	Bil
Mes	K <sup>+</sup> (cmolk <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	0.26	0.26	0.24	4	0.8236	Bil
Mes	Ca (cmolk <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	16.80	21.33	3.04	4	0.0375	Bil
Mes	Mg (cmolk <sup>-1</sup> )	Antes	Despues	3	3	9.77	16.93	3.76	4	0.0198	Bil
Mes	pH	Antes	Despues	3	3	4.87	6.20	5.90	4	0.1938	Bil
Mes	M <sup>2</sup> O <sub>3</sub> (/)	Antes	Despues	3	3	1.65	3.04	1.56	4	0.3831	Bil
Mes	CICE (/)	Antes	Despues	3	3	26.83	28.73	0.98	4	0.3831	Bil

**Fuente** Exclusiva del autor

\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.05$

\*\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.01$

En el CUADRO 2 16 se presentan los resultados de las relaciones entre los elementos Ca Mg y K en el suelo antes y despues de aplicados los tratamientos Se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en los tratamientos de 5 10 y 20 tonha<sup>1</sup> con

valores de significancia en la relacion de  $\text{Ca/Mg} = 0.0031$ ,  $0.0095$  y  $0.0034$  respectivamente

Tambien se observaron en la relacion  $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$  diferencias significativas con valores de  $p < 0.05$  en el tratamiento de  $10 \text{ tonha}^{-1}$ . Las otras relaciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los distintos tratamientos a pesar que aumentaron sus valores promedios en el suelo

Las relaciones como  $\text{Ca/Mg}$ ,  $\text{Mg/K}$ ,  $\text{Ca/Mg}$  y  $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$  calculadas en este experimento son herramientas que han tratado de usarse para valorar las magnitudes de interacciones entre estos elementos sin embargo el uso de las relaciones como criterio para dar recomendaciones de dosis para estos nutrimentos no es una garantía de éxito (Henrique et al 1989)

Por otra parte no es posible utilizar los cocientes entre las bases  $\text{Mg/K}$ ,  $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$  como parametros definitivos para corregir problemas y dosificar fertilizantes de K en el suelo segun indico Bertsch (1995)



CUADRO 2 16 Relaciones entre elementos Ca Mg y K encontradas en el suelo antes y seis meses despues de aplicados los tratamientos

Trat ton ha <sup>1</sup>	Variables	Medias Antes	Medias Despues	p Valor
5	Ca/Mg	1*73	2*4	0 0031**
	(Ca+Mg)/K	103 16	107 73	0 6942
	Mg/K	37 89	31*78	0*2203
	K/Mg	0 03	0 03	0 2287
	Ca/K	65 27	75*95	0*1929
10	Ca/Mg	1 73	2 67	0 0095**
	(Ca+Mg)/K	103 16	138*72	0 0476*
	Mg/K	37 89	37 83	0 9885
	K/Mg	0*03	0 03	0*9106*
	Ca/K	65 27	100 89	0 0226*
15	Ca/Mg	1*73	2*5	0 0016*
	(Ca+Mg)/K	103 16	101 1	0 8457
	Mg/K	37*89	29*02	0 082*
	K/Mg	0 03	0 04	0 0828
	Ca/K	65*27	72*08	0 3386
20	Ca/Mg	1 73	3 09	0 0034**
	(Ca+Mg)/K	103*16	108*33	0*6472
	Mg/K	37 89	26 82	0 0581
	K/Mg	0*03	0 04	0*0855
	Ca/K	65 27	81 5	0 0683

*Fuente Exclusiva del autor*

\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0 05$

\*\* Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0 01$

En el CUADRO 2 17 se presenta la prueba t entre los tratamientos para la variable de respiracion del suelo en kg C (CO<sub>2</sub>/ha/dia)

El tratamiento con 20 tonha<sup>1</sup> presento diferencias estadisticamente significativas con respecto a los demas. A pesar de que los tratamientos de 5 y 15 tonha<sup>1</sup> no presentaron diferencias estadisticamente significativas se puede apreciar un aumento en la respiracion microbiana

Comparando los resultados medidos antes y después de aplicar los tratamientos con los resultados encontrados por USDA (1999) todos los valores superaron la misma lo que indica que el suelo tiene un elevado nivel de actividad microbiana y elevados niveles de materia orgánica disponible debido posiblemente a la constante descomposición de hojarasca y materia orgánica fresca o abonos

Como sugerido por Moorhead et al (1998) en la hojarasca se concentra una gran parte de la actividad microbiana y que ella está ligada a la descomposición de la misma por medio de los microorganismos involucrando procesos físicos y químicos que reducen la hojarasca a CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O y nutrientes minerales como N P K Na Ca Mg y S

CUADRO 2 17 Prueba t de Student para Respiración del suelo en kg C (CO<sub>2</sub>/ha/día) por tratamiento

Mes	Trat tonha	Grupo (1)	Grupo (2)	N(1)	N(2)	Media (1)	Media (2)	T	gl	P valor	Prueba
Mes	5	Antes	Después	3	3	358	529 18	1 89	4	0 198	Bil
Mes	10	Antes	Después	3	3	358	337 04	0 23	4	0 8366	Bil
Mes	15	Antes	Después	3	3	358	370 59	0 21	4	0 8502	Bil
Mes	20	Antes	Después	3	3	358	425 46	20 69	4	0 0251	Bil

*Fuente Exclusiva del autor*

*\*Valores con nivel de significancias menores a P<0 05*

Se pueden apreciar en el CUADRO 2 18 los resultados de la prueba t de Student donde se observa que existen diferencias estadísticamente significativas al aplicar los tratamientos de 15 y 20 tonha<sup>1</sup>

Esto significa que el suelo a pesar del corto periodo de evaluación por su contenido de hojarasca y la aplicación de los tratamientos mejoro considerablemente las propiedades físicas como la densidad aparente ayudando a la aireación de las raíces del cultivo de cacao

Coincidiendo con Benzing (2001) que el cultivo organico del cacao requiere de una conservacion o incremento de materia organica lo cual soluciona algunos de los problemas de fertilidad retencion adecuada del agua de la lluvia y una buena circulacion del aire en el suelo

CUADRO 2 18 Prueba de t de Student para la variable densidad aparente en  $\text{gcm}^3$  para cada tratamiento

Mes	Trat ton ha	Grupo (1)	Grupo (2)	N(1)	N(2)	Media (1)	Media (2)	T	gl	p valor	Prueba
Mes	5	Antes	Después	3	3	1.09	0.98	1.38	4	0.2408	Bil
Mes	10	Antes	Después	3	3	1.12	1.05	0.90	4	0.4192	Bil
Mes	15	Antes	Después	3	3	1.11	0.89	3.03	4	0.0371	Bil
Mes	20	Antes	Después	3	3	1.08	0.97	2.95	4	0.0419	Bil

*Fuente Exclusiva del autor*

*\*Valores con nivel de significancias menores a  $P < 0.05$*

En los CUADROS 2 19 al 2 23 se presentan las correlaciones de Pearson para las distintas variables evaluadas por tratamientos aplicados al suelo

Se observo que en el tratamiento donde no se aplico abono organico la variable K obtuvo una correlacion significativa pero negativa con la variable arcilla ( $r = -0.997$ ) debido a que el ion K esta retenido en las particulas de arcillas (CUADRO 2 19) este K es tomado gradualmente por las plantas a traves de reacciones de mineralizacion (Ardon 2015)

El Ca presento correlacion significativa positiva con la relacion C/N ( $r = 0.999$ ) esto pudo deberse a que la relacion C/N presenta valores que indicaban una buena mineralizacion Por otro lado la relacion C/N obtuvo una correlacion significativa con las

partículas granulométricas que componen la textura del suelo (arena limo y arcilla) pudiendo encontrar en todos los horizontes un buen contenido de esta relación

En el CUADRO 2 20 se observa que en el tratamiento de 5 tonha<sup>1</sup> el K obtuvo una correlación significativa negativa con el Mg ( $r = -1.000$ ) ya que los valores del K se encuentran muy bajos en este tratamiento con respecto al Mg. Existe una competencia entre estos cationes (mayor contenido de Mg menor contenido de K). Ding et al (2006) encontraron que un exceso de  $Mg^{2+}$  junto con una baja concentración de K disminuye la actividad de la enzima nitrato reductasa que participa en la concentración de azúcares en las hojas de arroz como consecuencia de un fuerte efecto antagonico

El CUADRO 2 21 muestra las correlaciones de Pearson para el tratamiento de 10 tonha<sup>1</sup> la RS presentó una correlación positiva con el pH ( $r = 0.997$ ) debido a que los microorganismos son favorecidos con un pH poco ácido. Resultados similares fueron reportados por Alvarez Solis y Anzueto (2004) en suelos agrícolas aluviales y por Armando et al (2009) en suelos con cultivos de cacao en el sur del Lago de Maracaibo (Zulia Venezuela) en donde la actividad microbiana es favorecida con pH neutros y básicos mejorando la mineralización de la materia orgánica

Las correlaciones para el tratamiento de 15 tonha<sup>1</sup> se muestran en el CUADRO 2 22. El N tiene una correlación significativa alta respecto al pH ( $r=0.998$ ) este se correlaciona positivamente ya que en un medio fuertemente ácido la descomposición se inhibe o es impedida (el pH es directamente proporcional al N) (Ortega y Mardonez 2005)

También se encontró una correlación altamente significativa pero negativa entre la variable P y la relación  $(Ca + Mg)/K$  de ( $r = -0.999$ ) con elevadas concentraciones de bases

Ca y Mg hay un aumento en el pH y puede alcalinizar el suelo hasta llegar a formar fosfato de Ca pudiendo precipitar el P

El K presento una correlacion positiva con respecto al Ca altamente significativa de ( $r = 0.997$ ) Para este mismo tratamiento se encontro una correlacion significativa pero negativa entre las relaciones de Ca/Mg con valores promedios de (2.50) con la relacion (Ca+Mg)/K ( $r = -1.000$ ) Esta relacion presento valores bajos de disponibilidad de Mg pudiendo agravarse si el cultivo agota este nutrimento Las deficiencias de Mg afectarian el rendimiento y calidad de la semilla de cacao (Uribe et al 2009)

La relacion C/N presento una correlacion positiva significativa ( $r = 0.999$ ) con el % de Arena La mayor parte del C esta asociado a las particulas de arcilla y limo y que suelos arenosos poseen una concentracion de C hasta siete veces superior en sus particulas de arcilla y limo que suelos arcillosos (Christensen 1992)

En el CUADRO 2.23 se muestran los resultados de las correlaciones para el tratamiento de 20 tonha<sup>-1</sup> se observo una correlacion altamente significativa entre el carbon organico y P ( $r = 0.999$ ) esto quiere decir que hay un contenido alto de fosforo organico que puede estar mineralizandose a fosforo inorganico por medio de los microorganismos del suelo Hubo correlacion alta pero negativa entre el carbon organico y la relacion Ca/K de ( $r = -0.999$ )

Se encontro una correlacion altamente significativa entre el carbon organico y el porcentaje de limo de ( $r = 0.999$ ) Rothon (2000) encontro una correlacion positiva entre el porcentaje de estabilidad de los agregados y el contenido de MOS

CUADRO 2 19 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 0 tonha<sup>1</sup>

Variables	N	P	K	Ca	Mg	pH	CO	C/N	Ca/Mg	(Ca+Mg)/k	K/Mg	Mg/k	Ca/k	RS	/ A	/ L	/ Arc
N	994	071	922	996	982	511	933	426	740	798	806	721	867	929	786	143	
	069	955	254	058	121	658	234	720	469	412	403	487	332	242	425	909	
P	994	178	958	980	997	601	967	521	808	858	866	792	808	963	714	249	
	069	886	185	127	052	590	165	651	401	343	334	418	401	173	493	840	
K	071	178	145	020	258	893	424	932	723	658	647	742	436	436	562	997	
	955	886	701	987	834	297	721	235	486	543	552	468	713	713	620	046	
Ca	922	958	452	883	978	805	999	744	943	969	973	934	605	1000	484	516	
	254	185	701	312	133	405	020	466	216	158	149	233	586	012	678	655	
Mg	996	980	020	883	961	431	897	342	676	740	749	655	908	891	839	052	
	058	127	987	312	179	716	291	777	527	470	461	545	275	300	367	967	
pH	982	997	258	978	961	664	984	590	854	897	904	839	757	982	655	327	
	121	052	834	133	179	537	113	599	348	291	282	366	453	121	546	788	
CO	511	601	893	805	431	664	984	785	995	956	926	920	964	014	794	130	924
	658	590	297	405	716	537	425	061	189	246	256	171	991	416	917	250	
C/N	933	967	424	999	897	984	785	722	932	961	965	922	630	1000	512	488	
	234	165	721	020	291	113	425	486	236	178	169	24	566	009	658	675	
Ca/Mg	426	521	932	744	342	590	995	722	924	886	879	934	082	732	225	956	
	720	651	235	466	777	599	061	486	250	308	317	232	948	478	856	189	
(Ca+Mg)/k	740	808	723	943	676	854	956	932	924	996	995	1000	306	937	166	771	
	469	401	486	216	527	348	189	236	250	057	067	018	802	227	894	439	
K/Mg	798	858	658	969	740	897	926	961	886	996	1000	993	391	965	254	711	
	412	343	543	158	470	291	246	178	308	057	009	075	744	170	837	497	
Mg/k	806	866	647	973	749	904	920	965	879	995	1000	991	404	968	268	700	
	403	334	552	149	461	282	256	169	317	067	009	084	735	161	827	506	
Ca/k	721	792	742	934	655	839	964	922	934	1000	993	991	280	927	138	789	
	487	418	468	233	545	366	171	254	232	018	075	084	820	245	912	422	
RS	867	808	436	605	908	757	014	630	082	306	391	404	280	620	990	370	
	332	401	713	586	275	453	991	566	948	802	744	735	820	574	092	759	
/ A	929	963	436	1000	891	982	794	1000	732	937	965	968	927	620	500	500	
	242	173	713	012	300	121	416	009	478	227	170	161	245	574	667	667	
/ L	786	714	562	484	839	655	130	512	225	166	254	268	138	990	500	500	
	425	493	620	678	367	546	917	658	856	894	837	827	912	092	667	667	
/ Arc	143	249	997	516	052	327	924	488	956	771	711	700	789	370	500	500	
	909	840	046	655	967	788	250	675	189	439	497	506	422	759	667	667	

\* La correlacion es significativa al nivel 0 05 (bilateral)

\*\* La correlacion es significativa al nivel 0 01 (bilateral)

CUADRO 2 20 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 5 tonha<sup>1</sup>

Variables	N	P	K	Ca	Mg	pH	CO	C/N	Ca/Mg	(C +Mg)/K	K/Mg	Mg/k	Ca/k	RS	/A	/L	/ARC
N	892	599	1 000	577	655	385	496	146	686	655	577	747	816	904	500	982	
P	298	591	0 000	609	546	748	670	907	519	546	608	463	392	281	667	121	
K	892	896	892	883	243	073	834	577	940	925	884	967	989	614	055	791	
Ca	298	293	298	311	844	954	372	608	221	248	310	165	094	579	965	419	
Mg	591	293	591	017	863	660	078	315	073	046	017	129	199	872	742	713	
pH	1 000	892	599	577	655	385	496	146	686	655	577	747	816	904	500	982	
CO	0 000	298	591	609	546	748	670	907	519	546	608	463	392	281	667	121	
C/N	577	883	1 000	577	1	240	532	995	893	990	995	1 000	974	943	172	419	412
Ca/Mg	609	311	017	609	846	643	061	298	090	063	001	146	217	890	725	730	
(C+Mg)/K	655	243	214	655	1	950	332	652	101	143	239	013	098	915	982	786	
K/Mg	546	844	863	546	846	203	784	548	935	909	846	991	938	265	121	425	
Mg/k	385	073	509	385	532	950	1	610	856	407	445	531	325	218	743	992	553
Ca/k	748	954	660	748	643	203	582	345	733	706	644	789	860	467	081	627	
RS	496	834	992	496	995	332	610	932	972	981	995	948	906	077	504	323	
/A	670	372	078	670	061	784	582	237	151	124	062	207	278	951	663	791	
/L	146	577	880	146	893	652	856	932	820	844	892	767	691	290	784	043	
/ARC	907	608	315	907	298	548	345	237	388	361	298	444	514	813	427	972	
N	686	940	994	686	990	101	407	972	820	844	999	990	996	980	309	287	536
P	519	221	073	519	090	935	733	151	388	027	089	056	127	800	814	640	
K	655	925	997	655	995	143	445	981	844	999	995	992	971	269	327	500	
Ca	546	248	046	546	063	909	706	124	361	027	063	083	154	827	788	667	
Mg	577	884	1 000	577	1 000	239	531	995	892	990	995	1	974	943	173	418	413
CO	608	310	017	608	001	846	644	062	298	089	063	145	216	889	725	729	
C/N	747	967	980	747	974	013	325	948	767	996	992	974	994	392	202	608	
Ca/Mg	463	165	129	463	146	991	789	207	444	056	083	145	071	744	870	584	
(C+Mg)/K	816	981	951	816	943	098	218	906	691	980	971	943	994	491	092	692	
K/Mg	392	094	199	392	217	938	860	278	514	127	154	216	071	673	941	513	
Mg/k	904	614	199	904	172	915	743	077	290	309	269	173	392	411	822	969	
Ca/k	281	579	872	281	890	265	467	951	813	800	827	889	744	673	386	160	
RS	500	055	394	500	419	982	992	504	784	287	327	418	202	092	822	1	655
/A	667	965	742	667	725	121	081	663	427	814	788	725	870	941	386	546	
/L	982	791	436	982	412	786	553	323	043	536	500	413	608	692	969	655	1
/ARC	121	419	713	121	730	425	627	791	972	640	667	729	584	513	160	546	

\* La correlacion es significativa al nivel 0 05 (bilateral)

\*\* La correlacion es significativa al nivel 0 01 (bilateral)

CUADRO 2 21 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 10 tonha <sup>1</sup>

Var ables	N	P	K	Ca	Mg	pH	CO	C/N	C /Mg	(Ca+Mg)/K	K/Mg	Mg/k	C /k	RS	/A	/L	/ARC
N	1839	367	121	285	846	879	788	564	618	004	454	485	122	832	285	121	546
P	839	1839	721	992	327	693	240	108	923	835	277	231	927	745	992	721	961
K	982	721	1839	803	419	000	500	767	398	983	866	841	928	074	803	1000	500
Ca	121	488		407	725	1000	667	443	739	117	333	364	243	953	407	0000	667
Mg	901	992	803	204	596	115	234	867	898	397	353	967	654	000	803	918	
pH	285	081	407		869	593	927	850	333	290	740	770	164	546	0000	407	260
CO	846	327	419	204	189	908	996	904	666	247	817	844	052	874	204	419	577
C/N	189	693	000	596	908	186	641	917	182	500	541	372	997	596	000	866	
C/Mg	879	512	1000	593	275	333	557	261	883	667	636	757	047	593	1000	333	
(Ca+Mg)/K	327	240	500	115	996	866	1939	595	334	866	889	142	826	115	500	500	
K/Mg	788	846	667	927	058	333	224	594	783	333	303	909	381	927	667	667	
Mg/k	632	108	767	234	904	641	939	1282	638	985	992	474	582	234	767	172	
C/k	564	931	443	850	281	557	224	818	560	110	080	686	604	850	443	890	
RS	565	923	398	867	666	917	595	282	1559	114	161	711	944	867	398	994	
/A	618	251	739	333	536	261	594	818		622	928	897	496	214	333	739	072
/L	1000	835	983	898	247	182	334	638	559	760	729	981	255	898	983	650	
/ARC	004	371	117	290	841	883	783	560	622		450	480	126	836	290	117	550
	756	277	866	397	817	500	866	985	114	760	1999	618	434	397	866	0000	
	454	821	333	740	391	667	333	110	928	450	030	576	714	740	333	1000	
	724	231	841	353	844	541	889	992	161	729	999	1	580	477	353	841	047
	485	851	364	770	361	636	303	080	897	480	030	606	684	770	364	970	
	982	927	928	967	052	372	142	474	711	981	618	580	1	440	967	928	786
	122	245	243	164	967	757	909	686	496	126	576	606		710	164	243	424
	261	745	074	654	874	997	826	582	944	255	434	477	440		654	074	901
	832	465	953	546	323	047	381	604	214	836	714	684	710		546	953	286
	901	992	803	1000	204	596	115	234	867	898	397	353	967	654	1000	803	918
	285	081	407	0000	869	593	927	850	333	290	740	770	164	546		407	260
	982	721	1000	803	419	000	500	767	398	983	866	841	928	074	803	1000	500
	121	488	0000	407	725	1000	667	443	739	117	333	364	243	953	407		667
	655	961	500	918	577	866	500	172	994	650	0000	047	786	901	918	500	1000
	546	179	667	260	609	333	667	890	072	550	1000	970	424	286	260	667	

\* La correlacion es significativa al nivel 0 05 (bilateral)

\*\* La correlacion es significativa al nivel 0 01 (bilateral)



CUADRO 2 22 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 15 tonha<sup>1</sup>

Var ables	N	P	K	C <sub>v</sub>	Mg	pH	CO	C/N	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/Mg	Mg/k	Ca/k	RS	/ A	/ L	/ ARC
N	18	620	388	319	115	998	990	037	552	577	500	588	570	502	000	500	397
		575	746	794	927	041	091	977	628	609	667	600	614	665	1 000	667	740
P	620	18	964	941	851	568	725	807	997	999	990	999	998	990	785	370	474
	575		172	219	352	615	484	402	053	034	092	025	039	090	425	759	686
K	388	964	18	997	960	328	515	935	983	977	992	974	978	992	922	604	692
	746	172		047	180	787	656	230	119	138	080	147	133	082	254	587	514
Ca	319	941	997	418	978	257	450	959	966	958	980	954	960	980	948	662	743
	794	219	047		133	834	703	183	166	185	127	194	180	129	206	540	467
Mg	115	851	960	978	1	051	254	997	892	878	918	871	882	917	993	803	866
	927	352	180	133		068	836	050	299	318	260	327	313	262	073	407	333
pH	998	568	328	257	051	1	979	027	497	523	516	444	535	446	064	554	455
	041	615	787	834	968		131	983	669	649	707	641	655	706	959	626	699
CO	990	725	515	450	254	979	1	178	665	687	618	697	681	620	142	372	263
	091	484	656	703	836	131		886	537	518	576	509	523	574	909	757	830
C/N	037	807	935	959	997	027	178	1	854	838	884	830	842	883	999	847	902
	977	402	230	183	050	983	886		349	368	310	377	363	312	023	357	284
Ca/Mg	552	997	983	966	892	497	665	854	1	1 000	998	999	1 000	998	834	446	546
	628	053	119	166	299	669	537	349		019	039	028	014	037	372	706	632
(Ca+Mg)/K	577	999	977	958	878	523	687	838	1 000	1	996	1 000	1 000	996	817	419	520
	609	034	138	185	318	649	518	368	019		058	009	005	056	391	725	652
K/Mg	500	990	992	980	918	444	618	884	998	996	1	995	997	1 000	866	500	596
	667	092	080	127	260	707	576	310	039	058		067	053	002	333	667	593
Mg/k	588	999	974	954	871	535	697	830	999	1 000	995	1	1 000	995	809	407	509
	600	025	147	194	327	641	509	377	028	009	067		014	065	400	733	660
Ca/k	570	998	978	960	882	516	681	842	1 000	1 000	997	1 000	1	997	822	427	528
	614	039	133	180	313	655	523	363	014	005	053	014		051	386	719	646
RS	502	990	992	980	917	446	620	883	998	996	1 000	995	997	1	865	498	594
	665	090	082	129	262	706	574	312	037	056	002	065	051		335	668	595
/ A	000	785	922	948	993	064	142	999	834	817	866	809	822	865	1	866	918
	1 000	425	254	206	073	959	909	023	372	391	333	400	386	335		333	260
/ L	500	370	604	662	803	554	372	847	446	419	500	407	427	498	866	1	993
	667	759	587	540	407	626	757	357	706	725	667	733	719	668	333		073
/ ARC	397	474	692	743	866	455	263	902	546	520	596	509	528	594	918	993	1
	740	686	514	467	333	699	830	284	632	652	593	660	646	595	260	073	

\* La correlacion es significativa al nivel 0 05 (bilateral)

\*\* La correlacion es significativa al nivel 0 01 (bilateral)

CUADRO 2 23 Correlacion entre variables del suelo para el tratamiento de 20 tonha<sup>1</sup>

V r bl	N	P	K	Ca	Mg	pH	CO	C/N	C /Mg	(Ca+Mg)/k	k/Mg	Mg/k	C /k	RS	/ A	/ L	/ Arc
N	1055	666	666	693	803	866	457	371	051	368	277	147	505	920	189	500	277
P	501	666	965	512	407	333	698	758	968	760	821	906	663	256	879	667	821
K	666	965	666	822	260	1 000	032	092	366	094	155	240	003	410	213	000	155
Ca	693	512	407	666	803	866	457	371	051	368	277	147	505	920	189	500	277
Mg	803	260	1 000	032	092	366	094	155	240	003	410	213	000	155	214	129	372
pH	866	457	371	051	368	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500
CO	457	371	051	368	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277
C/N	371	051	368	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147
C /Mg	051	368	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505
(Ca+Mg)/k	368	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920
k/Mg	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189
Mg/k	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500
C /k	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277
RS	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147
/ A	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505
/ L	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920
/ Arc	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189	500	277	147	505	920	189

\* La correlacion es significativa al nivel 0 05 (bilateral)

\*\* La correlacion es significativa al nivel 0 01 (bilateral)

## 6 CONCLUSIONES

- 1 Se determino que los contenidos nutricionales de P K y Mg en el tejido foliar de los arboles de cacao en Almirante Bocas del Toro estaban dentro de los niveles considerados normales de acuerdo con las exigencias del cultivo el N en los tratamientos mostro niveles bajos debido a la liberacion rapida e inmovilizacion temporal por parte de los microorganismos y el Ca presento valores excesivos debiendose esto a la formacion geologica o roca madre que dio origen a estos suelos
- 2 Los diametros a la altura del pecho y alturas totales no presentaron diferencias estadisticamente significativas entre ellas sin embargo se pudo apreciar que los tratamientos de 10 y 20 tonha<sup>1</sup> donde se aplicaron abonos presentaron mayor altura y los diametros estaban dentro de los niveles considerados adecuados comparandolos con experimentos similares realizados en paises tropicales
- 3 A pesar de que en el tratamiento de 0 tonha<sup>1</sup> los niveles de extraccion de nutrimentos fueron mayores que en los demas tratamientos debido a la

inmovilización temporal de los nutrientes cuando se aplicó el abono orgánico se observó de manera general una mejor nutrición de los árboles siendo los tratamientos de 5 y 20  $\text{ton ha}^{-1}$  los que mostraron los mayores contenidos extraídos

- 4 Al realizar las pruebas t de Students para las variables estudiadas seis meses después de la aplicación de los tratamientos en el suelo las variables N P Ca y el pH presentaron valores estadísticamente significativos se observó incremento en los niveles de materia orgánica y K al aplicar el abono orgánico
- 5 En todos los tratamientos las relaciones entre cationes del suelo presentaron un aumento pero el cociente Ca/Mg fue la que presentó una alta significancia en todos los tratamientos
- 6 El tratamiento con niveles de abono orgánico de 20  $\text{ton ha}^{-1}$  resultó ser el que mejor resultados mostró para ser aplicado en el cultivo de cacao a la edad de dos años
- 7 La respiración microbiana medida en esta investigación resultó ser mayor a los contenidos reportados por otros autores lo que indica que este suelo contiene una buena actividad microbiana que puede ayudar a mejorar las propiedades físicas como la densidad aparente Mejorando también la nutrición del cultivo mediante el aumento de la capacidad de intercambio catiónico

- 8 Mediante esta investigación se comprueba que la aplicación de enmiendas orgánicas mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, por ende contribuye a aumentar la calidad y salud del suelo.

## 7 BIBLIOGRAFIA

### 7.1 Bibliografía Consultada y de Referencia

- Alvarez Solis J y Anzueto M 2004 Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas México Revista Agrociencia 38 (1) 13 – 22
- Ardon Rodas HR 2015 Efecto de la fuente de potasio sobre la concentración de sólidos solubles en sandía variedad Mickey Lee Tiquisate Escuintla Tesis Licenciatura en Agronomía Quetzaltenango Guatemala Universidad Rafael Landívar 93p
- Aristizabal H J Guerra M A Gutierrez V B Romero C M 2002 Estimación de la tasa de fijación de carbono en el Sistema Agroforestal Nogal Cafetero (*Cordia alliodora*) – Cacao (*Theobroma cacao* L) – Platano (*Musa paradisiaca*) Bogotá Colombia Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria 124p
- Armado A Contreras F García P y Paolini J (2009) Correlación de actividades enzimáticas con la respiración basal en suelos cacaoteros del occidente venezolano Avances en Química 2 (4) 73 – 77
- Amores F 1992 Clima Suelos Nutrición y Fertilización de Cultivos en el Litoral Ecuatoriano Quito Ecuador INIAP / Potash and Phosphate Institute p 8 10 (Manual Técnico 26)

- Arias J AC 2012 Suelos Tropicales 2 reimp de la 1 ed – San Jose Costa Rica EUNED 166 p
- Almeida CMVC De Willy M Sena Gomes AR Matos PGG De P 2002 Sistemas agroflorestais com o cacauteiro como alternativa sustentavel para uso em areas desmatadas no estado de Rondonia Brasil **Agrotropica** 14 (3) 109 120
- Autoridad Nacional del Ambiente 2010 Atlas Ambiental de la Republica de Panama 1 ed Panama Panama ANAM 190 p
- Barber SA 1995 Soil nutrient bioavailability a mechanistic approach New York USA John Wiley and Sons 278p
- Barbazan M 1998 Analisis de plantas y sintomas visuales de deficiencia de nutrientes Montevideo Uruguay Facultad de Agronomia Universidad de la Republica 27 p
- Batista L 2009 Guia tecnica del cultivo de cacao Santo Domingo Republica Dominicana Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal 250 p
- Benzing A 2001 Agricultura Organica fundamentos para la region andina Villingen Schweningen Alemania Neckar Verlag 682 p
- Becker AR 2006 Evaluacion del proceso de degradacion de suelos por erosion hidrica en una subcuenca representativa de la region pedemontana del suroeste de la provincia de Cordoba Argentina Tesis Doctoral Universidad Nacional de Rio Cuarto Argentina 457p
- Bertsch F 1995 La fertilidad de los suelos y su manejo San Jose Costa Rica Asociacion Costarricense de la Ciencia del Suelo 157 p
- Bowen JE 1978 Plant tissue analysis Costly errors to avoid Crops and Soils Magazine p 6 11
- Boswell FC Meisinger JJ Case NL 1985 Production marketing and use of nitrogen fertilizers In Engelstad OP (ed) Fertilizer technology and use 3 ed Madison USA Soil Science Society of America p 229 – 292

- Brito, AM; Da Silva, G; De Almeida, C; De Matos, P. 2002. Sistemas Agroflorestais com o cacaueriro: Uma tentativa de busca do desenvolvimento sustentável do Estado do Amazonas, Brasil. **Agrotropica** 14 (2): 61-72.
- Buol, SW. 2004. Génesis y clasificación de suelos. 2ª ed. México, Trillas. 417 pp.
- CENICAFÉ. 1993. La materia orgánica y su importancia en el cultivo del café. Chinchiná, Colombia. 24 p. (Boletín Técnico 16)
- Cerda, R. 2008. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el valle de Talamanca, Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 66 p.
- Cerrato, M; Leblanc, H; Kameko, C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad EARTH. Revista Tierra Tropical 3(2):183-197.
- Christensen B.T. (1992) Physical Fractionation of Soil and Organic Matter in Primary Particle Size and Density Separates. In: Stewart B.A. (eds) Advances in Soil Science. Advances in Soil Science, vol 20. Springer, New York, NY. pp 1-90.
- Compañía Nacional de Chocolates, 1988. Manual para el cultivo de cacao. 3 ed. Colombia, EDINALCO. 140 p.
- Dahiya, S; Karpe, R; Hedge, AG; Sharma, RM. 2005. Lead, cadmium and nickel in chocolates and candies from suburban areas of Mumbai, India. **J. Food Comp. Anal.** 18: 517-522.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Investigación Agrícola. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 1999. Guía para la Evaluación para la Calidad y Salud del Suelo. Argentina, Instituto de Calidad de Suelos. 88p. (Traducido de Soil Quality Test Kit Guide, por Alberto Lutens y Juan Carlos Salazar Lea Plaza)  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 2014. Clave para la Taxonomía de los Suelos. 12. Ed. Texcoco, Mexico,



Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 374 pp. (Traducido por Carlos Alberto Ortiz-Solorio, Ma. del Carmen Gutiérrez-Castorena y Edgar V. Gutiérrez-Castorena)

[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051546.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf)

Ding, Y; Luo, W; Xu, G. 2006. Characterization of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. **Ann. Appl. Biol.** 149:111–123.

Duguma, B; Gockowski, J; Bakala, J. 1999. Desafíos biofísicos y oportunidades para el cultivo sostenible de cacao (*Theobroma cacao Linn.*) en sistemas agroforestales de África Occidental y Central. **Agroforestería en las Américas** 6 (22): 12-15.

Urquhart, DH.. 1963. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. 322 p.

Dumanski, I. 1978. The Canada Soil Information System Manual for Describing Soils in the Field. Ottawa, Canada, Agriculture Canada. 92 p .

Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, IICA. 491 p. (Serie de materiales de enseñanza 29)

Fernández, ZP; Zalba, P; Gómez, MA; Sagardoy, MA. 2005. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. **Revista Ciencia del Suelo** 23 (1): 31- 37.

Feral, C; Epstein, H; Otter, L; Aranibar, J; Shugart, J; Macko, S; Ramontshoz, J 2003. Carbon and nitrogen in the soil– plant system along rainfall and landuse gradients in southern Africa. **Arid Environments** 54: 327-343.

García, A. 1993. Sintomatología de las deficiencias nutricionales de las deficiencias en cacao. Colombia, ICA. (Boletín Técnico).

Gutiérrez H; De La Vara, S, R. 2013 Análisis y diseño de experimentos. Ed. Mc Graw – Hill. 3ª Edi. Mexico. 489 p

Herzog, F. 1994. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Côte d' Ivoire. **Agroforestry Systems** 27 (3): 259-267.

- Henriquez, C; Bertsch, F; Cabalceta, G. 1989. Respuesta a la variación en los cocientes catiónicos en ocho suelos cafetaleros de Costa Rica con problemas de K. **Agronomía Costarricense** 13 (2): 211 – 217.
- Ibañez, J. 2006. Clasificación de los horizontes orgánicos: un universo invisible bajo nuestros pies. Madrid, España. 15 p.
- Imaña, EJ; Encinas, BO. 2008. Epidometría Forestal. Brasilia, Brasil,: Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 72 p.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). 2013. Manual de Nutrición de Plantas 4R: Un Manual para Mejorar el Manejo de la Nutrición de Plantas. (T.W. Bruulsulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, EE.UU. 32 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá. 2011. Séptimo Censo Nacional Agropecuario. Contraloría General de la República de Panamá, Panamá. Consultado el 15 de ago. 2017.  
Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx>
- Iroumé, A; Schäfer, M. 2000. Variabilidad espacial y temporal de la infiltración en una cuenca experimental en la cordillera de los Andes, IX Región. **Agro Sur** v.28, n.2. pp.1- 9.
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014, actualización 2105. Sistema internacional de clasificación para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelo 106 (en línea). FAO, ROMA. 218 p. Consultado 15 ago. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3794s.pdf>.
- Lima, HN; Schaefer, CER; Mello, JWV; Gilkes, RJ; Ker, JC. 2002. Pedogénesis and pre Colombian land use of Terra Preta Anthrosols “(Indian black earth)” of Western Amazonia. **Geoderma** 110: 1-17.
- Little, T.; Hills, F. 1989. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 2 ed. México, México. Editorial Trillas. 270 p.

- Lopez M Lopez I España M Izquierdo A Herrera L 2007 Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo nivel nutricional de la planta y hongos micorrizicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* **Agronomia Tropical** 1 (57) 6 – 26
- Lloyd J Taylor A 1994 On the temperature dependence of soil respiration **Functional Ecology** 8 315 323
- Marschner H 1986 Mineral nutrition of higher plants 2 ed London UK Academic Press 889 p
- Mengel K Kirkby EA 2000 Principios de nutrición vegetal Basel Switzerland Internacional Potash Institute 692 p
- Mendez G 2003 Abonos Organicos Principios características e impactos en la agricultura Turrialba Costa Rica Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza 209 p
- McDonald RC Isbell RF Speight JG Walker J Hopkins MS 1998 Australian soil and land survey 2 ed Melbourne Australia CSIRO 190 p (Field Handbook)
- McKay A 2000 Climas y biodiversidad Una nueva clasificación de los climas de Panama **Revista Cultural Loteria** 431 47 51
- Mills H Belton J Jones J 1997 Plant analysis handbook II A practical sampling preparation analysis and interpretation guide Micro – Macro publishing Inc Revised edition 422 p
- Moorhead DL Sinsabaugh RL Linkins AE Reynolds JF 1998 Decomposition processes Modelling approaches and applications **Science of the Total Environment** 183 (1 2) 137 149
- Nair PKR Kang BT KASS DCL 1995 Agriculture and environments bridging food production and environments protection in developing countries **ASA Special Publication** 60 117 138
- Narwal RP Kumar V Singh JP 1985 Potassium and magnesium relationship in cowpea **Plant and Soil** 86 129 – 134

- Navarro GG Navarro B S 2003 Quimica agricola El suelo y los elementos quimicos esenciales para la vida vegetal Madrid España Mundi Prensa 576 p
- Ortega R Mardonez R 2005 Variabilidad espacial de la mineralizacion de nitrogeno en un suelo volcanico de la Provincia de Ñuble VIII Region Chile Agricultura Tecnica 65(2) 221 231
- Parkin TB Doran JW Franco Vizcaino E 1996 Field and laboratory tests of soil respiration In Doran JW Jones AJ (eds ) Methods for assessing soil quality Madison WI USA SSSA p 231 246 (Soil Sci Soc Am Spec Publ 49 )
- Pastrana A Lok R Ibrahim M Viquez E 1999 El componente arboreo en sistemas agroforestales tradicionales de los indigenas Ngobe La Gloria Changuinola Panama **Agroforesteria en las America** 6 (23) 69 71
- Paul EA Clark FE 1989 Soil Microbiology and Biochemistry San Diego California USA Academic Press 267p
- Porta J Lopez Acevedo M Roquero C 2003 Edafologia para la agricultura y el medio ambiente Madrid España Mundi Prensa 929 p
- Quiroz PG 1981 Abonamiento del Cacao (*Theobroma cacao L*) en fertilizantes compuestas en el corregimiento de Rio Frio zona bananera In Conferencia Internacional de Cacao (8 1981 Cartagena Colombia) Memorias 6 p
- Raich JW Tufekcioglu A 2000 Vegetation and soil respiration correlations and controls **Biogeochemistry** 48(1) 71 90
- Rodriguez SA 1992 Fertilizantes nutricion vegetal AGT editor Segunda reimpression Mexico D F 157 p
- Rothon FE 2000 Influence of Time on Soil Response to No Till Practices **Soil Science Society American Journal** 64 700–709

- Sandino D Grebbe H Malespin M 1999 Desarrollo agroforestal con cacao en Waslala Nicaragua **Agroforesteria en las Americas** 6 (22) 29 30
- Sanchez PA 1990 Deforestation reduction initiative An imperative for world sustainability in the twenty first century In Soil the Greenhouse Effect Ed A E Bouwman John Wiley and Sons Chichester UK 375p
- Saenz C 1990 El cultivo del cacao Cali Colombia Federacion Nacional de Cafeteros p 20
- Sanchez J 1999 Cacaotero por mas de veinte años **Agroforesteria en las Americas** 6 (22) 5 6
- Sandor JA Eash NS 1995 Ancient agricultural soils in the Andes of Southern Peru **Soil Science Society American Journal** 59 170 179
- Shaviv A Mikkelsen RL 1993 Controlled release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation a review **Fert Res** 35 1 12
- Uribe A Mendez H Mantilla J 2009 Efecto de niveles de nitrogeno fosforo y potasio sobre la produccion de cacao en suelo del Departamento de Santander **Revista Suelos Ecuatoriales** 28 31 36
- Villarreal J Name B 1996 Tecnicas Analiticas del Laboratorio de suelos Divisa Panama Instituto de Investigacion Agropecuaria de Panama 110p
- Velez J 2010 Curso de Edafologia Universidad Tecnica de Machala – Facultad de Ciencias Agropecuarias Machala Ecuador 179 p
- Wagner GH Wolf DC 1998 Carbon transformations and soil organic matter formation Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey p 218 258
- Wolf B 1982 A comprehensive system of leaf analyses and its use for diagnosing crop nutrients status **Soil Science Plant Analysis** 13(12) 1071 1080