

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS EN
PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN ACOSA, PARROQUIA LASSO,
CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

CARLOS LUIS VARGAS MERCHAN

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN ACOSA, PARROQUIA LASSO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”** de responsabilidad del Sr. Egresado Carlos Luis Vargas Merchán, ha sido prolijamente revisada quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

**ING. MARIO OÑATE A.
DIRECTOR**

**ING. FRANKLIN ARCOS
MIEMBRO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL
RIOBAMBA – ECUADOR**

2012

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico primeramente a Dios al ser supremo, que me dio la existencia, al esfuerzo incansable que realizaron día a día mis padres, Ángel Vargas y Rosita Merchán Charco, a mis hermanas por el apoyo incondicional en momentos difíciles de mí trajinar diario, Lety, Susana, Lorena y Valeria por su comprensión y estímulo.

LES AMO MUCHO QUERIDA FAMILIA

LUIS V.

AGRADECIMIENTO

Al culminar mi carrera profesional dejo constancia de lealtad y gratitud, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, institución que por su insigne valor y pujanza de superación se ha constituido en el baluarte de la Educación Superior en nuestra provincia y por su intermedio a la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal lugar donde me fui forjando día a día, para mi formación profesional.

A todos los docentes de la facultad que sin duda alguna no escatimaron esfuerzo alguno para dar todo de sí, en especial a los miembros del Tribunal de Tesis en las personas del Ing. Mario Oñate A. Director, Ing. Franklin Arcos Asesor. Maestros que nunca dejaron de orientar y asesorar debidamente la Tesis, mi lealtad será el homenaje a su sacrificio.

A demás quiero expresar, mi más sincero agradecimiento, a Aglomerados Cotopaxi, quienes colaboraron con esta investigación, de manera especial a todo el departamento forestal en las personas de Felipe Pazmiño, Roberto Neuman y María Gallardo y en especial a todos quienes conforman el equipo de trabajadores del área de mensura.

También quiero realizar un agradecimiento fraterno, al personal Administrativo, Empleados y Trabajadores que laboran en mi querida Facultad.

A todos un millón de gracias

LUIS V.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PAG.
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE GRÁFICOS	v
LISTA DE ANEXOS	vii
I. TÍTULO	1
II. INTRODUCCIÓN	1
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
IV. MATERIALES Y METODOS	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES	82
VII. RECOMENDACIONES	83
VIII. ABSTRACTO	84
IX. SUMMARY	85
X. BIBLIOGRAFÍA	86
XI. ANEXOS	88

LISTA DE CUADROS

N°	CONTENIDO	Página
1	CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO SEGÚN EL UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE	17
2	DEMANDA DE NUTRIENTES EN EL PRIMER Y SEGUNDO AÑO DE CRECIMIENTO DE <i>Pinus radiata</i>	31
3	REQUERIMIENTO INTERNO DE NUTRIENTES DE LOS ARBOLES DE <i>Pinus radiata</i>	32
4	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	37
5	ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)	38
6	FERTILIZANTES USADOS EN EL ENSAYO	41
7	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL pH DE LOS SUELO	42
8	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL pH SEGÚN LAS HACIENDAS	43
9	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL pH SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	44
10	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE FÓSFORO	45
11	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL FÓSFORO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS	45

N°	CONTENIDO	Página
12	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE FÓSFORO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR X)	46
13	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE POTASIO	48
14	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL POTASIO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	48
15	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE POTASIO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	49
16	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE CALCIO	51
17	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE CALCIO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	51
18	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE MAGNESIO	53
19	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL MAGNESIO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	53
20	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL MAGNESIO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	54
21	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE HIERRO	56
22	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL HIERRO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	56

N°	CONTENIDO	Página
23	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL HIERRO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	57
24	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE MANGANESO	59
25	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE MANGANESO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	59
26	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE ZINC	61
27	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL ZINC REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	61
28	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL ZINC REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	62
29	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE BORO	64
30	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE BORO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	64
31	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE COBRE	66
32	PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE COBRE REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	66
33	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TEXTURA DE LA HACIENDA SAN JOAQUÍN	68

Nº	CONTENIDO	Página
34	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TEXTURA DE LA HACIENDA SANTA ANA	69
35	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TEXTURA DE LA HACIENDA COLCAS	70
36	TEXTURA POR ALTITUD DEL BLOQUE UNO (COLCAS)	72
37	TEXTURA POR ALTITUD DEL BLOQUE DOS (SANTA ANA Y SAN JOAQUIN)	73
38	PONDERACIÓN PARA TEXTURA Y NIVELES DE FERTILIDAD	74
39	ALTURA DE PLANTA A LOS 120 DÍAS EN LA HACIENDA SANTA ANA RODAL 102A2	78
40	INCREMENTOS OBTENIDOS EN LA HACIENDA SAN JOAQUÍN RODAL 229 A2	79
41	INCREMENTOS OBTENIDOS EN LA HACIENDA COLCAS RODAL 415A2	81

LISTA DE GRÁFICOS.

N°	CONTENIDO	Página
1	VALOR DEL pH SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	43
2	VALOR DEL pH SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	44
3	FÓSFORO PRESENTE SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	46
4	CANTIDAD DE FÓSFORO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	47
5	POTASIO REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	49
6	POTASIO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	50
7	CALCIO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	52
8	MAGNESIO REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	54
9	CANTIDAD DE MAGNESIO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	55
10	HIERRO REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	57
11	CANTIDAD DE HIERRO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	58

N°	CONTENIDO	Página
12	MANGANESO REGISTRADO EN EL LABORATORIO (FACTOR Z)	60
13	ZINC REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)	62
14	CANTIDAD DE ZINC REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	63
15	BORO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	65
16	COBRE REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)	67
17	MAPAS DE FERTILIDAD	76
18	MAPAS DE FERTILIDAD DE LAS HACIENDAS	77
19	HACIENDA SANTA ANA	79
20	HACIENDA SAN JOAQUÍN	80
21	HACIENDA COLCAS	81

LISTA DE ANEXOS

Nº	CONTENIDO	Página
1	RESULTADOS EXPERIMENTALES DE ANÁLISIS DE PROPIEDADES QUÍMICAS	88
2	METODOLOGÍA PRUEBA DEL TACTO 2	96
3	FORMULARIO DE REGISTRO PARA EL ESTUDIO DE SUELOS	97
4	FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS	98
5	DISEÑO ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN	99

I. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN ACOSA, PARROQUIA LASSO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.

II. INTRODUCCIÓN.

El suelo es uno de los recursos básicos que sustentan la vida en el planeta. De tal manera se afirma, que toda la vida terrestre se relaciona directamente con el suelo y depende del mismo. El suelo ha sido estudiado durante muchos años, y hoy es bien conocido que hay factores que dañan y amenazan su existencia; como también hay otros que contribuyen a perpetuarlos para las futuras generaciones.

La formación del suelo pasó a ser considerada como el producto de la meteorización del material de partida, más ciertos cambios adicionales que se atribuyeron fundamentalmente, a la acción del clima, vegetación, aunque la importancia del material madre del suelo, el relieve y el tiempo, no fueron ignorados.

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecer cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de este. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cuál es el uso más adecuado y cuál es el manejo racional que debería dársele.

Es importante en el desarrollo de los suelos los factores que se involucran para la formación de los mismos, la roca madre o material matricial influirá en el producto de la formación de un nuevo suelo; el clima factor determinante; los organismos han sido muy cuestionados y discutido, vegetales y animales influyen en forma directa en la formación del suelo, la topografía o relieve estos desniveles determinan su morfología y actúa principalmente como modificador de la erosión geológica activa; el tiempo resulta innegable.

Al efectuar extensas plantaciones de pino es importante conocer bajo qué condiciones de suelo esta especie se desarrolla, compatibilizando las características del suelo con las de crecimiento, para lograr que la posterior producción maderera entregue utilidades y se posibilite así su manejo forestal racional

Los suelos a nivel mundial presentan variadas características físicas y químicas que hacen que el *Pinus radiata* se adapte a diversas zonas climáticas hasta los 3600 msnm, donde además de incorporar gran cantidad de materia orgánica, es una fuente de retención de agua para la biodiversidad que se encuentran dentro de estas plantaciones, las mismas que por su crecimiento rápido está generando grandes utilidades a los propietarios forestales en las diferentes comunidades donde comienza a existir una cultura sobre el aprovechamiento.

El Ecuador, muestra varias regiones tectónicamente inestable dado que se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Lastimosamente, hasta la actualidad no se ha realizado estudios sobre la edad de nuestros suelos, pero si tomamos en cuenta las erupciones de los volcanes Cotopaxi suscitado hace aproximadamente un siglo y del Tungurahua con su reciente erupción de 1998, es posible observar actualmente que parte de las cenizas arrojadas muestran una composición mineralógica diferente (presencia de alófana) las dimensiones de sus partículas son más pequeñas, con presencia de cultivos, etc., esto permite reconocer en dichas cenizas suelos formados aunque no muy desarrollados; lo que facilita el cálculo de la edad de estos suelos.

En nuestro país una gran parte de bosque nativo ha sido eliminado o explotado, como consecuencia de la presión demográfica, técnicas agropecuarias y de madero inadecuado. No solo se ha eliminado en aquellos terrenos aptos para las actividades agropecuarias, si no también han sido afectados muchos terrenos de capacidad de uso forestal. De aquí que existen extensas superficies con uso inadecuado o con vegetación degradada. Desde principios de siglo se están estableciendo sobre ellas progresivamente plantaciones forestales, principalmente con especies introducidas entre las que destacan el *Pinus Radiata* (D. Don).

En el establecimiento de estas plantaciones no se han considerado el factor suelo, que en el caso de las especies nativas han sufrido una selección natural. En cambio para especies introducidas es necesario conocer los requerimientos y las condiciones del terreno, para obtener altos rendimientos en rotaciones sucesivas; hasta ahora las forestaciones se han efectuado, en cuanto al sitio, prácticamente al azar, los terrenos elegidos, por lo general bien accesibles, se caracterizan por haber sido abandonados luego de un uso para explotación de madera y / o con fines agropecuarios. A menudo son terrenos erosionados.

La creciente extensión de las plantaciones de pino en el país ha causado una polémica gradual en varios aspectos socioeconómicos, políticos entre otros. Sin embargo, son escasos los estudios que existen para precisar el efecto real de las plantaciones de pino, especialmente en los aspectos físicos-químicos y biológicos de los suelos.

De ahí la importancia que tiene, el ejecutar trabajos de investigación como el presente que da cuenta del valor de los suelos, la conservación de los mismos y sobre todo involucrar a la sociedad para que sea participe directo de estas actividades ya que solo así se podrá crear una cultura forestal a nivel local, regional y nacional.

A. JUSTIFICACIÓN.

Debido a la muy poca información sobre trabajos de investigación a nivel nacional en lo que a caracterización físico-química de los suelos en plantaciones forestales se refiere, Aglomerados Cotopaxi ha visto la imperiosa necesidad de realizar estudios de suelos para poder determinar las deficiencias nutricionales en plantaciones de *Pinus radiata* a fin de aplicar un plan de fertilización, preservar los mismos, evitar la erosión y obtener materia prima de calidad.

Dentro de las actividades forestales del país, se debe enfrentar situaciones adversas en muchos ámbitos dado que se carece de estudios y datos de los requerimientos nutricionales del *Pinus radiata*; siendo el problema más grave en las primeras etapas de crecimiento, ya que la planta sufre un período de retraso y falta de desarrollo expedito, provocando graves problemas en estas, lo que involucra pérdida de recursos. Por esto y muchas razones más,

amerita con urgencia realizar la presente investigación para identificar claramente los problemas de los suelos con aptitud forestal. Razón por la cual en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

1. Objetivo general.

Determinar las características físico-químico de los suelos en plantaciones de *Pinus radiata* en ACOSA S.A., cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

2. Objetivos específicos.

- a. Cuantificar los niveles nutricionales del suelo de tres rodales seleccionados.
- b. Elaborar mapas de suelos con las características físico-químicas de los tres rodales seleccionados.

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

A. CONCEPTO DE SUELO.

Existen varios conceptos de suelo:

El suelo se lo considera como el producto de diferentes procesos dinámicos y biológicos que han obrado sobre las rocas y minerales a través del tiempo (OÑATE, M. 2012)

BRADY (1993), en el suelo hemos visto materiales sueltos, no consolidados, yacentes sobre las rocas del subsuelo. Sobre un lecho de rocas, casi universalmente, se hallan restos incoherentes, este material, conocido como capa filtrante u horizontal iluvial, puede ser muy delgado o, al contrario, alcanzar centenares de metros de espesor. La presencia de cierta cantidad de materia orgánica no descompuesta, junto con la meteorización de los minerales en el suelo, da por resultado, muchas veces, una estratificación horizontal característica. Esta porción superior del horizonte iluvial, modificada bioquímicamente y denominada vulgarmente el suelo, puede distinguirse del material subyacente por un contenido relativamente alto de materia orgánica una abundancia de raíces de plantas superiores y microorganismos del suelo una meteorización más intensa y la presencia de capas horizontales.

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/1200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf. Existen dos maneras generales de considerar a los suelos: (1) sobre la base de sus propiedades; y (2) sobre la base de funciones específicas o usos del suelo. Cuando se considera la naturaleza del suelo, lo usual es comenzar con los factores principales de formación del suelo o a partir de fenómenos de formación del suelo o a partir de fenómenos involucrados en el origen y evolución de los suelos. Cuando se considera la función del suelo, lo usual es evaluar aquellos factores que son función de las propiedades del suelo de acuerdo al rol que el suelo cumple en la vida individual y social del hombre.

HORONATO (1993), sostiene que los cuerpos individuales de suelo rara vez se separan entre sí por límites abruptos. No son particulados, hay un cambio gradual entre uno y otro formando un continuo y, por ello, los límites se deben establecer en forma arbitraria.

FIRTZ (1980), resume que es el continuo de espacio y tiempo que forma la parte superior de la corteza terrestre

BUCKMAN (1993), manifiesta que es un cuerpo natural que posee tanto profundidad como extensión, como producto de la naturaleza, resultante tanto de fuerzas destructivas como constructivas. El empobrecimiento de los sistemas mineralizantes y microbianos.

[http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.\(2010\)](http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.(2010)), reporta que es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, del viento y de los seres vivos. El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos, se conoce con el nombre de meteorización. Los productos rocosos de la meteorización se mezclan con el aire, agua y restos orgánicos provenientes de plantas y animales para formar suelos. Luego el suelo puede ser considerado como el producto de la interacción entre la litosfera, atmósfera, hidrosfera y la biosfera. Este proceso tarda muchos años, razón por la cual los suelos son considerados recursos naturales no renovables. En el suelo se desarrolla gran parte de la vida terrestre, en él crece una gran cantidad de plantas, y viven muchos animales.

OÑATE (1999), señala que para hablar del suelo y su formación, tenemos que primeramente hacer una recopilación de lo que es y que produce el intemperismo, considerando que a través de este se desintegran y fragmentan las rocas y minerales para formar cierto tipo de suelos, es decir se cumple la siguiente secuencia.

Magma...rocas ígneas.....rocas sedimentaria....rocas metamórficas....suelo (magma). Al iniciar el estudio de los suelos se pensó que el suelo reflejaba hasta cierto grado el material del cual se deriva, o el tipo de roca que dio origen a ese tipo de suelo pero poco a poco se

fue desvaneciendo este criterio gracias a los trabajos de que diferentes suelos se desarrollaban sobre un mismo tipo de roca, pero en áreas distintas cuando el clima varia.

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/1200310221542evaluaciondesuelosclasificacion1.pdf. Suelo es la colección de cuerpos naturales que cubren la superficie terrestre a veces modificados o aun construidos por el hombre con materiales terrosos que contiene organismos vivos y que sustenta o puede sustentar plantas a la intemperie. Su límite superior es el aire o la capa de agua poco profundo. Lateralmente pasa en forma más o menos gradual a aguas profundas o áreas desnudas de roca o hielo. Su límite inferior es no-suelo situado por debajo.

1. **Pedón**

HORONATO (1993), indica que pedón es un volumen más pequeño que puede considerarse representativo de un suelo, mostrando sus horizontes y estratos. Posee una superficie aproximada de 1m, lo que permite describirlo, y contiene el material suficiente para una caracterización adecuada de laboratorio

BUOL, HOLE Y CRACKEN (1989), manifiesta que un pedón tiene tres dimensiones. Su límite inferior es el límite vago y algo arbitrario entre suelo y no suelo. Las dimensiones laterales son lo suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualquier horizonte presente, pues un horizonte puede ser variable en espesor o aun discontinuo.

OÑATE (2005), señala que es el volumen más pequeño de suelo que se puede describir y muestrear para representar la naturaleza y el arreglo de los horizontes de un suelo. Es comparable al cuerpo unitario de un cristal, un pedón tiene tres dimensiones: el límite inferior es algo vago entre el suelo y lo que no es suelo, es decir material geológico. Las dimensiones laterales son lo suficientemente grandes para representar la naturaleza de cualquier horizonte y las alteraciones que pueda presentar. El área que comprende el pedón es de 1-10m²; dependiendo de la variabilidad del suelo.

2. Polipedón

HORONATO (1993), manifiesta que el polipedón es un conjunto de pedones que se agrupan por características semejantes y constituyen lo que se denomina una serie. Esta es una fracción del paisaje; expresión geográfica del individuo suelo, y se caracteriza por un pedón modal que muestra los elementos representativos de la serie a la cual pertenece.

BUOL, HOLE Y CRACKEN (1989), sostiene que es un cuerpo de suelo que consta de más de un pedón se denomina polipedón proporciona el enlace esencial entre entidades básicas de suelos y los suelos individuales.

OÑATE (2005), indica que consiste en un grupo de pedones contiguos, que se encuentran dentro de los límites de una serie de suelos. En otras palabras el conjunto de pedones = polipedón.

B. PERFIL DE SUELOS.

BRADY (1993), Si realizamos un corte en la sección de este suelo se hallan las capas horizontales, un corte así se llama perfil y las capas horizontales. Estos horizontes situados encima del material originario se designan colectivamente por la palabra latina solun, cada suelo bien desarrollado, completo, no metamorfoseado, tiene sus características particulares del perfil.

BUCKMAN (1993), indica que las características de un suelo determinado, tal como se encuentra en el campo. Si realizamos un corte en la sección a través de este suelo se hallarán las capas horizontales. Un corte así se llama perfil y las capas horizontales, horizontes situados encima del material originario se designa colectivamente por la palabra latina solum, cada suelo bien desarrollado, completo, no metamorfoseado, tiene sus características particulares de perfil.

BUOL, HOLE Y CRACKEN (1989) resume que un perfil de suelos completos es la exposición vertical de una porción superficial de la corteza terrestre que incluye todas las

capas que han sido alteradas edafogénicamente durante el periodo de formación del suelo y, también, las capas más profundas que influyeron en la edafogénesis.

<http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/COMPOSICION/morfologia.pd>. Como la edificación actúa desde la superficie y va perdiendo su intensidad conforme profundizamos en el perfil del suelo, el material se altera de un modo diferencial y como resultado de la actuación de estos procesos de meteorización y translocación se pasa de un material homogéneo o uniforme, como es la roca, a un material heterogéneo, estratificado en capas con diferentes propiedades como es el suelo; es decir, se produce la horizonación del material. Y es precisamente esta característica, representada por la variación regular de las propiedades y constituyentes del suelo en función de la profundidad, la característica más representativa de los suelos, rasgo que los diferencia claramente de las rocas.

OÑATE (2005), considera al perfil de un suelo como la exposición vertical de los horizontes distribuidos en forma secuencial o alterada el mismo que puede ser definido en función de los rasgos del perfil o de cada uno de los estratos que lo forman y que son únicos o característicos de una zona o sector, el perfil de suelos puede ser observado en una calicata o hueco cavado a propósito en un corte de carretera(aún cuando no es muy recomendable para efectos de clasificación o descripción de perfiles) o en cualquier sitio donde haya una exposición de horizontes de suelo.

C. FACTORES DE FORMACIÓN DE LOS SUELOS.

Los edafólogos rusos Dokuchaev, Polinov, Lomonosov (1711-1930) señalaron que los materiales originales son factor importante en la formación de los suelos; de ahí que las primeras clasificaciones se hicieron en base a la geología y la composición de los materiales que forman el suelo.

1. **Roca madre.**

http://es.wikipedia.org/wiki/Morfolog%C3%ADa_de_suelo. La roca o sustrato originario puede desempeñar un papel esencial en la evaluación posterior del suelo, cuando algunas de sus propiedades físicas o mineralógicas son heredadas por éste.

OÑATE (2005), señala que el suelo se forma a partir de la meteorización de la roca madre o material parental, por lo tanto los materiales que esta contenga influirán en el producto, el suelo. De ahí que una roca consolidada no se altera de la misma manera que un material sedimentario; igualmente, la composición química y mineralógica de una roca sea esta ígnea, o metamórfica presenta variaciones en la velocidad de intemperismo, porque puede tener una combinación de minerales más o menos alterables, y el suelo que se genera mostrara esta influencia. En todo caso, un material original cualquiera que fuera su origen, se intemperiza a diferente velocidad dependiendo de los factores ambientales que lo rodean y de su composición química, de este modo la naturaleza de la roca, condiciona la formación y propiedades de los suelos. En nuestro país quizá el material original que más influencia tiene en el suelo resultante, son las cenizas volcánicas, que cubren superficies extensas y que facilitan la formación de un determinado suelo, puesto que por su origen no son consolidados y por lo tanto podemos decir que han dado un paso importante en la evolución.

2. **Clima.**

http://es.wikipedia.org/wiki/Morfolog%C3%ADa_de_suelo. Su acción se manifiesta en tres procesos: Alteración del sustrato mineral, evolución de la materia orgánica y migraciones de componentes en el perfil u horizonte del suelo, el clima es el más importante en la diferenciación del suelo.

OÑATE (2005), sostiene que el factor clima ha sido considerado durante mucho tiempo con el de mayor importancia desde el punto de vista de agente formador del suelo. Los primeros edafólogos modernos citaron al clima como un factor muy complejo debido a que sus principales componentes que intervienen en la formación del suelo como la humedad

(precipitación), temperatura, vientos, radiación solar, presión, luz, entre otros, son elementos determinantes.

a. Los organismos.

http://es.wikipedia.org/wiki/Morfolog%C3%ADa_de_suelo El componente biótico que constituye la vegetación, la fauna y los microorganismos actúan de muy distinta manera en la evaluación edáfica. Principalmente en la formación del humus, a partir de los restos que se van incorporando al suelo.

OÑATE (2005), manifiesta que el papel de los organismos como elementos formadores del suelo ha sido muy cuestionado y discutido, no obstante muchos edafólogos americanos, rusos e inclusive de origen francés coinciden en señalar el rol protagónico que cumplen los organismos animales y vegetales al influir en forma directa en la formación del suelo, pero sin lugar a duda uno de los más importantes son las plantas al absorber agua y elementos nutritivos del suelo a través de su sistema radicular. Las plantas superiores participan de manera decisiva en la formación del suelo de las más diversas formas, mediante una mayor retención de agua, secreción y exudación de sustancias a través de las raíces facilitando el intemperismo físico, químico y biológico de rocas y minerales, incrementando la materia orgánica.

b. Relieve o topografía.

http://es.wikipedia.org/wiki/Morfolog%C3%ADa_de_suelo La topografía o relieve actúa sobre los procesos de erosión sobre las condiciones de hidromorfismo y en el lavado superficial que se produce en las laderas de las montañas.

OÑATE (2005), reporta que el relieve se lo define en general como la configuración del terreno, basado en las diferencias de nivel ocasionado por las elevaciones, depresiones u otras desigualdades. Estos desniveles, considerada su morfología, extensión, roca sobre la que se ha formado, llevan diferentes nombres algunos comunes, como colinas, valles, montañas, mesetas, depresiones. En forma general el relieve actúa principalmente como

modificador de la erosión geológica activa y del movimiento del agua en el suelo. En el Ecuador, país montañoso por excelencia la acción del relieve al igual que el clima se manifiesta no solo considerando las diferencias de nivel entre las tres regiones, Costa, Sierra, Oriente, sino también en dimensiones mucho más pequeñas.

c. Tiempo.

http://es.wikipedia.org/wiki/Morfolog%C3%ADa_de_suelo. Actúa como elemento necesario en la lenta evolución edáfica, pero también puede actuar como factor de diferenciación a través de la influencia de cambio o alteraciones climáticas.

OÑATE (2005), indica que la influencia del tiempo como factor formador del suelo resulta innegable. Si partimos del hecho de que una roca en la cual no existe vegetación alguna y los minerales que constituyen presenta sus características microscópicas y químicas inalteradas. A medida que pasa el tiempo la roca cambia de tamaño, se desmenuza, existe degradación y como consecuencia el intemperismo físico y químico se produce de manera concomitante la lixiviación de sales solubles y de menor solubilidad están relacionadas con la cantidad de precipitación de la zona y el suelo que se forma; la parte esencial de este proceso estriba, cuando se puede considerar que se ha formado el suelo. En realidad, estrictamente hablando, un suelo se forma inmediatamente después de que la roca o material matricial se pone en contacto con los agentes atmosféricos, evolucionando con el tiempo las características de este suelo primario.

d. Vegetación.

OÑATE (1999), indica que es un factor que influye mucho para la formación de una determinada clase de suelo, es decir el tipo de vegetación determina el suelo que se forma en un área o zona determinada. Ejemplo, bajo un suelo de bosque de pinos se desarrolla un tipo de suelos, bajo un bosque natural (árboles, arbustos, hierbas) se forman otro tipo de suelo, bajo un pastizal o un cultivo se forma otra clase de suelo.

e. Fracción Inorgánica.

BRADY (1993), La materia orgánica está ampliamente repartida en el horizonte superficial. Sin embargo, aun en esta zona, sus cantidades son siempre comparativamente bajas, alcanzando, en general, del 1 al 6%, a causa de las constituyentes inorgánicas que siempre sucede forzosamente, tales suelos se denominan suelos minerales o inorgánicos. Muchos suelos son de esta clase y son tan comunes, al mencionar la palabra suelo.

HORONATO (1993), manifiesta que corresponde a una mezcla de varios componentes minerales (cuarzo, feldespatos, etc.), con propiedades y características diversas, los tamaños de las partículas son variables, desde la arcilla hasta fragmentos de rocas, determina las propiedades físicas, la fracción coloidal (arcilla) determina las propiedades físico-químicas, es fuente e incluye en la dinámica de los nutrientes (movilidad, fijación, disponibilidad).

f. Fracción orgánica.

BRADY (1993), los cenégaes, pantanos y terrenos húmedos, frecuentemente sus condiciones facilitan la acumulación de mucha materia orgánica. Ello da lugar a que sus depósitos de turba y mantillo alcancen la cifra de un 95%, incluso de materia orgánica, pueden cultivarse los terrenos que contengan hasta un 80 % de materia orgánica y el 20% de minerales.

HORONATO (1993), sostiene que está formada por materiales orgánicos diversos, en distintos grados de descomposición, incluye los organismos del suelo, vivos y muertos. La fracción coloidal humificada influye en las propiedades físico-químicas, afecta las propiedades físicas (facilita la aireación, retención de agua), es fuente de algunos nutrientes, de gran importancia es la fracción coloidal, arcilla y humus, porque en ella radica la dinámica del suelo.

D. EDAD DE LOS SUELOS DEL ECUADOR.

(SOIL TAXONOMY), vale la pena señalar que un país como el nuestro, puede constituir un laboratorio abierto para investigaciones sobre la edad de los suelos, debido a que la roca o el material más fácil de usar puede ser la ceniza volcánica, porque las erupciones pueden datarse; por otro lado si consideramos que cada 25-30 años el fenómeno del niño ha traído al país características hasta cierto punto catastróficas, es factible la identificación de zonas en las que el suelo ha sido cubierto por depósitos aluviales, interrumpiendo su desarrollo y creando un nuevo material de partida, cuya edad es factible conocer.

Con fines didácticos, se exponen siempre estos factores de formación del suelo como independiente, y aunque uno o más pueden ser predominantes, es su interacción la que conduce a la formación de un suelo bien definido. Cuando las condiciones de los factores varían tanto como sucede en el Ecuador, las posibilidades de combinación son grandes de allí que de los once ordenes existentes, es posible que la mayor parte se encuentre en el país.

E. MORFOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.

BUOL, HOLE Y CRACKEN (1989), indica la morfología del suelo ha sido estudiada, en gran parte, bajo condiciones de campo. Se evalúa la morfología de un suelo, examinando el perfil *in situ*. Es deseable un foso recién excavado, lo suficientemente grande como para observar el pedón. Los sitios donde el perfil del suelo ha sido expuesto por largo tiempo, como los cortes de carreteras y las cunetas son aceptables solamente para un examen preliminar, ya que los aspectos morfológicos a menudo se alteran después de una exposición prolongada.

<http://www.arqhys.com/arquitectura/morfologia-suelo>. (2010), se conoce como morfología del suelo a las diversas cualidades del suelo en varios horizontes, la descripción del tipo de suelo y la disposición de los horizontes. Las propiedades observables generalmente incluyen: composición, forma, estructura de suelo, organización del suelo, color base del suelo y asuntos como moteados, distribución radicular, poros, evidencia de materiales

traslocados como carbonatos, hierro, manganeso, carbono, arcilla, consistencia del suelo. La observación de los atributos del suelo para determinar su morfología se realiza en un perfil del suelo. Un perfil es una sección vertical de dos extensiones, en el suelo a un lado del pedón.

http://es.wikipedia.org/wiki/Morfolog%C3%ADa_de_suelo. La morfología de suelo son los atributos observables a campo del suelo dentro de los varios horizontes de suelo, con la descripción de la clase y el arreglo de los horizontes.¹ C.F. Marbut vinculó la morfología de suelo con las teorías de la pedogénesis para la clasificación de suelo ya que las teorías de la génesis de los suelos son tanto efemerales como dinámicas. Los atributos observables ordinariamente descritos a campo incluyen: composición, forma, estructura de suelo, organización del suelo, color base del suelo y asuntos como moteados, distribución radicular, poros, evidencia de materiales traslocados como carbonatos, hierro, manganeso, carbono, arcilla, consistencia del suelo. Las observaciones se llevan a cabo en un perfil de suelo. Un perfil es un corte vertical, de dos dimensiones, en el suelo y de un lado del pedón. El pedón es la unidad tridimensional más pequeña del suelo, y no debe tener menos de 1 m², para adquirir el rango lateral de variabilidad.

OÑATE (1999), sostiene que la morfología del suelo ha sido estudiada en gran parte bajo condiciones de campo. Se evalúa la morfología de un suelo examinando el perfil "in situ." Los sitios donde el perfil de suelo ha sido expuesto por largo tiempo, como los cortes de carreteras y las cunetas son aceptables solamente para un examen preliminar, toda vez que los aspectos morfológicos a menudo se alteran después de una exposición prolongada, sostiene que el examen de perfil comienza con una primera aproximación y la demarcación de los límites de los horizontes del suelo. Luego cada horizonte se observa y se describe cuidadosamente: los límites de los horizontes se señalan más precisamente tal como se requiere para un estudio detallado. La morfología trata de la forma como está estructurado el suelo, es decir su anatomía, que hace referencia al color, textura, estructura, espesor y demás características de cada horizonte. A partir de este principio Brewer 1864 utilizó el término EDAFOLOGIA que se lo define como la descripción sistemática de suelos basados en observaciones de campo y en datos obtenidos sobre el tamaño, forma, descripción e identificación de sus constituyentes.

Cabe destacar que el suelo y el paisaje cambian continuamente desde el punto de vista físico-químico y biológico. Estos cambios o transformaciones se debe a la energía radiante del sol y a la que emana del interior la tierra, la misma que se efectúa en el suelo a través de los procesos de:

- Hidratación y secado.
- Calentamiento y enfriamiento.
- Evapotranspiración e intemperización.
- Erosión (incluso lixiviación) depósitos de material; y
- La fotosíntesis que es importante en todo lo que constituye el cuerpo del suelo.

OÑATE (1999), sostiene que el calor y la luz son transformados por medio de la evapotranspiración; la fotosíntesis y la descomposición de materiales son también parte importante, tomando en cuenta que los constituyentes que participan en los procesos mencionados son gases y extractos en solución o suspensión. Al referirnos a la a las reacciones exotérmicas estas predominan en los diferentes intemperismos, las reacciones endotérmicas influyen en el crecimiento de los organismos sean estos plantas o animales, de ahí que los intercambios y transacciones se verifican entre las plantas y el suelo.

1. **Textura.**

BUCKMAN (1993), La textura de un suelo es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas.

Para el estudio de la textura del suelo, éste se considera formado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida constituye cerca del 50 % del volumen de la mayor parte de los suelos superficiales y consta de una mezcla de partículas inorgánicas y orgánicas

cuyo tamaño y forma varían considerablemente. La distribución proporcional de los diferentes tamaños de partículas minerales determina la textura de un determinado suelo. La textura del suelo se considera una propiedad básica porque los tamaños de las partículas minerales y la proporción relativa de los grupos por tamaños varían considerablemente entre los suelos, pero no se alteran fácilmente en un determinado suelo. (OÑATE 1999),

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO SEGÚN EL UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.

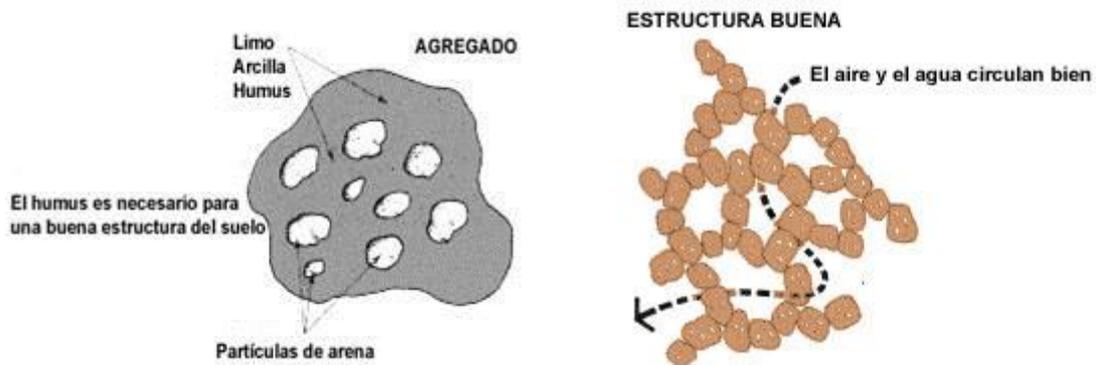
Nombre de la partícula límite del diámetro en milímetros (mm.)	Tamaño en milímetros (mm.)
Arena	0.05 a 2.0
Muy gruesa	1.0 a 2.0
Gruesa	0.5 a 1.0
Mediana	0.25 a 0.5
Fina	0.10 a 0.25
Muy fina	0.05 a 0.10
Limo	0.002 a 0.05
Arcilla	menor de 0.002

Fuente: OÑATE, M. 1999.

2. Estructura.

BUOL, HOLE Y CRACKEN (1989), Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

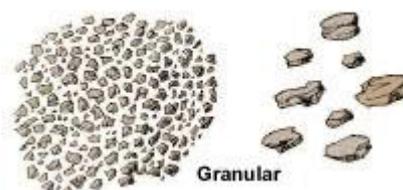


a. **Grados de estructura del suelo.**

- **Estructura de aglomerado** (coherente) donde todo el horizonte del suelo aparece cementado en una gran masa;
 - **Estructura de grano simple** (sin coherencia) donde las partículas individuales del suelo no muestran tendencia a agruparse, como la arena pura;
- 1) **Estructura débil:** está deficientemente formada por agregados indistintos apenas visibles. Cuando se extrae del perfil, los materiales se rompen dando lugar a una mezcla de escasos agregados intactos, muchos quebrados y mucho material no agregado;
 - 2) **Estructura moderada:** se caracteriza por agregados bien formados y diferenciados de duración moderada, y evidentes aunque indistintos en suelos no alterados. Cuando se extrae del perfil, el material edáfico se rompe en una mezcla de varios agregados enteros distintos, algunos rotos y poco material no agregado;
 - 3) **Estructura fuerte:** se caracteriza por agregados bien formados y diferenciados que son duraderos y evidentes en suelos no alterados. Cuando se extrae del perfil, el material edáfico está integrado principalmente por agregados enteros e incluye algunos quebrados y poco o ningún material no agregado.

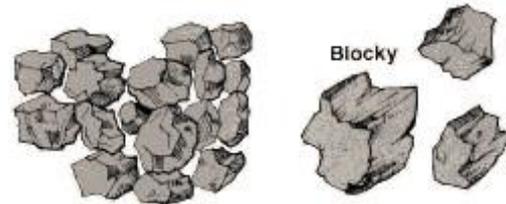
Estructuras granulares y migajosas:

son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy

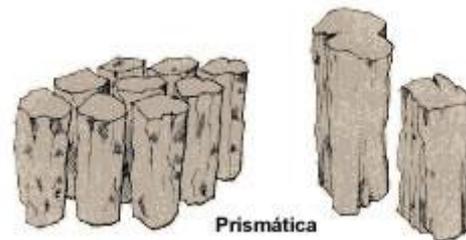


fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos;

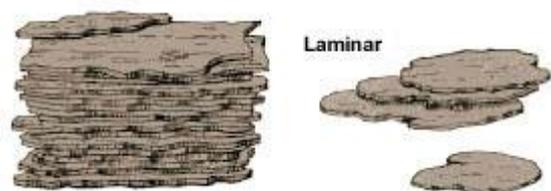
Estructuras en bloques o bloques subangulares: son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua. Suelen encontrarse en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla;



Estructuras prismáticas y columnares: son partículas de suelo que han formado columnas o pilares verticales separados por fisuras verticales diminutas, pero definidas. El agua circula con mayor dificultad y el drenaje es deficiente. Normalmente se encuentran en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla;



Estructura laminar: se compone de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. A menudo las láminas se traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua. Esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, en parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla.



3. Drenaje suelos muy bien drenados

El drenaje de un suelo es su mayor o menor rapidez o facilidad para evacuar el agua por escurrimiento superficial y por infiltración profunda.

a. ¿Cómo saber si el drenaje es bueno o malo?

- 1) Si tras una lluvia o riego se forman charcos en el suelo que permanecen varios días, es síntoma de mal drenaje.



- 2) O haz esta prueba: cava un hoyo de unos 60 cm de diámetro y 60 cm de profundidad y llénalo de agua. Si queda un poco de agua en el fondo después de algunos días, es que el drenaje es deficiente.



- 3) Los técnicos, viendo los horizontes del suelo, también lo saben. Se abre un agujero o perfil y si a unos 50 cm. de profundidad o más, la tierra tiene un color **gris, verde o gris con manchas rojas**, es señal de que esa zona del suelo permanece saturada de agua parte del año.



En la fotografía de la izquierda se aprecia una "masilla" de color gris bastante impermeable.

4. **Profundidad efectiva**

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>. La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten.

Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos del susodicho metro. En un suelo profundo las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de humedad. De igual manera, la planta puede usar los nutrientes almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si éstos están al alcance de las raíces.

Cualquiera de las siguientes condiciones puede limitar la penetración de las raíces en el suelo:

- a. Roca dura sana
- b. Cascajo (pedregosidad abundante)
- c. Agua (nivel, napa o manto freático cercano a la superficie)
- d. Tepetales

5. **Consistencia**

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>. La consistencia es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto.

Dichas fuerzas dependen del contenido de humedades por esta razón que la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado.

Se refiere a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se puede definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada.- Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión.

- a. Cohesión:** Esta fuerza es debida a atracción molecular en razón, a que las partículas de arcilla presentan carga superficial, por una parte y la atracción de masas por las fuerzas de VAN DER WALLS, u otra (GAVANDE, 1976)... Además de estas fuerzas, otros factores tales como compuestos orgánicos, carbonatos de calcio y óxidos de hierro y aluminio, son agentes que integran el mantenimiento conjunto de las partículas.

La cohesión, entonces es la atracción entre partículas de la misma naturaleza.

- b. Adhesión:** Se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción Agua/Aire.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se puede afirmar que la consistencia del suelo posee dos puntos máximos; uno cuando está en estado seco debido a cohesión y otro cuando húmedo que depende de la adhesión.

6. Horizontes del suelo y su reconocimiento en el campo.

<http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/COMPOSICION/morfologia.pdf>. Los horizontes constituyen las unidades para el estudio y para la clasificación de los suelos. Los horizontes edáficos son capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno. Se establecen en función de cambios de las propiedades y constituyentes (que son el resultado de la actuación de los procesos de formación del suelo) con respecto a las capas inmediatas. Los horizontes se ponen, normalmente, de manifiesto en el campo, en el perfil del suelo, pero los datos de laboratorio sirven para confirmar y caracterizar a estos horizontes.

Generalmente bastan solo tres propiedades para establecer la horizonación de un suelo: color, textura y estructura, aunque otras propiedades, como la consistencia, son a veces de gran ayuda. El más mínimo cambio detectado (en una sola o en varias de estas propiedades) es suficiente para diferenciar un nuevo horizonte.

OÑATE (1999, sostiene que el horizonte es un suelo desarrollado "in situ", ubicado en forma aproximadamente paralela a la superficie y con características generales por los procesos, factores y agentes de formación del suelo. En el campo, a los horizontes se los describe en base a sus propiedades físicas, químicas y biológicas como: textura, estructura, color, porosidad, límite y continuidad del horizonte, pH, contenidos de materia orgánica, etc. El espesor y profundidad de cada horizonte se determina a partir de la superficie del suelo hacia abajo y en ningún caso en sentido inverso. La descripción de los diferentes horizontes que constituyen un perfil de suelos es la base principal para su clasificación e interpretación en categorías definidas. Para estos casos inicialmente se procede a la identificación del terreno mediante la hoja de barrenación, en la que se enfocan aspectos muy particulares del suelo. Una vez conocidos los rasgos generales del suelo con fines de clasificación, previo a describir el perfil modal (perfil modelo) que identifica a los suelos de la zona en estudio, se debe analizar en el campo de manera profunda las características de cada uno de los horizontes que constituyen el perfil mediante la observación detallada.

F. MUESTREO DE SUELOS.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>. Dentro de cada unidad de muestreo se toma una muestra de suelo que es en realidad una "muestra compuesta". Es decir, una muestra de suelo se compone de varias submuestras tomadas aleatoriamente en el campo (Brady y Weil, 1999). El número de submuestras por cada muestra es variable, como recomendación general se sugiere que para una unidad de muestreo se tomen 10-20 submuestras (ICA, 1992). Es importante insistir que estas son recomendaciones generales que pueden ser aplicadas en el campo y que la decisión final queda a juicio del muestreador. Adicionalmente, es necesario recordar que esta técnica de muestreo es válida sólo si el suelo dentro de cada unidad es homogéneo, por lo que es muy importante hacer

una buena definición de las unidades de muestreo. Una vez se han definido los límites de cada unidad se procede a tomar las submuestras. Para ello se hace un recorrido sobre el terreno en zig-zag, tomando submuestras en cada vértice donde se cambie la dirección del recorrido.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>. Para especies frutales, plantaciones forestales y agrícolas (café, cacao, aguacate, etc.) se recomienda tomar dos tipos de submuestras, una de 0-20 cm y otra de 20-40 cm en la mitad de la gotera del árbol (la sombra proyectada por el árbol a mediodía) (Comité Departamental de cafeteros de Antioquia, s.f.). Tomar dos submuestras parece ser lógico debido a la mayor profundidad de raíces de estas especies vegetales. Sin embargo, luego la interpretación de los resultados y las recomendaciones de manejo son basadas en la muestra superficial y poco en la muestra profunda. Más trabajo de investigación debe hacerse al respecto. En cualquier caso se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo. Las porciones del suelo se desmenuzan con la mano. Al final las submuestras se van mezclando en el balde hasta completar el número total de submuestras deseado. Posteriormente se transfiere 1 kg de suelo a una bolsa plástica limpia. La bolsa debe cerrarse y marcarse con el nombre o número del terreno muestreado o con un código que escoja el muestreador. Recuerde que una muestra (1 kg) representa un terreno homogéneo y no se deben mezclar muestras de terrenos diferentes.

ARCOS (2008), indica al considerar el análisis de suelos el primer problema que se nos presenta es la toma de muestras, que sean representativas del área en estudio. Las variaciones de composición de los suelos, debido a su origen, cultivos realizados, labores realizadas, etc. Son las causas de los mayores errores de muestreo; de allí que, es muy necesario multiplicar el número de muestras compuestas para obtener información útil e importante para una correcta fertilización de carácter orgánica e inorgánica.

ARCOS (2008), manifiesta que cuando se trata de determinar la composición físico-mecánica o química o realizar cualquier determinación analítica en los lotes muy grandes de material, como son los análisis de suelos, de productos agrícolas almacenados, abonos, etc., hay que practicar la toma de muestras con una técnica y cuidados especiales a fin de

obtener muestras que representan fielmente el contenido predominante del material en estudio, sostiene que los materiales acumulados en grandes volúmenes presentan diferencias en su composición química, así como, en sus caracteres organolépticos, debido a la influencia de factores extraños que se han puesto en contacto con determinados materiales que puedan ocasionar alteraciones que son muy necesarias de considerar para la calificación final, reporta que las muestras representativa del suelo, son las muestras (compuesta) provenientes de varias submuestras, tomadas en distintos sitios de un lote hasta cubrir toda el área del terreno en estudio.

Para que una muestra compuesta sea representativa debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Cada muestra simple debe ser del mismo volumen del suelo.
- Las muestras simples deben ser tomadas a una misma profundidad.
- Se debe tomar el número suficiente de muestras simples, para formar una compuesta.
- Las muestras simples deben ser tomadas del suelo normal es decir, evitando los sitios de coloración o de características diferentes a la predominante.
- Las muestras simples deben ser debidamente homogenizadas para sacar el volumen adecuado de muestra; será de 1 kg aproximadamente.

1. Época de muestreo

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>. En general se recomienda muestrear 2-3 meses antes de la siembra o trasplante. Esto da tiempo para obtener los resultados, interpretarlos, establecer las recomendaciones y adquirir los fertilizantes, cal o abonos orgánicos a aplicar si es que estos son necesarios. En cultivos perennes esto puede hacerse cada 2 años, alrededor de 1-2 meses antes de la cosecha, en la época de floración. En pastos establecidos se puede muestrear cada 2 años, luego de hacer un pastoreo. La

frecuencia de muestreo puede ser más intensa para cultivos altamente tecnificados (flores, hortalizas, etc.). En pasturas se puede establecer un cronograma de muestreo de suelos para los diferentes lotes y así diferir el costo del muestreo y los análisis.

ARCOS (2008) sostiene que las muestras de suelo deben ser tomadas a 1 o 2 meses antes de la siembra, con la finalidad, con el fin de disponer de tiempo suficiente para el envío de las muestras, para su análisis en el laboratorio, para la interpretación de los resultados y la obtención de los fertilizantes o la labor de enclavamiento de los suelos, indica que está en función de la topografía, de la extensión del lote y de la mayor o menor uniformidad del terreno. Se debe tener muy en cuenta que una muestra compuesta proveniente de pocos sitios del terreno, no dará la información correcta de la fertilidad del suelo. Cada muestra compuesta debe provenir de 10 o 20 muestras simples por lo menos. Por cada hectárea de terreno más o menos uniforme, se debe tomar una o dos muestras compuestas si la superficie es mayor que las 5 hectáreas, se tomara una muestra compuesta por cada dos hectáreas, en terrenos de extensiones mayores que 10 hectáreas se tomara una muestra compuesta por cada 3 hectáreas

2. Profundidad del muestreo.

ARCOS (2008), manifiesta que con fines de forestación y reforestación, será conveniente tomar muestras a diferentes profundidades, para obtener informaciones generales sobre la secuencia del perfil del suelo y escoger las especies que mayor se adapten a esas condiciones del terreno, reporta que por la existencia de varios tipos de barreno, no todos pueden ser utilizados indistintamente, su utilización depende de la característica de los suelos; cuando se toman muestras de suelos con barreno, la muestra simple es más uniforme y su ejecución es rápida con 10 o más perforaciones obtiene un buen volumen para la muestra compuesta.

G. FERTILIDAD.

ARCOS (2008), la nutrición es el metabolismo entre la planta y el medio ambiente. Esto es el paso de las sustancias del medio (suelo, aire) a la composición de los tejidos vegetales, a

la composición de los vegetales, a la composición de los compuestos orgánicos sintetizados por la planta y secreción de una serie de sustancias de ella. El abastecimiento de las plantas de ácido carbónico, realizado por las hojas como resultado de la nutrición aérea, transcurre, como regla, uniformemente que por la nutrición radicular.

Para el proceso de la fotosíntesis es impredecible la luz, calor, humedad y el suministro de elementos minerales, la intensidad del proceso se determina por los factores mencionados y también por las peculiaridades biológicas de las plantas y su densidad de población. La nutrición radicular de las plantas depende no solo de sus peculiaridades biológicas, abastecimiento de productos de la fotosíntesis, sino, también, de la intensidad de crecimiento del sistema radicular, estructura y aireación del suelo, humedad, reacción del suelo, contenido de sustancias nutritivas, formas y correlación de los elementos minerales en el suelo, actividad de la micro flora edáfica, segregaciones radiculares, etc.

<http://www.tierramor.org/Articulos/Fertilidad%20de%20suelos>. (2010) reporta que necesitamos saber cómo funciona un suelo sano para poder entender cómo trabajar con él sin agotar su fertilidad. El suelo es una mezcla de materias orgánicas e inorgánicas conteniendo una gran variedad de microorganismos (por ejemplo lombrices, hormigas, tijerillas, etc.) y microorganismos (como bacterias, algas, hongos). El suelo provee ancla y es soporte para las plantas, las cuales extraen agua y nutrientes de él. Estos nutrientes están devueltos al suelo por la acción de los organismos del suelo sobre las plantas muertas o en vía de morir y la materia de origen animal. Entonces, en áreas templadas, o sea en "tierra fría" donde hay mucha diferencia entre las temperaturas altas del verano y las muy bajas del invierno, la actividad de los organismos del suelo baja o cesa durante el invierno. Esto resulta en una capa gruesa de basura orgánica y hojarasca. En áreas subtropicales y tropicales, donde la temperatura promedio es alta todo el año, los organismos del suelo son constantemente activos. Por consecuencia, la capa orgánica es delgada, el reciclaje de los nutrientes es relativamente rápido y continuo. En área templada el reciclamiento de nutrientes es relativamente lento y periódico.

<http://www.tierramor.org/Articulos/Fertilidad%20de%20suelos>. (2010) indica que el árbol no está utilizando, para su crecimiento, el nitrato de amonio producido, como lo haría

normalmente. Además, se produce un exceso de nitrato de amonio por la descomposición del excedente de materia orgánica, cual exceso está causado por la caída de hojas y ramas muertas y por las raíces que se mueren. El exceso de nitrógeno de amonio se transforma en nitrógeno nitrato. En forma de nitrato este exceso de nitrógeno puede ser repartido, por el agua, a otras áreas del bosque, donde puede ser aprovechado por otras plantas, o por la atmósfera en forma de gas nitrógeno. En el sitio del árbol enfermo, la presencia de nitrógeno nitrato no permite la producción de etileno. En consecuencia, la descomposición de la materia orgánica sigue sin impedimento y las condiciones son favorables para que los patógenos ataquen el árbol vivo. Entonces este árbol viejo, enfermo o dañado se descompone muy rápidamente, para impedir que se reproduzca y para permitir que crezcan los árboles nuevos, jóvenes y productivos.

[http://www.tierramor.org/Articulos/Fertilidad%20de%20suelos.\(2010\)](http://www.tierramor.org/Articulos/Fertilidad%20de%20suelos.(2010)), indica que los nutrientes producidos por la descomposición de los árboles son utilizados por las plantas nuevas, o bien repartidos a través del bosque hasta donde se necesitan. El mismo sistema ocurre en pastizales inalterados. Las enfermedades de las plantas y la presencia de nitrógeno nitrato en el suelo es una advertencia que algo está fuera de equilibrio. Que hay una planta enferma que necesita ser destruida. En los suelos inalterados hay alrededor de 15-10 partes por millón (ppm) de nitrógeno de amonio y menos de 2 ppm de nitrógeno nitrato. Cuando necesitamos aplicar fertilizante para aumentar la fertilidad de un suelo pobre o para establecer nuevos árboles, debemos aplicar solo fertilizantes cuyo nitrógeno se presenta en forma de amonio. Los microorganismos utilizan el carbono y por consecuencia el nitrógeno, y lo ligan a sus propios cuerpos, de lo cual se obtiene una descarga lenta de nitrógeno sobre algo de tiempo.

1. Fertilidad de los bosques

[http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/465E](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/465E) (2010), indica que la fertilización puede incrementar el volumen de madera, la producción de agujas de pino (utilizadas para mulch y jardinería) y rentabilidad por hectárea de este tipo de pinos. Para maximizar los beneficios de la aplicación de fertilizantes, las recomendaciones de fertilización deben ser específicas para cada sitio y se deben basar en el tipo de suelo, historia del lote, control de

la vegetación competitiva, edad de la plantación, población (árboles/ha) y el producto a obtenerse (pulpa, postes, agujas).

<http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/el-ecuador-tiene-gran-potencial-forestal-> (2010), reporta que el Ecuador es considerado una potencia forestal en crecimiento que genera múltiples beneficios para los ciudadanos, el medio ambiente y el Estado. Los bosques permiten la obtención de bienes maderables (madera para la construcción, muebles, pisos, puertas, elaboración de papel, cartón o leña, entre otros) y bienes no maderables (aceites medicinales y perfumería; frutos y semillas; fibras para tejidos, látex para hacer llantas, El Sector Forestal Productivo contribuye también con el medio ambiente. "Una hectárea de plantaciones de pino absorbe anualmente 7,9 toneladas de carbono de la atmósfera (CO₂) para transformarlo en biomasa, al mismo tiempo que libera cantidades importantes de oxígeno. Así se da una reducción a los gases de efecto invernadero, hay captación y retención de aguas en los ecosistemas boscosos, se regula el clima en términos de precipitación y temperatura y se conserva el suelo de cultivo.

H. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE.

1. *Pinus radiata*.

Según (ENGLER'S, 1964), la clasificación sistemática del *Pinus* es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Spermatophitas.

División: Gymnospermae.

Clase: Conífera.

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae.

Género: Pinus

Especie. radiata

Nombre Científico: *Pinus radiata*. D. Don.

PADT- REFORT, 1981, analiza al árbol de la siguiente manera: Distribución de especie: Estados Unidos, Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, y Chile.

2. Descripción del árbol.

- a. **Copa:** cónica triangular. Presenta hojas aciculares en grupos o fascículos de tres; flores agrupadas y fruto apiñado leñoso (estrobillo).
- b. **Tronco:** Cónico recto. Altura comercial promedio de 40m. Altura total promedio de 50m; diámetro promedio a la altura de pecho 0.80m.
- c. **Corteza:** Externa de color café, apariencia agrietada, interior de color crema rosáceo. Segrega resina transparente.

(MONTENEGRO, F.1999); indica que *Pinus radiata* D, Don. Es una conífera de rápido crecimiento que se adapta a una gran variedad de los suelos; prefiere el clima mediterráneo con una estación seca definida. Es una especie rustica y plástica en sentido que soporta y se adapta a climas y suelos diversos. Se lo encuentra creciendo desde suelos de origen marino o meteorizando, a orillas del mar, en suelos arenosos, arcillosos, francos.

3. Requerimientos del suelo.

Según, FRITH, A.C., (1972), El pino requiere de los suelos con textura arenosos o limosos y tienen buen drenaje. Salvo donde se producen localmente estratos compactos o cementados. En las regiones de elevadas precipitaciones pluviales (más de 1000 mm por año), se han observado incipientes pailas de hierro. El material de partida es de gran profundidad y la penetración por las raíces de árboles es generalmente buena. Para suelos forestales, los valores de pH son más bien altos, generalmente entre 6,0 y 7,0; el contenido de nitrógeno de los suelos es, por lo general, adecuado, 15-40 ppm; el contenido potásico varía de adecuado a alto, de 30-150 ppm; el contenido de fosfato es invariablemente bajo, entre 1 y 6 ppm por todo el perfil, aunque ocasionalmente se concentra en la superficie un

estrato de 1 cm de unas 9-12 ppm. Las lluvias caídas varían de bajas (450 mm/año) a altas (2000 mm/año).

4. Requerimientos nutricionales.

Demandas de nutrientes en el primer y segundo año de crecimiento de acuerdo a las categorías de biomasa establecidas y a los requerimientos internos estimados.

CUADRO 2. DEMANDA DE NUTRIENTES EN EL PRIMER Y SEGUNDO AÑO DE CRECIMIENTO DE *Pinus radiata*.

Categoría productiva	Biomasa (Kg MS/ha)		Demanda N (Kg/ha)		Demanda P (Kg/ha)	
	1 año	2 año	1 año	2 año	1 año	2 año
Baja	200	<2000	3	20	0,3	2
Media	200 - 300	2000 - 3000	3,0 - 4,5	30 - 45	0,30 - 0,45	2,0 - 3,0
Alta	300 - 500	3000 - 5000	4,5 - 7,5	45 - 75	0,45 - 0,50	3,5 - 5,0

Fuente: FORESTAL MININCO S. A. 1994.

En el caso del P la respuesta a la fertilización fosforada se mantiene, dada la baja eficiencia de absorción de P. El efecto residual de la fertilización va a depender de la magnitud de la dosis de P aplicada en el establecimiento (primer año). Si ésta es relativamente baja su efecto residual puede ser insuficiente para satisfacer demandas de 2 a 5 kg P/ha si el suministro de P inicial del suelo es bajo. Por otra parte, la concentración ponderada de los nutrientes de los distintos componentes de la biomasa permitió establecer el requerimiento interno de N y P para árboles con una nutrición óptima en el primer y segundo año de crecimiento, es decir, el contenido de nutriente (%) existente en la biomasa seca. En el (Cuadro 3) se presenta el requerimiento interno de nutrientes de los árboles. FORESTAL MININCO S. A. (1994)

CUADRO 3. REQUERIMIENTO INTERNO DE NUTRIENTES DE LOS ARBOLES DE
Pinus radiata.

Nutriente	Período de crecimiento	
	1 año	2 año
Nitrógeno	1,5 %	1,05 %
Fósforo	0,15 %	0,1 %
Potasio	0,8 %	0,55 %
Calcio	0,22 %	0,15 %
Magnesio	0,1 %	0,1 %

Fuente: FORESTAL MININCO S. A. 1994.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.

1. Localización.

La presente investigación se realizó en las plantaciones forestales (ACOSA). En la Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

2. Ubicación geográfica¹.

Latitud: 00° 40` 12” S

Longitud: 78° 34` 53”

Altitud: 3150 msnm

3. Condiciones climatológicas².

Temperatura: 12°C

Humedad: 91%

4. Clasificación ecológica³.

Según Holdrige, encontramos 2 zonas de vida:

Bosque húmedo montano: bhM

Bosque muy húmedo montano: bmhM

¹Estación Meteorológica vivero San Joaquín ACOSA (22-05-2006)

²Estación Meteorológica vivero San Joaquín

³. Según Holdridge (1987)

5. Suelos.

El suelo es de origen volcánico derivado de ceniza volcánica, con mucha grava y piedra, y un porcentaje menor al 1% de materia orgánica en el horizonte A. La Superficie en estudio comprende 121.15 has de las tres localidades.

6. Características generales.

Aglomerados Cotopaxi cuenta con una superficie aproximada de 18.000 has en diferentes localidades dentro de la provincia de Cotopaxi, en las cuales en su mayoría tiene plantaciones comerciales de *Pinus radiata*, eucaliptus globulus, entre otras, con diferentes edades de plantación que van desde un día de plantados hasta la época del turno que es 20 años; el manejo silvicultural consta de rastrado, control de malezas, plagas, etc. Las vías de acceso con las que cuenta son de primer, segundo y tercer orden lo que facilita el acceso a las diferentes plantaciones.

B. MATERIALES.

1. Materiales para campo.

Clinómetro, GPS, cinta métrica, pala, pico azadón, fundas plásticas, etiquetas, lápiz, libreta de apuntes, cámara fotográfica, calculadora, papel de impresión, CD, vehículo, cabo, pintura, tablero de campo, botas, mochila, pintura en spray.

2. Materiales de laboratorio.

Muestras de suelos, caja de madera, papel periódico, combo de madera, rodillo de madera, tamiz de varios diámetros, balanza analítica, espátula, vasos plásticos de 200cc, pipetas, picetas, agitador mecánico, probetas, hidrómetros, termómetro, estufa, crisoles, y reactivos como hidróxido de sodio, bicarbonato de sodio, hexametáfosfato de sodio, entre otros.

3. **Materiales de oficina.**

Computador, calculadora, reglas, lápiz, cinta, carta topográfica, mapas de la zona, hojas A3, etc.

C. **METODOLOGÍA.**

Para la caracterización físico-química del suelo en plantaciones de *Pinus radiata* se procedió de la siguiente manera:

1. **Especificaciones del campo experimental.**

a. **Número de tratamientos.**

Tres (3). Se lo efectuó en las haciendas Santa Ana, San Joaquín y Colcas del patrimonio de ACOSA. En las cuales se realizaron análisis de suelo

b. **Número de repeticiones.**

Tres (3) por cada rodal en estudio.

c. **Número de unidades experimentales.**

Dieciocho (18)

2. **Forma de evaluación.**

Para la evaluación química se llevaron al laboratorio las muestras de suelo y se registraron los datos de propiedades físicas en el campo.

3. **Factores en estudio.**

a. **Factor X (Haciendas).**

X1: 229A2 Hacienda San Joaquín

X2: 102A2 Hacienda Santa Ana

X3: 415A2 Hacienda Colcas

b. **Factor Y (Profundidad de la muestra).**

Y1: 0 – 25 cm.

Y2: 25.1 – 80 cm.

c. **Factor Z (Laboratorios para el análisis).**

Z1: R-DEEN-HAAN

Z2: INIAP

Z3: AGROBIOLAB

d. **Unidad de observación.**

El factor resulta de la multiplicación de los tratamientos por el número de repeticiones (Cuadro 4).

CUADRO 4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.

Tratamiento	Código	Descripción
T1	X1Y1Z1	Hacienda San Joaquín → 0 – 25 (cm.) → R-DEEN-HAAN
T2	X1Y2Z1	Hacienda San Joaquín → 25,1 - 80 (cm.) → R-DEEN-HAAN
T3	X1Y1Z2	Hacienda San Joaquín → 0 – 25 (cm.) → INIAP
T4	X1Y2Z2	Hacienda San Joaquín → 25,1 - 80 (cm.) → INIAP
T5	X1Y1Z3	Hacienda San Joaquín → 0 – 25 (cm.) → AGROBIOLAB
T6	X1Y2Z3	Hacienda San Joaquín → 25,1 - 80 (cm.) → AGROBIOLAB
T7	X2Y1Z1	Hacienda Santa Ana → 0 – 25 (cm.) → R-DEEN-HAAN
T8	X2Y2Z1	Hacienda Santa Ana → 25,1 - 80 (cm.) → R-DEEN-HAAN
T9	X2Y1Z2	Hacienda Santa Ana → 0 – 25 (cm.) → INIAP
T10	X2Y2Z2	Hacienda Santa Ana → 25,1 - 80 (cm.) → INIAP
T11	X2Y1Z3	Hacienda Santa Ana → 0 – 25 (cm.) → AGROBIOLAB
T12	X2Y2Z3	Hacienda Santa Ana → 25,1 - 80 (cm.) → AGROBIOLAB
T13	X3Y1Z1	Hacienda Colcas → 0 – 25 (cm.) → R-DEEN-HAAN
T14	X3Y2Z1	Hacienda Colcas → 25,1 - 80 (cm.) → R-DEEN-HAAN
T15	X3Y1Z2	Hacienda Colcas → 0 – 25 (cm.) → INIAP
T16	X3Y2Z2	Hacienda Colcas → 25,1 - 80 (cm.) → INIAP
T17	X3Y1Z3	Hacienda Colcas → 0 – 25 (cm.) → AGROBIOLAB
T18	X3Y2Z3	Hacienda Colcas → 25,1 - 80 (cm.) → AGROBIOLAB

Elaboración: VARGAS L. 2011

4. Tipo de diseño experimental.

Para la presente investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 18 tratamientos y tres repeticiones.

a. Análisis estadístico.

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA).

Fuente de Variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloques	(n-1)	2
Tratamientos	(a-1)	17
Error	(a-1) (n-1)	34
Total	(rt-1)	53

Elaboración: VARGAS L. 2011

b. Análisis funcional

Se determinó el coeficiente de variación.

Se realizó la prueba de Tukey al 5% para las medias de los tratamientos.

D. MANEJO DEL ENSAYO.

1. Profundidad de calicatas

Tienen una dimensión de 1.5 m largo x 1.5 m ancho x 1.5 m profundidad, se realizaron 2 calicatas y se obtuvieron muestras compuestas para determinar propiedades físico-químicas en plantaciones de *Pinus radiata*.

2. Profundidad para la barrenación

0 – 25 cm y de 25,1 – 80 cm.

El terreno de estas localidades fueron preparados con la rastra sabana.

a. Determinación de los transectos.

Para marcar los transectos en el campo se utilizó los mapas existentes en el patrimonio de ACOSA y con el ArcGis 9.3 se establecieron puntos de 250 y 500 m en zigzag, para luego en el campo con la ayuda del GPS se hizo la reposición de los puntos, a fin de tomar las respectivas muestras de suelos de la zona. Se dividió el rodal en cuadrantes y se estableció el centro de la misma para construir las calicatas y determinar los perfiles modales y propiedades físicas.

b. Muestreo de suelos.

1) Toma de muestras de suelo

a. Se tomaron muestras simples con la ayuda del barreno de todo el rodal para formar luego una muestra compuesta y fue enviada al laboratorio. Estas muestras fueron analizadas determinándose nitrógeno asimilable, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cloro, azufre, amonio, boro, cobre y sodio; así como también algunas propiedades físicas como textura, estructura, estabilidad estructural, consistencia, color, etc.

b. Para la construcción de las calicatas se eliminó de la parte superficial, el material vegetal y se midió 1.5 m largo x 1.5 m ancho x 1.5 m profundidad; con el fin de obtener una muestra representativa se tomó aproximadamente 1kg de suelo, las mismas que fueron colocados en fundas de polietileno, cuidadosamente etiquetadas para su identificación, y poder determinar las propiedades físicas de cada uno de los horizontes que forman parte del perfil.

c. Posterior al muestreo se realizó la identificación de los perfiles modales lo que permitió obtener información acerca del material que existe en el suelo. Ejemplo (materia orgánica, pumina, roca volcánica), entre otros.

d. En cuanto al número de barrenaciones estas dependieron básicamente en función de la homogeneidad del suelo, las primeras se hizo cada 250 m en zigzag; de lo contrario se tomó a los 500 m, estas cubrieron toda el área en estudio para obtener muestras representativas.

3. Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo fresco fueron secadas al aire libre y se analizaron siguiendo los procedimientos establecidos para cada parámetro; utilizando los laboratorios R-DEEN-HAAN de Alemania, INIAP y AGROBIOLAB.

4. Elaboración de los mapas

En el programa ArcGis 9.3, se estructuraron los mapas de suelos por zonas de acuerdo a sus características físico-químicas.

5. Trabajo de Gabinete

El trabajo de oficina se realizó luego de la obtención y tabulación de todos los resultados para la elaboración del informe final.

E. VARIABLES.

1. Las propiedades químicas

Se las obtuvo de los resultados obtenidos en los diferentes análisis de suelo.

2. Las propiedades físicas

Se las determinó en el campo en los terrenos de ACOSA S.A.

3. Los mapas de suelo

Se los estructuró de acuerdo a lo establecido en las diferentes toma de datos en el campo. Así como los registrados en los laboratorios.

Los fertilizantes usados en el ensayo (Cuadro 6), para los rodales en estudio.

CUADRO 6. FERTILIZANTES USADOS EN EL ENSAYO.

Producto	Tratamiento	Código	Dosis (g./planta)	Fórmula	B – Zn – Cu (%)
Sumicoat	T1	A	65	12-7-23-2	0.04 – 0.08 – 0.08
	T2	B	65	19-8-12-2	0.04 – 0.08 – 0.08
	T3	C	100	12-7-23-2	0.04 – 0.08 – 0.08
Tradicionales	T4	D	40	14 - 2-21	VioletExel
	T5	E	80	13-13-21	BlueExel
	T6	F	40	46-0-0	Urea Verde

Elaboración: Vargas, L. 2011.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A. ANÁLISIS DE SUELO (Anexo 1).

1. pH de los suelo.

El análisis de varianza para el pH de los suelos (Cuadro 7), presentan diferencias estadísticas para las Haciendas (Factor X); en cambio para los Laboratorios (Factor Z) diferencias estadísticas altamente significativas; mientras que para la profundidad (Factor Y) y la interacción no presentó diferencias estadísticas.

El coeficiente de variación fue 2.85 % y en promedio el pH de los suelo fue de 6.19.

CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL pH DE LOS SUELO.

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	3,56					
Factor X (Hdas)	2	0,28	0,14	4,57	4,46	8,65	*
Factor Y (Prof. cm.)	1	0,05	0,05	1,48	5,32	11,26	ns
Factor Z (Lab)	2	2,94	1,47	47,16	4,46	8,65	**
Int. XYZ	4	0,04	0,01	0,35	3,84	7,01	ns
Error	8	0,25	0,03				
CV %			2,85				
Media			6,19				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la prueba de Tukey al 5 % para las muestras de suelo procedentes de la hacienda Colcas rodal 415A2 (X3) alcanzó un pH ligeramente ácido de 6.37 lo cual difiere significativamente de los suelos de la hacienda Santa Ana rodal 102 A2 (X1) que mostró un pH de suelo de 6.15 y la hacienda San Joaquín rodal 229 A2 (X2) presentó un pH de

suelo de 6.07 correspondiente a ácido (Cuadro 8), esto puede atribuirse a las condiciones climáticas diferentes de cada lugar (Gráfico 1)

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL pH SEGÚN LAS HACIENDAS.

Hacienda	Código	Rodal	Medias	Rango
Colcas	X3	415A2	6,37	A
Santa Ana	X1	102A2	6,15	AB
San Joaquín	X2	229A2	6,07	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

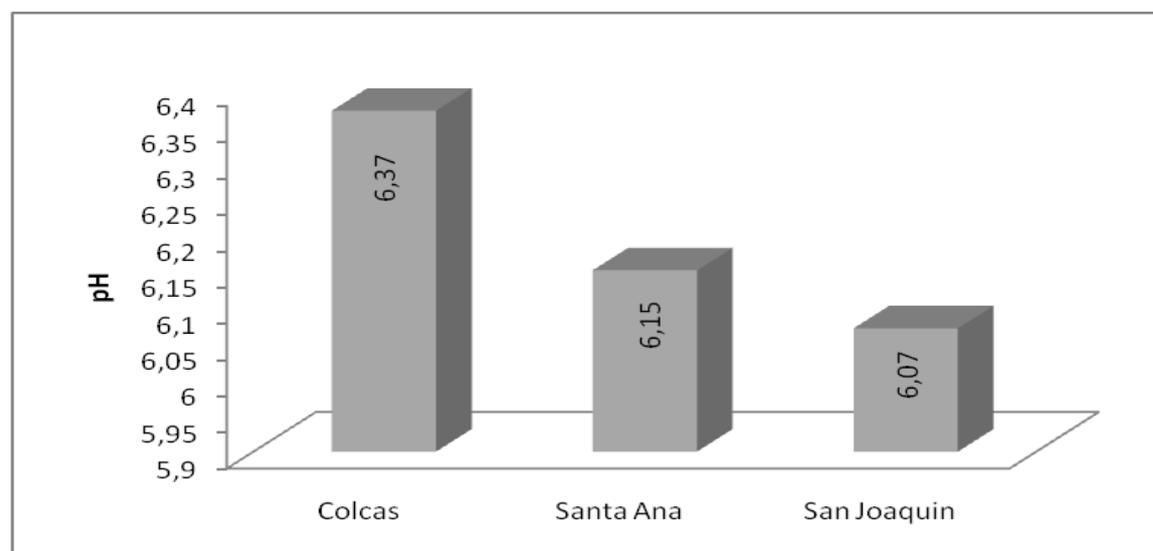


GRÁFICO 1. VALOR DEL pH SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X).

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios; R-DEEN-HAAN (Z1) presenta un valor de 6.77 en el pH de suelo que corresponde a neutro, ubicándolo en el rango “A”; mientras que en los laboratorios AGROBIOLAB (Z3) e INIAP (Z2) con valores de 5.92 y 5.90 respectivamente en el pH de suelo, les ubicó en el rango “B” (Cuadro 9), correspondiente a suelos ácidos; esto puede atribuirse a la calibración de los aparatos utilizados en la determinación del pH y las correspondientes fructuaciones al realizar las lecturas. (Gráfico 2)

CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL pH SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z).

Laboratorio	Código	Medias	Rango
R-DEEN-HAAN	Z1	6,77	A
AGROBIOLAB	Z3	5,92	B
INIAP	Z2	5,90	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

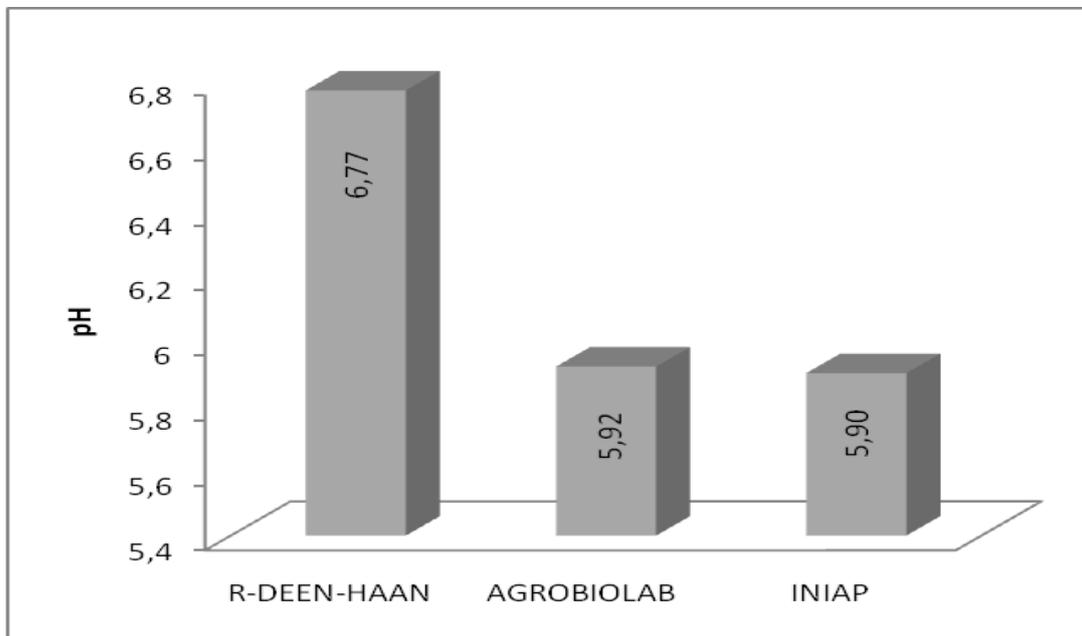


GRÁFICO 2. VALOR DEL pH SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z).

2. Fósforo (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de fósforo (Cuadro 10), presentó diferencias significativas para las Haciendas (Factor X), en tanto que para los Laboratorios (Factor Z) presentó diferencias altamente significativas; para el resto de factores no presentó diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variación fue 28.15 %, con una media de 14.90 ppm.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE FÓSFORO

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	3528,26					
Factor X (Hdas)	2	780,81	390,41	5,20	4,10	7,56	*
Factor Y (Prof. cm.)	1	170,51	170,51	2,27	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	1745,05	872,53	11,62	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	81,23	40,62	0,54	4,10	7,56	ns
Error	10	750,65	75,07				
CV %			28,15				
Media			14,90				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la prueba de Tukey al 5 % para la presencia de fósforo en las muestras de suelo procedentes de la Hacienda Santa Ana rodal 102A2 (X1) se ubicó en el rango “A” con un valor de 23.87 ppm de fósforo; mientras que la hacienda San Joaquín rodal 229A2 (X2) se ubicó en el rango “AB” con un valor de 12.6 ppm de fósforo; y finalmente la hacienda Colcas rodal 415A2 (X3) con un valor 8.23 ppm de fósforo se ubicó en el rango “B”. (Cuadro 11; Gráfico 3). Esta acumulación del elemento (P) puede atribuirse a las plantaciones anteriores y sobre todo la poca movilidad de este elemento en el suelo

CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL FÓSFORO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS

Hacienda	Código	Rodal	Medias (ppm.)	Rango
Santa Ana	X1	102A2	23,87	A
San Joaquín	X2	229A2	12,6	AB
Colcas	X3	415A2	8,23	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

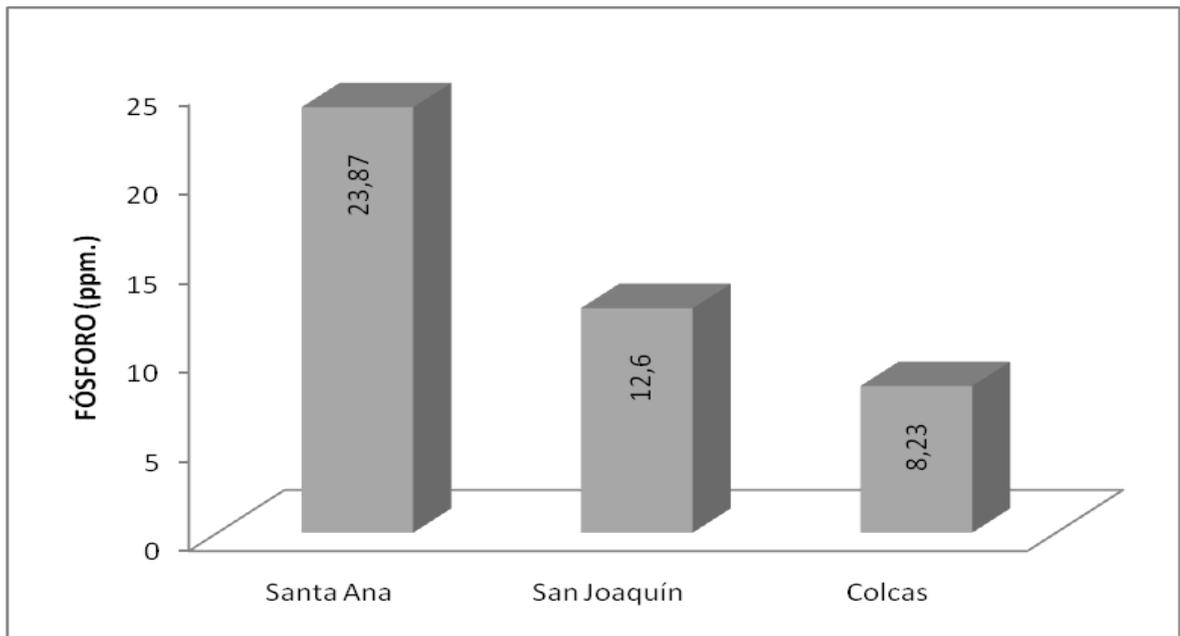


GRÁFICO 3. FÓSFORO PRESENTE SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de fósforo en el suelo; INIAP (Z2) y AGROBIOLAB (Z3) presentan valores de 22.13 y 21.13 ppm de fósforo respectivamente, ubicándoles en el rango “A”; mientras que el laboratorio R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 1.00 ppm de fósforo, se ubicó en el rango “B” (Cuadro 12; Gráfico 4).

CUADRO 12. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE FÓSFORO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR X)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
INIAP	Z2	22,13	A
AGROBIOLAB	Z3	21,13	A
R-DEEN-HAAN	Z1	1,00	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

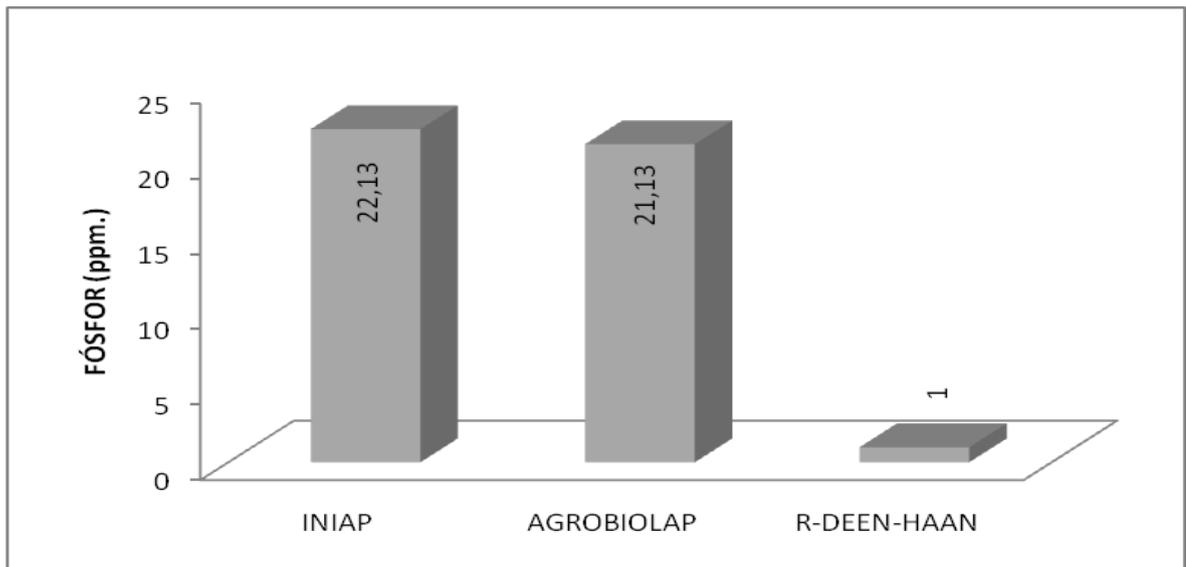


GRÁFICO 4. CANTIDAD DE FÓSFORO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

3. Potasio (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de potasio (Cuadro 13), presenta diferencias significativas para las Haciendas (Factor X); para los Laboratorios (Factor Z) existen diferencias estadísticas altamente significativas; mientras que para el resto de factores no presentó diferencias estadística significativas.

El coeficiente de variación fue 23.36 %, con una media de 56.62 ppm.

CUADRO 13. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE POTASIO

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	27846,75					
Factor X (Hdas)	2	2377,83	1188,92	6,80	4,10	7,56	*
Factor Y (Prof. cm.)	1	41,41	41,41	0,24	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	23402,89	11701,45	66,90	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	275,47	137,74	0,79	4,10	7,56	ns
Error	10	1749,15	174,91				
CV %			23,36				
Media			56,62				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la prueba de Tukey al 5 % para la presencia de potasio, la hacienda San Joaquín rodal 229A2 (X2) y Santa Ana rodal 102A2 (X1), se ubicaron en el rango “A” con valores de 71.57 y 54.67 ppm respectivamente; mientras que la hacienda Colcas rodal 415A2 (X3) se ubicó en el rango “B” con un valor de 43.62 ppm de potasio. (Cuadro 14; Gráfico 5).

CUADRO 14. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL POTASIO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

Hacienda	Código	Rodal	Medias (ppm.)	Rango
San Joaquín	X2	229A2	71,57	A
Santa Ana	X1	102A2	54,67	A
Colcas	X3	415A2	43,62	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

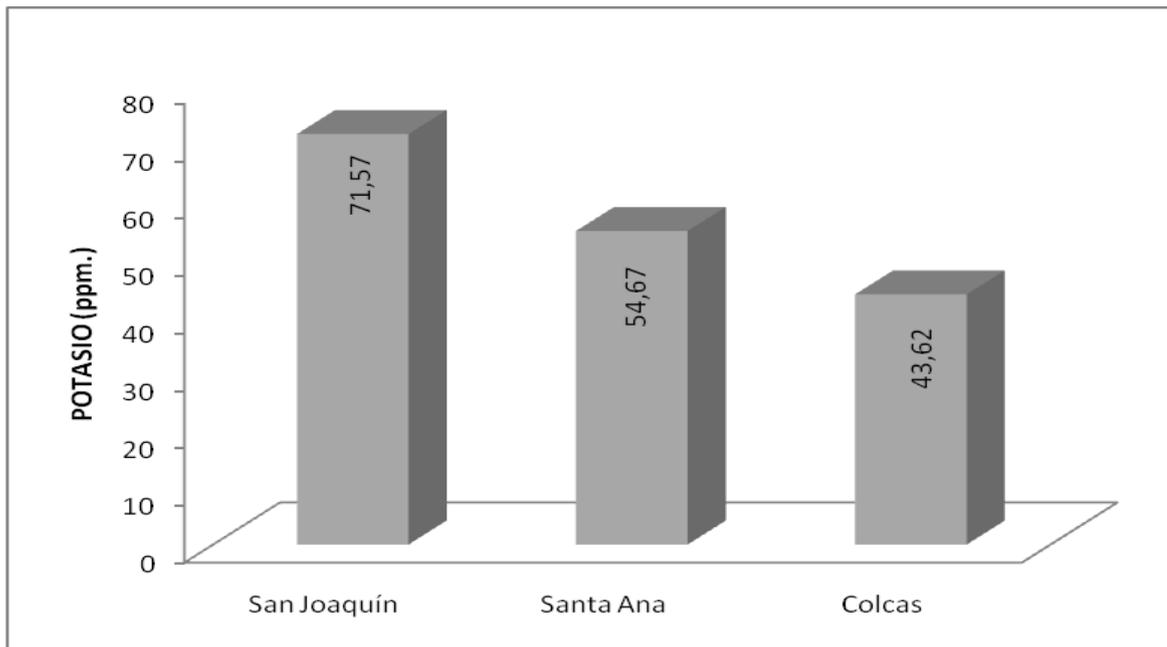


GRÁFICO 5. POTASIO REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X).

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de potasio en el suelo; AGROBIOLAB (Z3) presenta un valor de 94.25 ppm, ubicándolo en el rango “A”; INIAP (Z2) con un valor de 67.60 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 8.00 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 15; Gráfico 6).

CUADRO 15. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE POTASIO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
AGROBIOLAB	Z3	94,25	A
INIAP	Z2	67,60	B
R-DEEN-HAAN	Z1	8,00	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

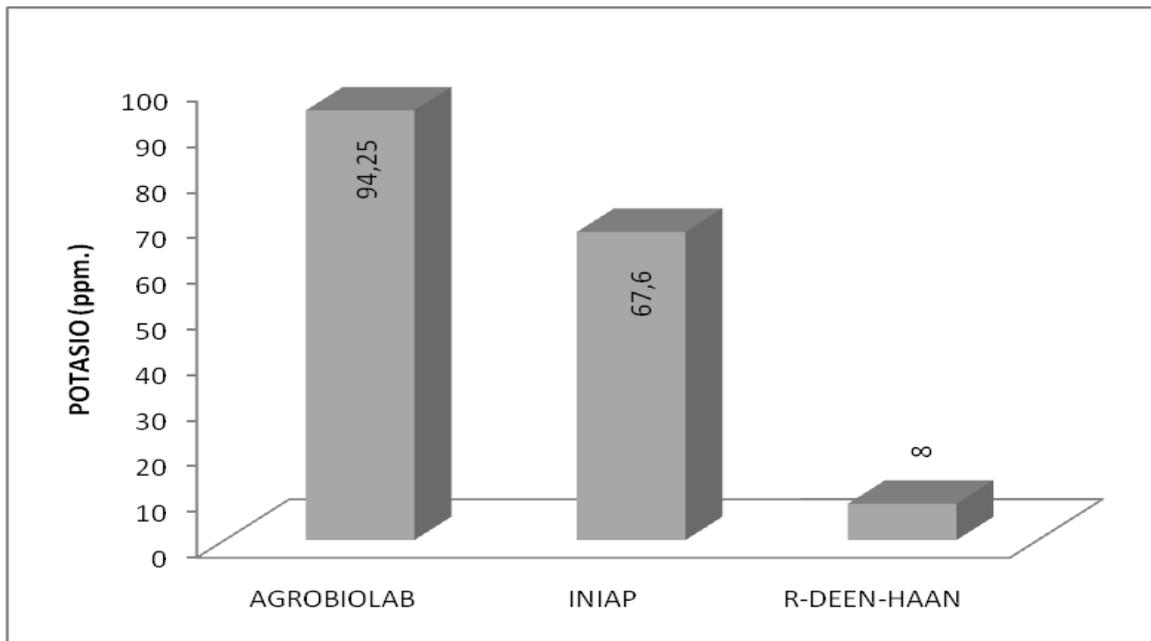


GRÁFICO 6. POTASIO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z).

4. Calcio (ppm).

En el análisis de varianza para la presencia de Ca (Cuadro 16), presentó diferencias estadísticas altamente significativas en los Laboratorios (Factor Z); mientras que en el resto de factores no presentó diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variación fue 22.73 %, con una media de 1118.44 ppm

CUADRO 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE CALCIO.

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	3802636,44					
Factor X (Hdas)	2	426067,11	213033,56	3,30	4,10	7,56	ns
Factor Y (Prof. cm.)	1	85422,22	85422,22	1,32	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	2588087,11	1294043,56	20,02	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	56773,78	28386,89	0,44	4,10	7,56	ns
Error	10	646286,22	64628,62				
CV %			22,73				
Media			1118,44				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de calcio en el suelo; R-DEEN-HAAN (Z1) presenta un valor de 1600.00 ppm, ubicándolo en el rango “A”; AGROBIOLAB (Z3) con un valor de 1082.00 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que INIAP (Z2) con un valor de 673.33 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 17; Gráfico 7).

CUADRO 17. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE CALCIO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
R-DEEN-HAAN	Z1	1600,00	A
AGROBIOLAB	Z3	1082,00	B
INIAP	Z2	673,33	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

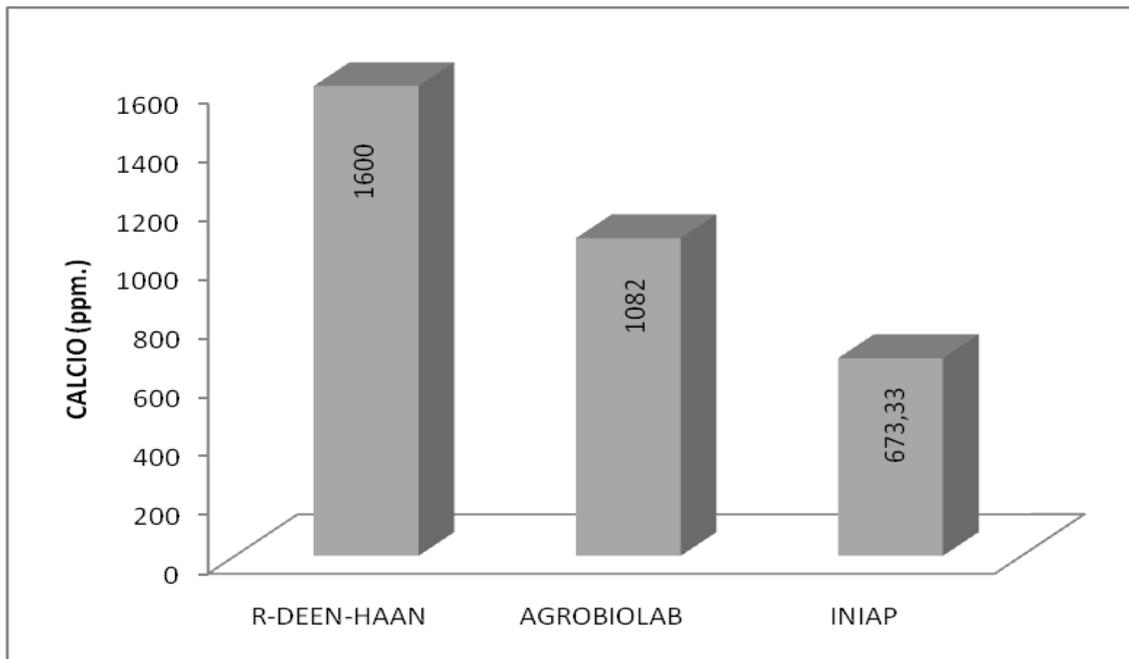


GRÁFICO 7. CALCIO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

5. Magnesio (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de Mg (Cuadro 18), presentó diferencias estadísticas significativas en las Haciendas (Factor X); para los Laboratorios (Factor Z) existen diferencias estadísticas altamente significativas; mientras que en el resto de factores no presentó diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variación fue 19.84 %, con una media de 299.20 ppm

CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE MAGNESIO

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	803344,32					
Factor X (Hdas)	2	47854,08	23927,04	6,79	4,10	7,56	*
Factor Y (Prof. cm.)	1	4086,08	4086,08	1,16	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	714631,68	357315,84	101,41	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	1538,56	769,28	0,22	4,10	7,56	ns
Error	10	35233,92	3523,39				
CV %			19,84				
Media			299,20				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la prueba de Tukey al 5 % para la presencia de Magnesio, la hacienda San Joaquín rodal 229A2 (X2) se ubicó en el rango “A” con un valor de 372,00 ppm.; mientras que las haciendas Colcas rodal 415A2 (X3) y Santa Ana rodal 102A2 (X1), se ubicaron en el rango “B” con valores de 266,40 y 259,20 ppm. respectivamente. (Cuadro 19; Gráfico 8).

CUADRO 19. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL MAGNESIO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

Hacienda	Código	Rodal	Medias (ppm.)	Rango
San Joaquín	X2	229A2	372,00	A
Colcas	X3	415A2	266,40	B
Santa Ana	X1	102A2	259,20	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

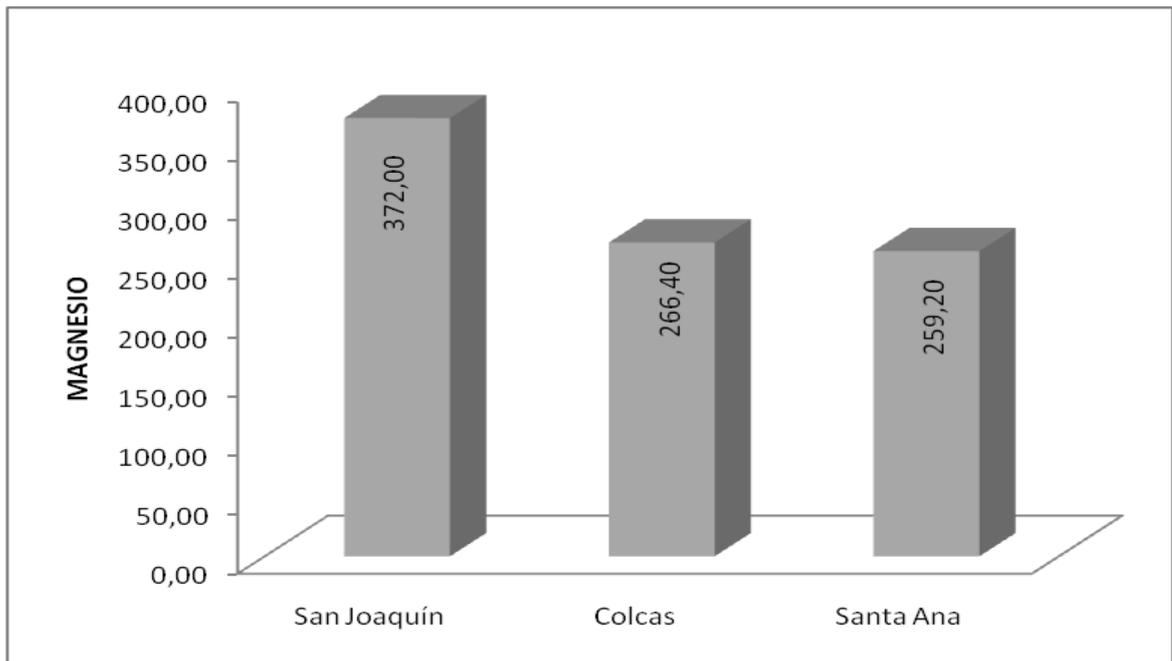


GRÁFICO 8. MAGNESIO REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X).

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de magnesio en el suelo; R-DEEN-HAAN (Z1) presenta un valor de 580.00 ppm, ubicándolo en el rango “A”; AGROBIOLAB (Z3) con un valor de 179.20 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que INIAP (Z2) con un valor de 138.40 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 20; Gráfico 9).

CUADRO 20. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL MAGNESIO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
R-DEEN-HAAN	Z1	580,00	A
AGROBIOLAB	Z3	179,20	B
INIAP	Z2	138,40	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

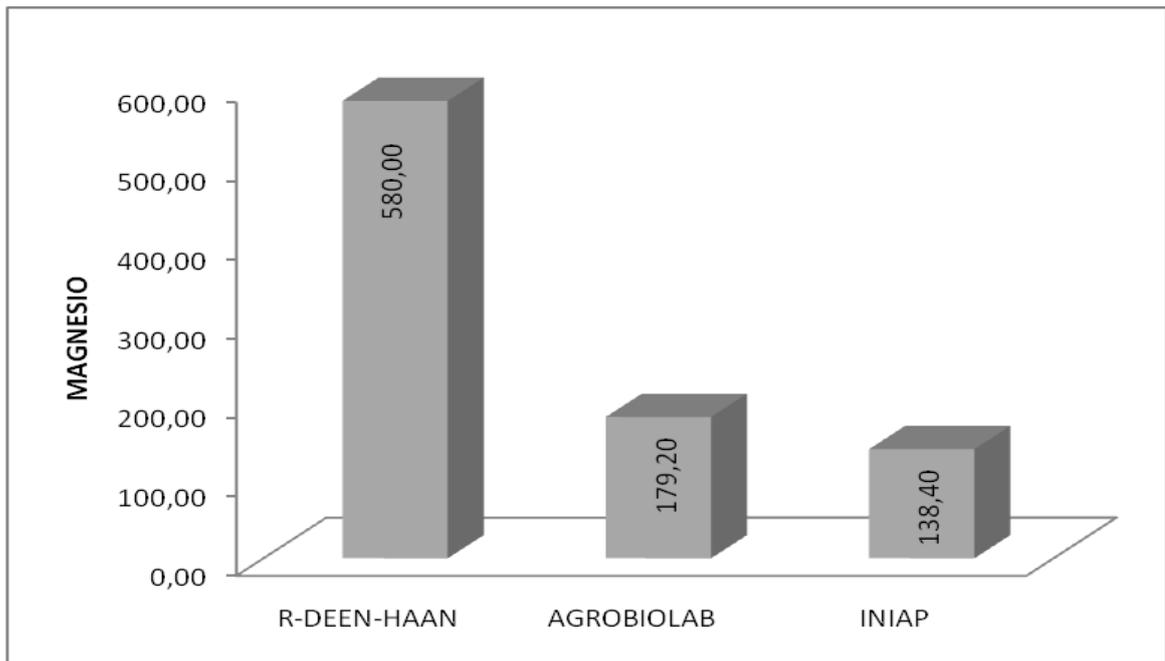


GRÁFICO 9. CANTIDAD DE MAGNESIO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

6. Hierro (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de Fe (Cuadro 21), presentó diferencias estadísticas significativas para las Haciendas (Factor X) y para los Laboratorios (Factor Z); mientras que en el resto de factores no presentó diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variación fue 24.85 %, con una media de 151.69 ppm.

CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE HIERRO

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	566660,11					
Factor X (Hdas)	2	154304,73	77152,36	4,657	4,10	7,56	*
Factor Y (Prof. cm.)	1	333,51	333,51	0,020	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	242387,37	121193,69	7,315	4,10	7,56	*
Int. XYZ	2	3961,83	1980,92	0,120	4,10	7,56	ns
Error	10	165672,67	16567,27				
CV %			24,85				
Media			151,69				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la prueba de Tukey al 5 % para la cantidad de hierro en la hacienda San Joaquín rodal 229A2 (X2) se ubicó en el rango “A” con un valor de 282.11 ppm.; mientras que las haciendas Colcas rodal 415A2 (X3) y Santa Ana rodal 102A2 (X1) se ubicaron en el rango “B” con valores de 96.60 y 76.37 ppm de hierro respectivamente, esto se puede atribuir a las condiciones climáticas diferentes y a plantaciones anteriores. (Cuadro 22; Gráfico 10)

CUADRO 22. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL HIERRO REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

Haciendas	Código	Rodal	Medias (ppm.)	Rango
San Joaquín	X2	229A2	282,11	A
Colcas	X3	415A2	96,60	B
Santa Ana	X1	102A2	76,37	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

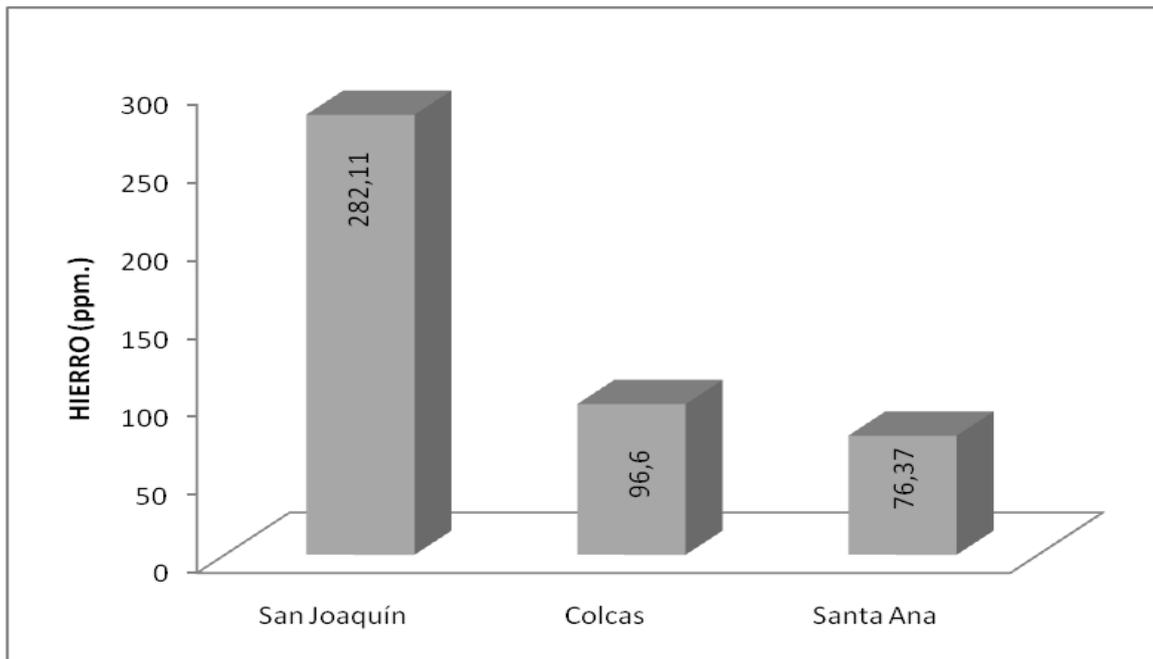


GRÁFICO 10. HIERRO REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de hierro en el suelo; INIAP (Z2) presenta un valor de 282.67 ppm, ubicándolo en el rango “A”; AGROBIOLAB (Z3) con un valor de 171.83 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 0.57 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 23; Gráfico 11).

CUADRO 23. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL HIERRO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
INIAP	Z2	282,67	A
AGROBIOLAB	Z3	171,83	B
R-DEEN-HAAN	Z1	0,57	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

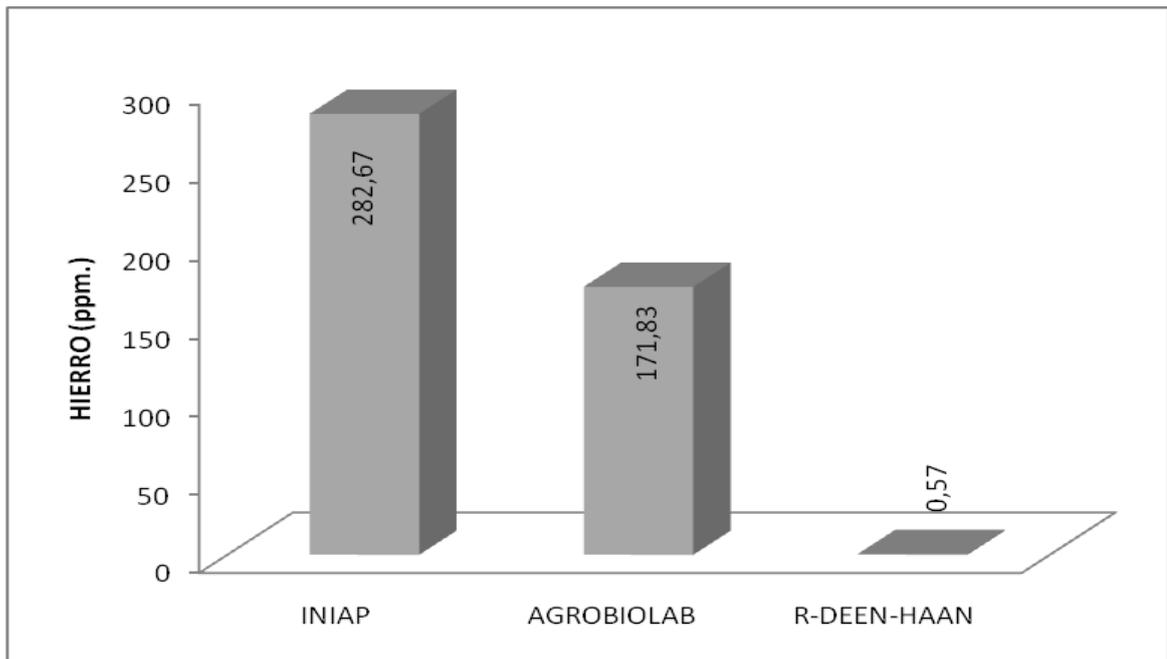


GRÁFICO 11. CANTIDAD DE HIERRO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

7. Manganeso (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de Mn (Cuadro 24), presentó diferencias estadísticas altamente significativas para los Laboratorios (Factor Z); mientras que en el resto de factores no presentó diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variación fue 27.57 %, con una media de 2.53 ppm

CUADRO 24. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE MANGANESO

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17,00	96,97					
Factor X (Hdas)	2	15,96	7,98	3,77	4,10	7,56	ns
Factor Y (Prof. cm.)	1	0,01	0,01	0,01	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	58,94	29,47	13,93	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	0,91	0,45	0,21	4,10	7,56	ns
Error	10,00	21,16	2,12				
CV %			27,57				
Media			2,53				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de manganeso en el suelo; AGROBIOLAB (Z3) presenta un valor de 4.20 ppm, ubicándolo en el rango “A”; INIAP (Z2) con un valor de 3.37 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 0.01 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 25; Gráfico 12)

CUADRO 25. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE MANGANESO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
AGROBIOLAB	Z3	4,20	A
INIAP	Z2	3,37	B
R-DEEN-HAAN	Z1	0,01	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

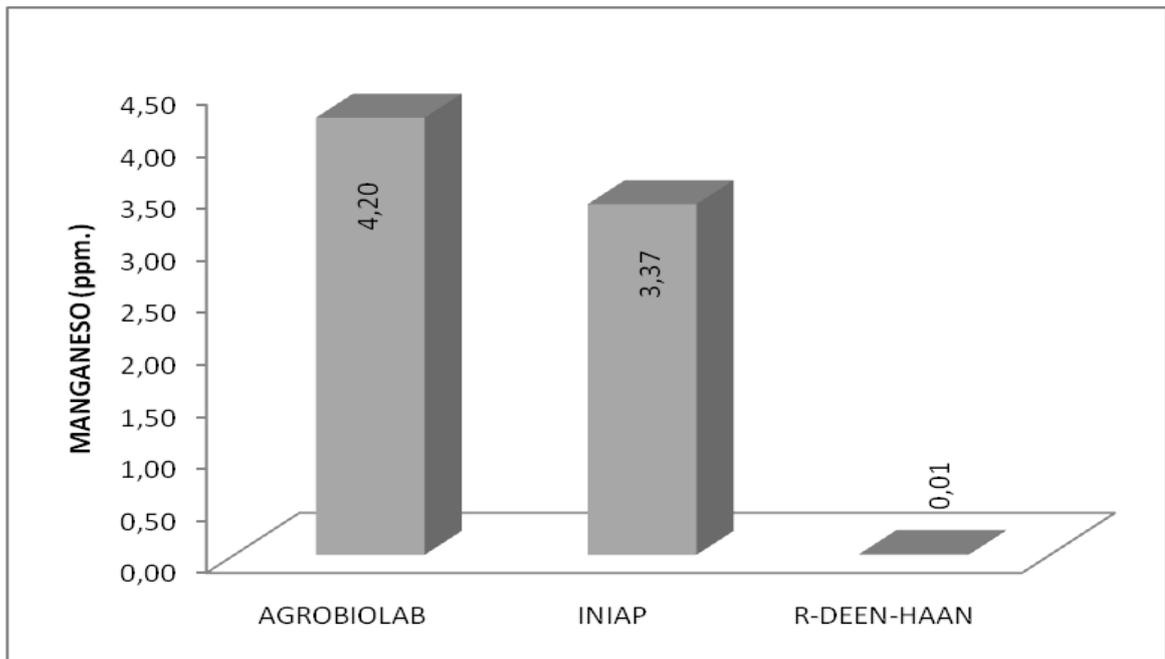


GRÁFICO 12. MANGANESO REGISTRADO EN EL LABORATORIO (FACTOR Z)

8. Zinc (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de Zn (Cuadro 26), presentó diferencias estadísticas significativas para las Haciendas (Factor X); para los Laboratorios (Factor Z) existe diferencias estadísticas altamente significativas; mientras que en el resto de factores no presentó diferencias estadísticas.

El coeficiente de variación fue 25.31 %, con una media de 1.67 ppm

CUADRO 26. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE ZINC

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	51,88					
Factor X (Hdas)	2	2,46	1,23	6,89	4,10	7,56	*
Factor Y (Prof. cm.)	1	0,04	0,04	0,20	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	47,21	23,61	132,13	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	0,38	0,19	1,07	4,10	7,56	ns
Error	10	1,79	0,18				
CV %			25,31				
Media			1,67				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la prueba de Tukey al 5 %, para la presencia de zinc en la hacienda San Joaquín rodal 229A2 (X2) se ubica en el rango “A” con un valor de 2.17 ppm.; mientras que en el rango “B” se encuentran las haciendas Santa Ana rodal 102A2 (X1) y Colcas rodal 415 A2 (X3) con valores de 1.55 y 1.29 ppm de zinc. (Cuadro 27; Gráfico 13)

CUADRO 27. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL ZINC REGISTRADO EN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

Haciendas	Código	Rodal	Medias (ppm.)	Rango
San Joaquín	(X2)	229A2	2,17	A
Santa Ana	(X1)	102A2	1,55	B
Colcas	(X3)	415A2	1,29	B

Elaboración: Vargas, L. 2011.

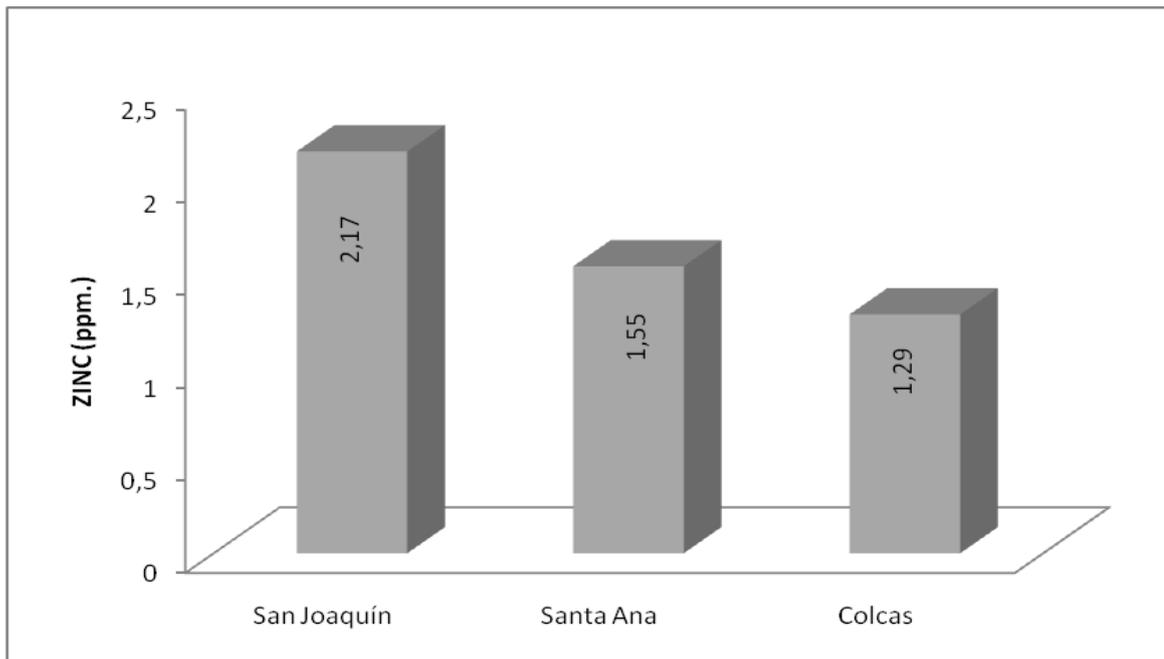


GRÁFICO 13. ZINC REGISTRADO SEGÚN LAS HACIENDAS (FACTOR X)

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de zinc en el suelo; AGROBIOLAB (Z3) presenta un valor de 3.87 ppm, ubicándolo en el rango “A”; INIAP (Z2) con un valor de 1.13 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 0.01 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 28; Gráfico 14).

CUADRO 28. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA EL ZINC REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
AGROBIOLAB	Z3	3,87	A
INIAP	Z2	1,13	B
R-DEEN-HAAN	Z1	0,01	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

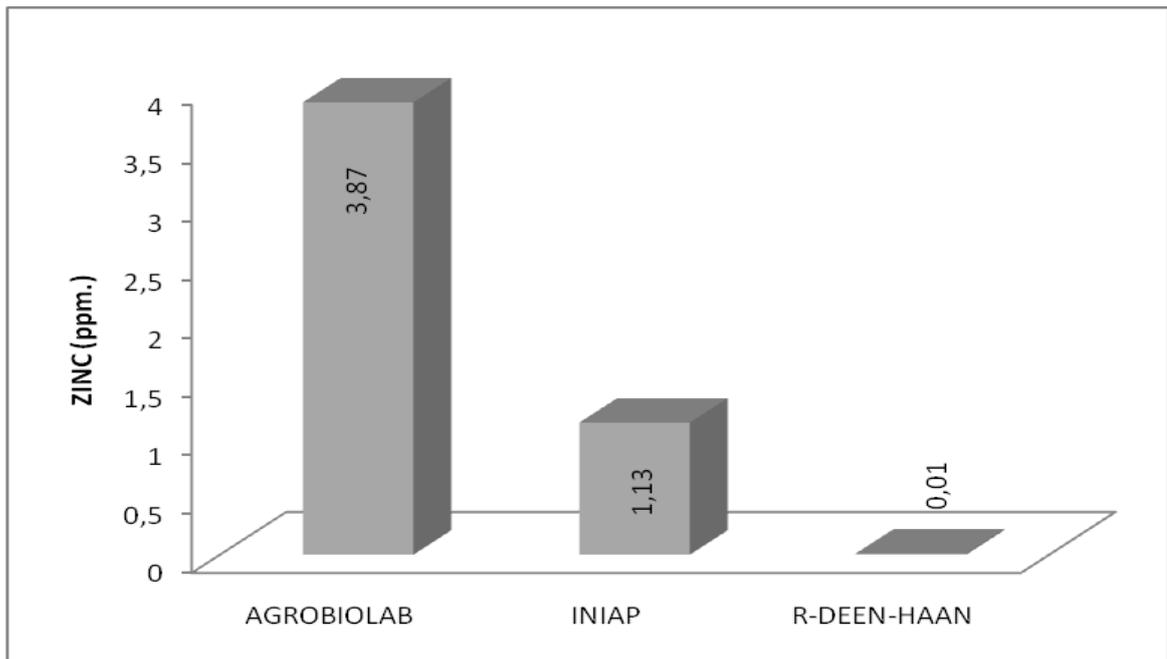


GRÁFICO 14. CANTIDAD DE ZINC REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

9. Boro (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de boro (Cuadro 29), presentó diferencias estadísticas altamente significativas para los Laboratorios (Factor Z); mientras que en el resto de factores no presenta diferencias estadísticas.

El coeficiente de variación fue 29.30 %, con una media de 0.35 ppm

CUADRO 29. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE BORO

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17,00	1,28					
Factor X (Hdas)	2	0,04	0,02	2,04	4,10	7,56	ns
Factor Y (Prof. cm.)	1	0,02	0,02	2,07	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	1,10	0,55	53,52	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	0,01	0,01	0,48	4,10	7,56	ns
Error	10,00	0,10	0,01				
CV %			29,30				
Media			0,35				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de boro en el suelo; INIAP (Z2) presenta un valor de 0.63 ppm, ubicándolo en el rango “A”; AGROBIOLAB (Z3) con un valor de 0.39 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 0.02 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 30; Gráfico 15).

CUADRO 30. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE BORO REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
INIAP	Z2	0,63	A
AGROBIOLAB	Z3	0,39	B
R-DEEN-HAAN	Z1	0,02	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

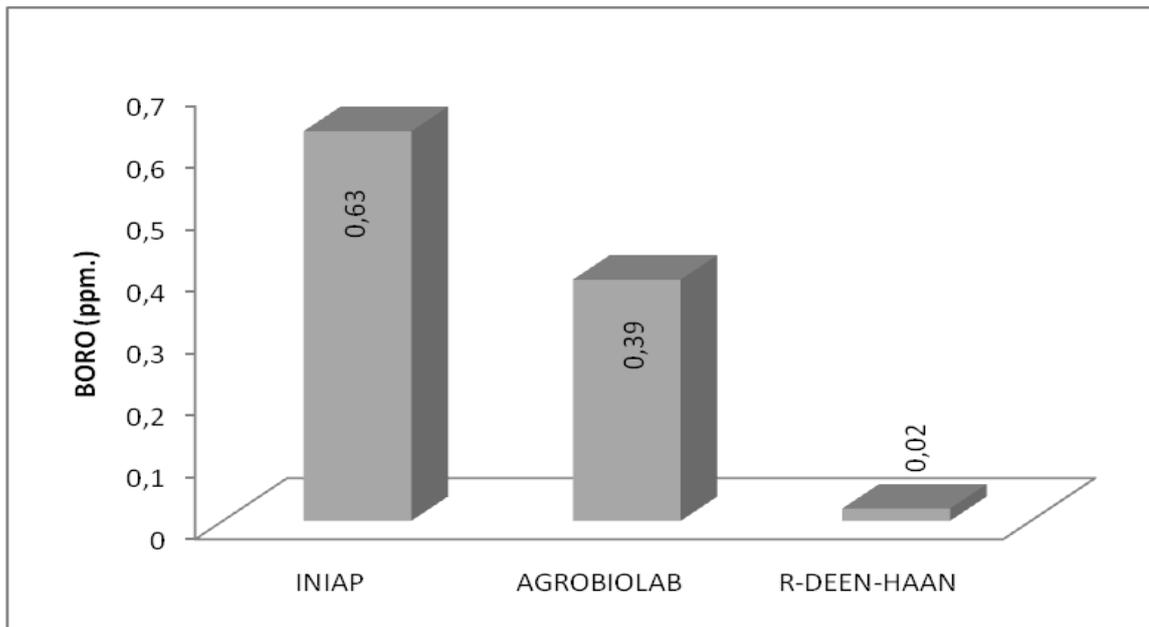


GRÁFICO 15. BORO REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

10. Cobre (ppm).

El análisis de varianza para la presencia de cobre (Cuadro 31), presentó diferencias estadísticas altamente significativas para los Laboratorios (Factor Z); mientras que en el resto de factores no presentó diferencias estadísticas.

El coeficiente de variación fue 28.76 %, con una media de 1.92 ppm

CUADRO 31. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PRESENCIA DE COBRE

F. Variación	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher			Nivel de significancia
				cal	0,05	0,01	
Total	17	39,36					
Factor X (Hdas)	2	0,91	0,45	1,22	4,10	7,56	ns
Factor Y (Prof. cm.)	1	0,01	0,01	0,04	4,96	10,04	ns
Factor Z (Lab.)	2	34,06	17,03	45,76	4,10	7,56	**
Int. XYZ	2	0,65	0,32	0,87	4,10	7,56	ns
Error	10	3,72	0,37				
CV %			28,76				
Media			1,92				

Elaboración: Vargas, L. 2011.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable laboratorios, referente a la presencia de cobre en el suelo; INIAP (Z2) presenta un valor de 3.20 ppm, ubicándolo en el rango “A”; AGROBIOLAB (Z3) con un valor de 2.55 ppm se ubicó en el rango “B”; mientras que R-DEEN-HAAN (Z1) con un valor de 0.01 ppm, se ubicó en el rango “C” (Cuadro 32; Gráfico 16)

CUADRO 32. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PRESENCIA DE COBRE REGISTRADO EN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

Laboratorios	Código	Medias (ppm.)	Rango
INIAP	Z2	3,20	A
AGROBIOLAB	Z3	2,55	B
R-DEEN-HAAN	Z1	0,01	C

Elaboración: Vargas, L. 2011.

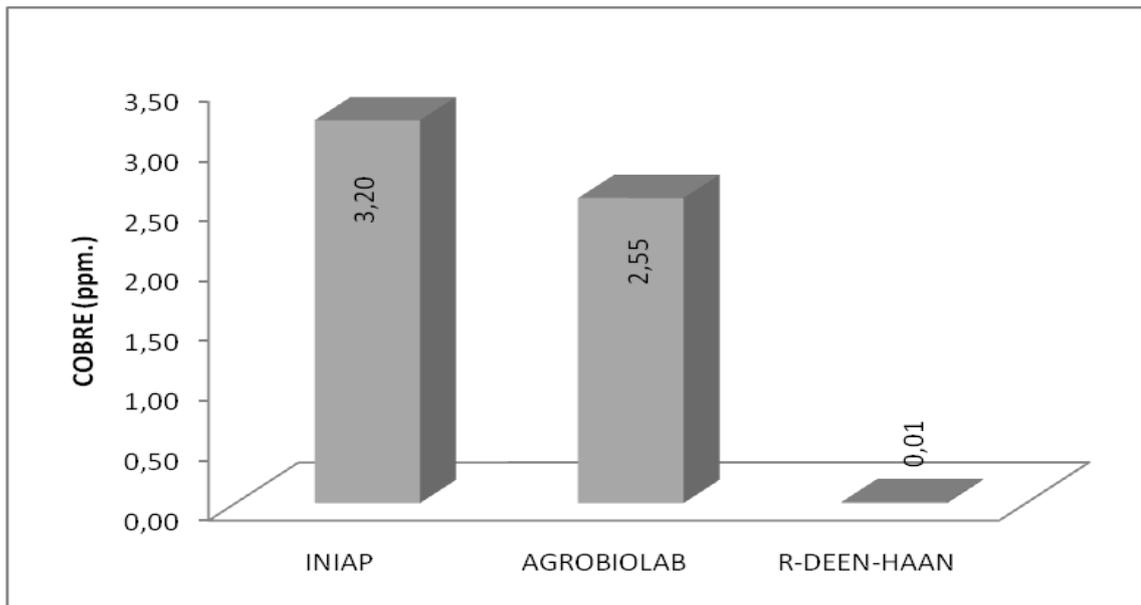


GRÁFICO 16. COBRE REGISTRADO SEGÚN LOS LABORATORIOS (FACTOR Z)

B. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.

1. Características químicas y textura de las procedencias en estudio.

Las haciendas monitoreadas para instalar los ensayos de fertilidad fueron San Joaquín, Santa Ana y Colcas las cuales presentan propiedades químicas diferentes; en cambio las propiedades físicas son bastante similares, ya que en su mayoría son suelos de origen volcánico con cantidades significativas de grava y pumina, situación que incide en la formación de nuevos suelos.

El Cuadro 33 indica que en la hacienda San Joaquín en los primeros 25 cm, hasta los 80 cm de profundidad el pH que varía de 5.50 a 6.80 esto es de ligeramente ácido a neutro; igual rango de variación se observó en las otras haciendas esto es en Santa Ana y Colcas.

CUADRO 33. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TEXTURA DE LA HACIENDA SAN JOAQUÍN

Procedencia	Prof.	Lab.	pH	CE mmhos/cm	ppm														Textura
					NO3	Cl	S	P	NH4	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	
San Joaquín	0 - 25	R-DEEN-HAAN	6,80	< 0,1	14,26	14	< 19	< 1	< 2	8	21	< 8	< 5	0,54	0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	Arenoso
San Joaquín	0 - 25	INIAP	5,60		32		9,60	37		0,15		2,10	0,79	88	3,10	0,90	0,70	2,30	Arenoso
San Joaquín	0 - 25	AGROBIOLAB	5,50	0,29				48,80	24,30	0,22	0,06	5,42	1,24	150	4,30	4,00	0,46	2,30	Arenoso
San Joaquín	25 - 80	R-DEEN-HAAN	6,80	< 0,1	14,26	11	< 19	< 1	< 2	8	21	< 8	< 21	0,65	0,02	< 0,01	0,02	< 0,02	Franco arenoso
San Joaquín	25 - 80	INIAP	5,90		29		9,40	25		0,18		2,20	0,75	92	2,80	0,60	0,76	3,50	Franco arenoso
San Joaquín	25 - 80	AGROBIOLAB	5,80	0,40				30,40	28,30	0,25	0,08	5,03	1,18	127	6,10	3,80	0,39	2,40	Franco arenoso

Elaboración: Vargas, L. 2011.

CUADRO 34. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TEXTURA DE LA HACIENDA SANTA ANA

Procedencia	Prof.	Lab.	pH	CE mmhos/cm	ppm														Textura
					NO3	Cl	S	P	NH4	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	
Santa Ana	0 - 25	R-DEEN-HAAN	6,70	< 0,1	14,26	11	< 19	< 1	< 2	8	21	< 8	< 5	0,54	0,01	< 0,01	0,03	< 0,03	Arenoso
Santa Ana	0 - 25	INIAP	5,80		60		11	27		0,26		5,10	2,00	615	5,90	2,20	0,63	2,70	Arenoso
Santa Ana	0 - 25	AGROBIOLAB	6,00	0,69				10,20	28,30	0,31	0,08	7,72	2,35	191	4,50	4,90	0,56	2,30	Arenoso
Santa Ana	25 - 80	R-DEEN-HAAN	6,60	< 0,1	14,26	14	< 19	< 1	< 2	8	16	< 8	< 5	0,60	0,01	< 0,01	0,02	< 0,04	Franco arenoso
Santa Ana	25 - 80	INIAP	6,00		551		10	19		0,18		4,00	1,50	552	3,70	1,60	0,51	3,20	Franco arenoso
Santa Ana	25 - 80	AGROBIOLAB	5,80	0,40				17,40	47,10	0,31	0,06	7,24	2,75	333,5	7,30	4,30	0,45	2,40	Franco arenoso

Elaboración: Vargas, L. 2011.

CUADRO 35. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TEXTURA DE LA HACIENDA COLCAS

Procedencia	Prof.	Lab.	pH	CE mmhos/cm	ppm														Textura
					NO3	Cl	S	P	NH4	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	
Colcas	0 - 25	R-DEEN-HAAN	6,69	< 0,1	14,26	11	< 19	< 1	< 2	8	14	< 8	< 5	0,37	0,01	< 0,01	0,02	< 0,05	Arenoso
Colcas	0 - 25	INIAP	6,00		58		11,60	20		0,15		5,40	1,40	238	3,10	0,60	0,74	4,90	Arenoso
Colcas	0 - 25	AGROBIOLAB	6,20	0,12				15,80	17,60	0,19	0,05	3,69	0,79	120,5	1,60	2,80	0,26	2,50	Arenoso
Colcas	25 - 80	R-DEEN-HAAN	7,00	< 0,1	14,26	11	< 19	< 1	< 2	8	14	< 8	< 5	0,72	0,02	< 0,01	0,02	< 0,02	Franco arenoso
Colcas	25 - 80	INIAP	6,10		36		7,20	7,40		0,12		1,40	0,48	111	1,60	0,90	0,41	2,60	Franco arenoso
Colcas	25 - 80	AGROBIOLAB	6,20	0,12				4,20	17,60	0,17	0,07	3,36	0,65	109	1,40	3,40	0,23	3,40	Franco arenoso

Elaboración: Vargas, L. 2011.

11. Textura por altitud del bloque uno (Colcas)

En el cuadro 34 se indica la diversidad textural encontrada en el bloque uno (Colcas), la misma que varía de arcilloso, franco arenoso, franco arcilloso y arenoso, advirtiendo que en casi todas las haciendas se encontró pumina; cabe anotar que las diferencias texturales varían de acuerdo a la altitud de los puntos muestreados. En el bloque dos también se mantiene la misma variación textural encontrada en el bloque uno; en el bloque tres se advierte la presencia de cangahua, así como también la textura arcillo arenoso en altitudes que corresponden a 3319 y 3730 msnm respectivamente (Cuadro 35).

CUADRO 36. TEXTURA POR ALTITUD DEL BLOQUE UNO (COLCAS)

Lugar	Textura	Estructura	Consistencia en mojado	Pedregocidad		Altitud	
				Tamaño (cm.)	Cantidad (%)	Desde	Hasta
Colcas	Arcillo arenoso	Bloques angulares	Muy adherente, muy plástico	0.4	1	3323	3380
	Arcilloso	Bloques angulares	Muy adherente, muy plástico	3.5	50	3225	3323
	Arenoso arcilloso	Suelta	No adherente, no plástico	0.0	0	3225	
	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Ligeramente adherente, ligeramente plástico	0.0	0	3413	
	Franco arenoso	Suelta	No adherente, no plástico	1.5	50	3372	3387
	Pumina	Impurezas					3225

Elaboración: Vargas, L. 2011.

CUADRO 37. TEXTURA POR ALTITUD DEL BLOQUE DOS (SANTA ANA Y SAN JOAQUIN)

Lugar	Textura	Estructura	Consistencia en mojado	Pedregocidad		Altitud	
				Tamaño (cm.)	Cantidad (%)	Desde	Hasta
Santa Ana	Arcilla	Bloques angulares	Muy adherente, muy plástico	1.7	5	3100	
	Arenoso	Sin estructura	No adherente, no plástico	1.5	7	3100	
	Franco arcillo arenoso	Bloques subangulares	Ligeramente adherente, ligeramente plástico	1.7	10	3379	
	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Ligeramente adherente, ligeramente plástico	0.4	2	3203	3332
	Franco arenoso	Suelta	No adherente, no plástico	0.4	3	3203	3379
San Joaquín	Arcilla	Bloques angulares	Muy adherente, muy plástico	0.0	0	3300	3491
	Arcillo arenoso	Bloques subangulares	Ligeramente adherente, ligeramente plástico	1.6	30	3193	3527
	Arenoso	Sin estructura	No adherente, no plástico	0.9	2	3300	
	Franco arcillo arenoso	Bloques subangulares	Ligeramente adherente, ligeramente plástico	0.9	2	3527	
	Franco arcilloso	Bloques subangulares	Ligeramente adherente, ligeramente plástico	1.7	3	3432	
	Franco arenoso	Suelta	No adherente, no plástico	0.9	2	3193	3527
	Pumina	Impurezas				3193	3491

Elaboración: Vargas, L. 2011.

CUADRO 38. PONDERACIÓN PARA TEXTURA Y NIVELES DE FERTILIDAD

Textura	N°	Estructura	N°	Altitud	N°	Pedregosidad	N°	Nivel de fertilidad
arenoso	5	granular	5	3000-3200	5	1-10	5	1-5
franco arenoso	5	sin estructura	4	3201-3400	4	11-20	4	6-10
franco arcillo arenoso	4	bloques angulares	3	3401-3600	3	21-30	3	11-15
		bloques sub						
franco arcilloso	4	angulares	2	3601-3800	2	31-40	2	
arcilloso arenoso	3	masivo	1	3801-4000	1	41-50	1	
arcilloso	3							
pumina	2							
cascajo	2							
cangagua	1							
prisma	1							
arena	0							
minerales	0							

Elaboración: Vargas, L. 2011.

C. MAPAS DE SUELOS

Después de la recopilación de datos acerca de las características de los suelos de aglomerados Cotopaxi, se estructuró una base de datos en excel para poder transportarlos al ArcGis 9.3, dando valores a cada uno de las propiedades que se determinaron como: textura, estructura, pedregosidad, altitud; a las mismas que se les asignó códigos, transportando los datos al programa e insertándoles con la base de datos general del patrimonio.

Con el programa ArcGis 9.3 se graficó los puntos en X y Y para proceder a interpolar los niveles de fertilidad con el método SPLINE “Tensionado” para controlar la rigidez de la superficie de acuerdo con el carácter de fenómeno modelado, creando así una superficie menos lisa con valores más estrechamente limitada por el rango de datos. El ingreso de datos para la interpolación serán los puntos GPS; el valor de Z serán los valores de análisis de suelos con los diferentes niveles de fertilidad.

Una vez que se obtiene el modelo, el resultado es de tipo raster y para cortar los datos en formato vector simplemente se procede a convertir de un raster a un polígono, utilizando la herramienta de conversión del ArcToolBox, se realiza los cortes para cada hacienda en proyección cartografía UTM Huso 17 sur DATUN WGS84 a escala 1: 300.000.

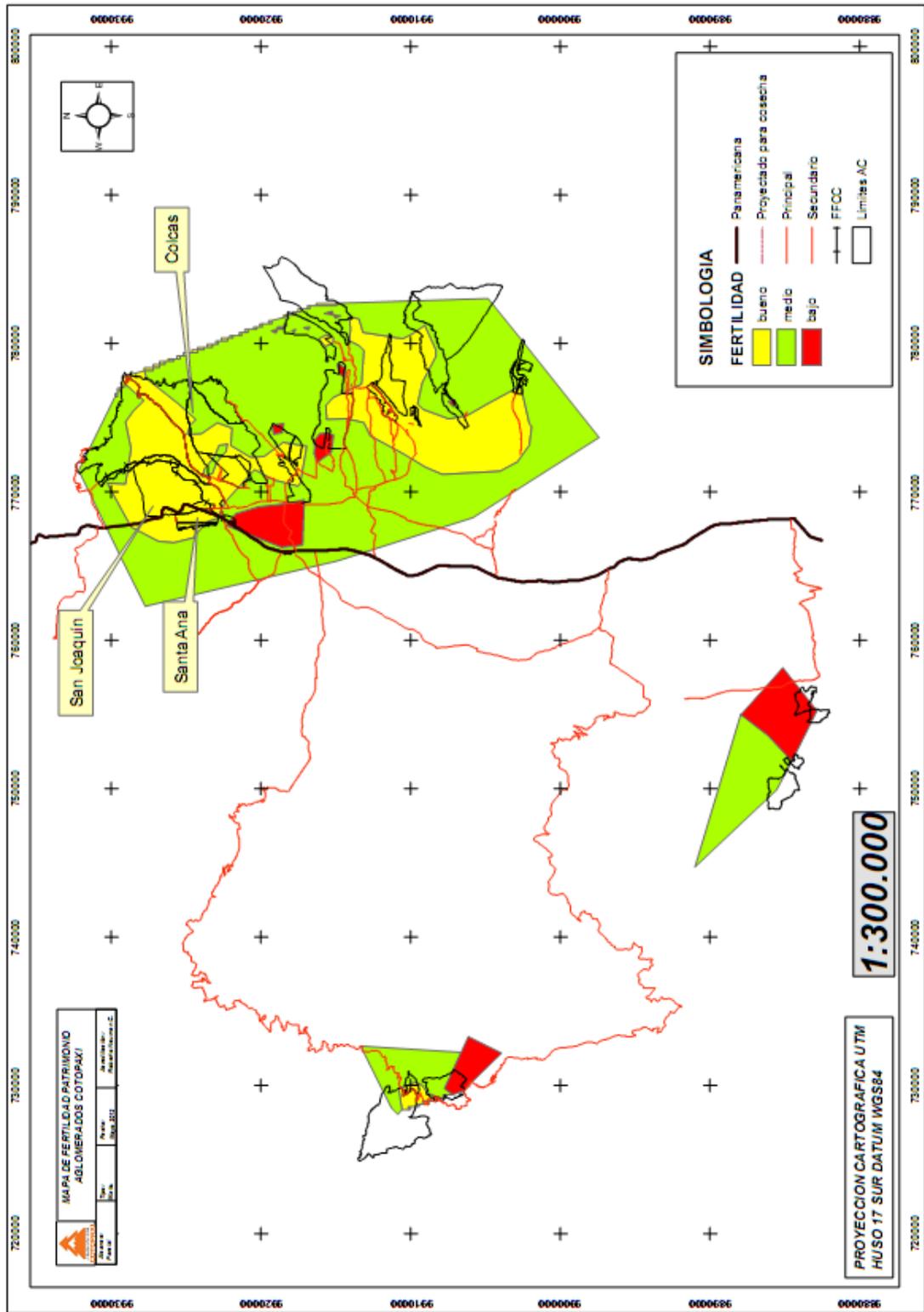


GRÁFICO 17. MAPAS DE FERTILIDAD

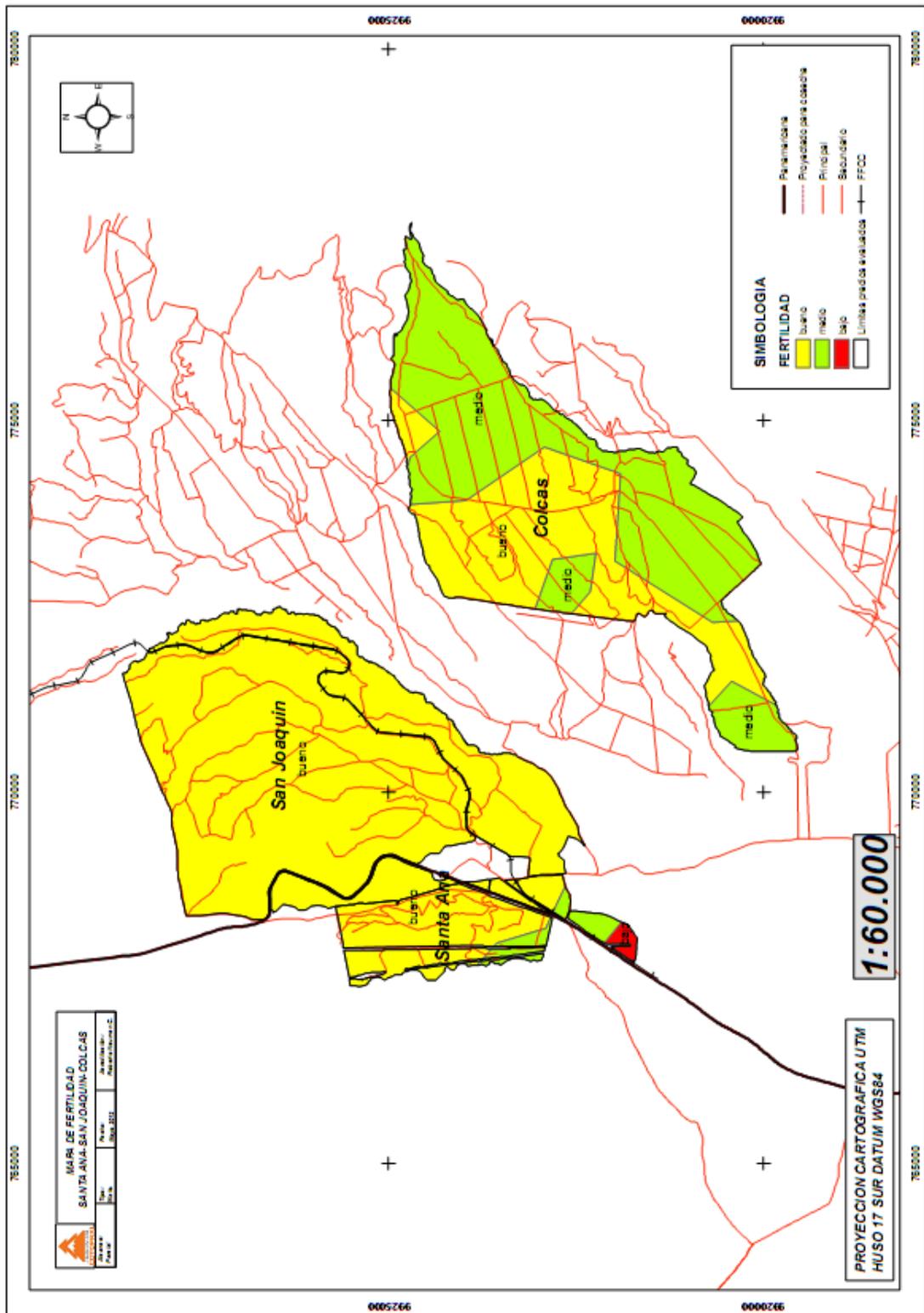


GRÁFICO 18. MAPAS DE FERTILIDAD DE LAS HACIENDAS

D. ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN (Anexo 2)

Las deducciones que a continuación se detalla son incrementos en diámetros a la altura del cuello y al crecimiento de las plantas de cada uno de los tratamientos respectivamente, estos se encuentran analizados matemáticamente; sin embargo no se realizó la valoración de que tratamiento es el más eficaz para recomendar un plan de fertilización debido a que se tomó solo dos mediciones al inicio de la fertilización y a los 120 días; cabe considerar que el proyecto de fertilización dura dos años y las mediciones se las harán cada 120 días hasta alcanzar los resultados esperados y obtener una curva de fertilidad.

CUADRO 39. ALTURA DE PLANTA A LOS 120 DÍAS EN LA HACIENDA SANTA ANA RODAL 102A2

Tratamiento	Descripción	Dosis (g./planta)	Fórmula	Altura (cm.)	Diámetro (mm.)
T1	Sumicoat	65	12-7-23-2	17.97	9.05
T2	Sumicoat	65	19-8-12-2	22.76	10.19
T3	Sumicoat	100	12-7-23-2	22.39	10.21
T4	VioletExel	40	14 - 2-21	17.7	6.78
T5	BlueExel	80	13-13-21	21.54	11.44
T6	Urea verde	40	46-0-0	13.44	5.58
T	Testigo	Testigo		19.75	7.92

Elaboración: Vargas, L. 2011.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la hacienda Santa Ana rodal 102A2 (Cuadro 39), Sumicoat en dosis de 65 g./planta (T2) alcanzó 22.76 cm. de altura en relación al testigo que tuvo un incremento promedio de 19.75 cm., cabe señalar que BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5), si bien es cierto, tiene un incremento variable en altura 21.54 cm. y diámetro 11.44, sin embargo no se le puede considerar como un tratamiento eficaz debido a que; las mediciones realizadas fueron a los 120 días de la plantación; estos datos no permiten hacer un análisis más profundos de los efectos de la fertilización en promedio.

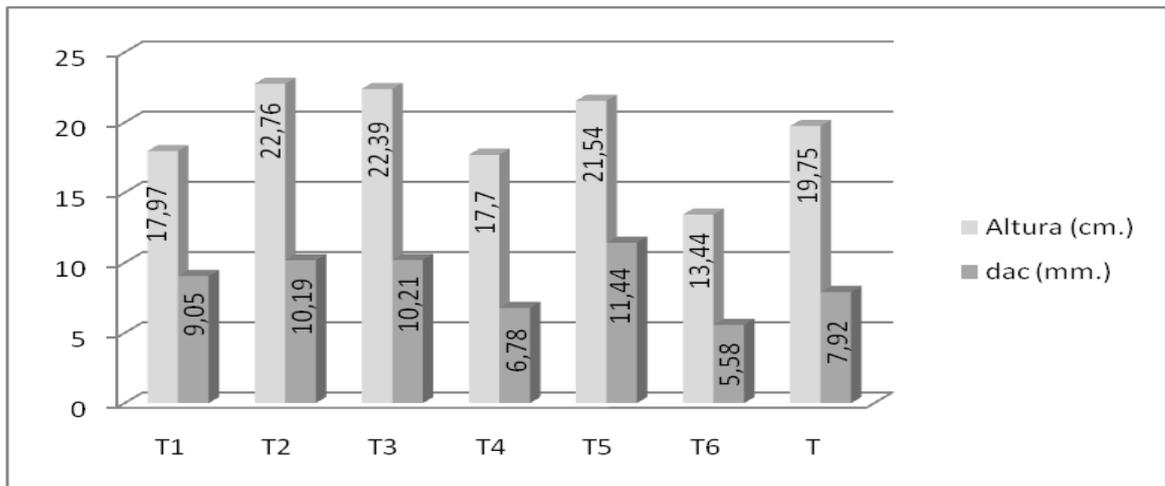


GRAFICO 19. HACIENDA SANTA ANA

En la hacienda Santa Ana los tratamientos que alcanzaron un mayor incremento en altura son el Sumicoat en dosis de 65 g./planta (T2) y BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5) con valores de 22.76 cm y 21.54 cm respectivamente en DAC. Hay que mencionar que estos resultados no son significativos ya que la diferencia en incremento con el testigo no es considerable (Gráfico 19).

CUADRO 40. INCREMENTOS OBTENIDOS EN LA HACIENDA SAN JOAQUÍN
RODAL 229 A2

Tratamiento	Descripción	Dosis (g./planta)	Fórmula	Altura (cm.)	Diámetro (mm.)
T1	Sumicoat	65	12-7-23-2	11.33	3.5
T2	Sumicoat	65	19-8-12-2	10.38	3.28
T3	Sumicoat	100	12-7-23-2	8.7	2.56
T4	VioletExel	40	14 - 2-21	7.17	2.44
T5	BlueExel	80	13-13-21	11.82	4.6
T6	Urea verde	40	46-0-0	6.31	2.67
T	Testigo	Testigo		9.44	3.37

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la hacienda San Joaquín (Cuadro 40), BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5) presentó un incremento de 11.82 cm de altura y 4.6 mm de DAC.

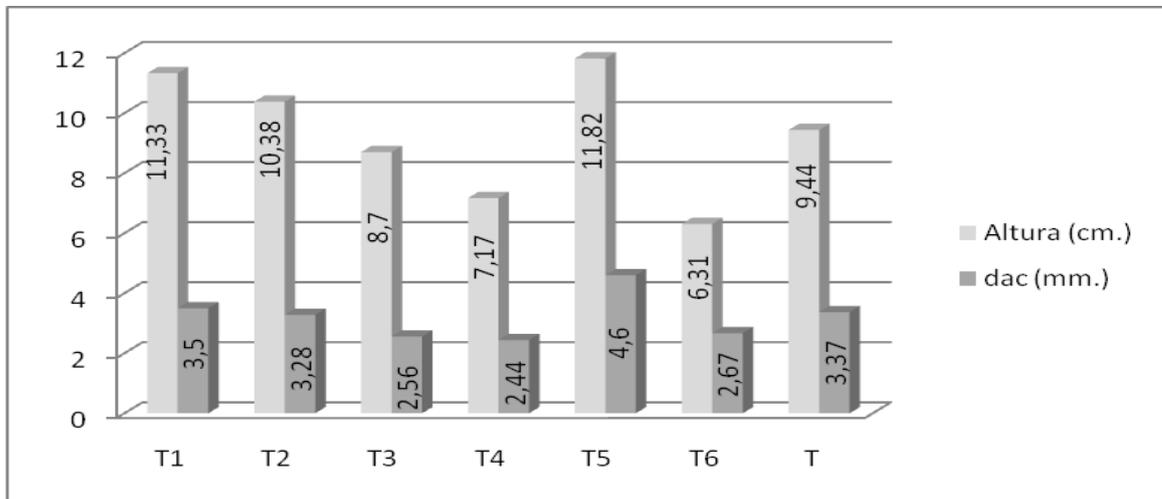


GRAFICO 20. HACIENDA SAN JOAQUÍN

En la hacienda San Joaquin los tratamientos que alcanzaron un mayor incremento en altura y DAC fueron BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5) y Sumicoat en dosis de 65 g./planta (T1) con valores de 11.82 cm y 11.33 cm respectivamente, cabe mencionar que este resultado no es significativo ya que la diferencia en incremento con el testigo no es considerable (Gráfico 20).

CUADRO 41. INCREMENTOS OBTENIDOS EN LA HACIENDA COLCAS RODAL 415A2

Tratamiento	Descripción	Dosis (g./planta)	Fórmula	Altura (cm.)	Diámetro (mm.)
T1	Sumicoat	65	12-7-23-2	8.21	2.88
T2	Sumicoat	65	19-8-12-2	5.9	2.53
T3	Sumicoat	100	12-7-23-2	9	3
T4	VioletExel	40	14 - 2-21	6.08	3.34
T5	BlueExel	80	13-13-21	4.06	3.9
T6	Urea verde	40	46-0-0	5	3.1
T	Testigo	Testigo		5.33	2.29

Elaboración: Vargas, L. 2011.

En la hacienda Colcas (Cuadro 41), Sumicoat en dosis de 100 g./planta (T3) incrementó en 9 cm de altura y 3 mm de DAC; mientras que la parcela testigo tiene un incremento en altura de 5.33 cm y 2.29 mm de DAC, (Gráfico 21), A demás el BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5), es el que más incremento alcanzó su DAC en relación al testigo.

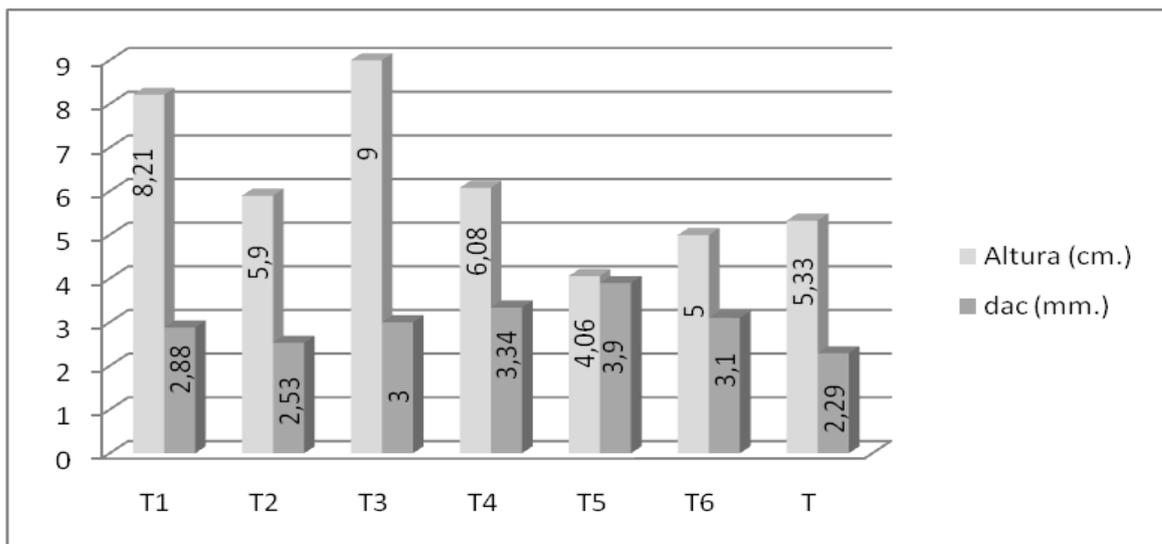


GRAFICO 21. HACIENDA COLCAS

VI. CONCLUSIONES.

- A.** Los niveles nutricionales en suelos son buenos debido a que estos presentan características de retención de elementos que se manifiesta en las diferentes Haciendas evaluadas y son suelos negros, lo cual ha influido directamente en los contenidos de elementos minerales, así tenemos a San Joaquín rodal 229A2 que presenta los valores más altos en magnesio, hierro y zinc con valores de 372.00, 282.11 y 2.17 ppm respectivamente; Santa Ana rodal 102A2 presenta mayor cantidad de fósforo con un valor de 23.87 ppm. Las diferencias en lo referente al pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, boro y cobre se debe a que los laboratorios utilizan varias metodologías en el análisis de macro y micro nutrientes y tomando en cuenta que las haciendas muestreadas se encuentran indistintamente ubicadas y no poseen las mismas condiciones climáticas, altitudinales, y niveles de fertilidad.

Los mejores resultados en altura y diámetro de *Pinus radiata*, en la hacienda Santa Ana rodal 102A2 se presentan con los tratamientos de Sumicoat en dosis de 65 g./planta (T2) y BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5); en la hacienda San Joaquín rodal 229A2 el tratamiento BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5) registro los mejores resultados en altura y diámetro de planta; mientras que en la hacienda Colcas rodal 415A2, los tratamientos con mayor altura y DAC corresponde Sumicoat en dosis de 65 g./planta (T1) y BlueExel en dosis de 80 g./planta (T5).

- B.** Las propiedades físicas químicas de los suelos de origen volcánicos “Andisoles” son bastante buenos debido a que las características minerales, edáficas, anteriormente mencionadas, sobresalen las condiciones físicas de textura como arcillo arenoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso y arenoso; estructura bloques angulares, bloques sub angulares y sin estructura, de consistencia muy adherentes, muy plásticas, no adherentes no plásticos y pumina con un porcentaje de pedregocidad de 25 %; los mismos que se detallan en los correspondientes mapas.

VII. RECOMENDACIONES.

- A.** Realizar análisis de suelos complementarios: densidad aparente, materia orgánica, microelementos y porcentaje de humedad, que permitan establecer los niveles de fertilidad de cada hacienda y disponer de datos específicos, para futuras plantaciones.
- B.** Realizar análisis foliares para complementar los resultados de los análisis de suelos y determinar que nutrientes son absorbidos por la planta, a fin de establecer con mayor precisión las recomendaciones de fertilización.
- C.** Realizar varias repeticiones de los tratamientos Sumicoat en dosis de 65 g./planta; BlueExel en dosis de 80 g./planta en las mismas haciendas para una evaluación más eficaz y confiable.
- D.** Se recomienda aplicar el fertilizante entre los 15 a 20 centímetros de distancia del tallo a fin de evitar la mortalidad de las plantas por toxicidad; en dosis no mayores a 15 g./planta.

VIII. ABSTRACTO.

La presente investigación propone: Determinar las características físico-químico de los suelos en plantaciones de *Pinus radiata* en ACOSA S.A., cantón Latacunga provincia de Cotopaxi. Para el diseño estadístico se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 18 tratamientos y tres repeticiones. El coeficiente de variación se expreso en porcentaje y se realizo la prueba de Tukey al 5%. Resultado que: El mayor pH se registró en la hacienda Colcas con 6.37, mientras que el laboratorio R-DEEN-HAAN mostró un 6.77, En cuanto a la cantidad de fósforo Santa Ana con 23.87 ppm presenta la mayor cantidad de este elemento; el potasio, magnesio, hierro y zinc en la hacienda San Joaquín con un 71.57, 372, 282.11 y 2.17 ppm respectivamente; el calcio en el laboratorio R-DEEN-HAAN presentó 600 ppm; mientras que el manganeso en el laboratorio AGROBIOLEB se presentó con un 4.20 ppm; el boro y cobre con mayor ppm lo presentó el laboratorio INIAP con 0.63 y 3.20 respectivamente. En cuanto a la especie *Pinus radiata* en la hacienda Santa Ana Rodal 102A2, en el T2 obtuvo 22.76 cm. de altura, en tanto que en el DAC al comienzo alcanzó 10.19 mm, el T5 tiene un incremento de 11.44 mm DAC. En la hacienda San Joaquín rodal 229A2, el T5 presentó un incremento de 11.82 cm de altura y 4.6 mm de DAC. En la hacienda Colcas rodal 415A2, el T3 incremento en 9 cm de altura y 3 mm de DAC. Concluyéndose que los mejores tratamientos han sido T2 y T5 los cuales obtuvieron los mejores resultados en altura y diámetro.

IX. SUMMARY.

Present investigation proposes: Determining characteristics chemical *Pinus*'s physique of the grounds at plantations *radiata* in Latacunga BESIEGES S.A, big song Cotopaxi's province. You used Bloques's Design Complete at random (DBCA) with 18 treatments for the statistical design and three repetitions. The coefficient of variation himself express train in percentage and himself I accomplish Tukey's proof to the 5 %. Result than: The bigger pH registered at the hacienda Colcas with 6,37 itself, in the meantime than the laboratory R DEEN HAAN showed a 6,77 As To the quantity of match the St. Ana with 23,87 ppm presents the bigger quantity of this element; Potassium, magnesium, iron and zinc at the hacienda San Joaquín with a 71,57 372 282,11 and 2,17 ppm respectively; The calcium at the laboratory R DEEN HAAN showed 600 ppm; In the meantime than the manganese at the laboratory AGROBIOLEB showed up with a 4,20 ppm; Boron and copper with bigger ppm presented it the laboratory INIAP with 0,63 and 3,20 respectively. As to the sort *Pinus radiata* at the hacienda Santa Ana Rodal 102A2, in the T2 the T5 got 22,76 cm. from height, while in the DAC at the beginning it caught up with 10,19 mm, DAC has 11,44 mm's increment. At the hacienda San Joaquín rodal 229A2, the T5 you presented 11,82 cm's increment of height and 4,6 DAC's mm. At the hacienda Colcas rodal 415A2, the T3 increment in 9 cm of height and 3 mm of DAC. Concluyéndose that the best treatments have been T2 and T5 which obtained the best results in height and diameter.

X. BIBLIOGRAFÍA.

1. **ARCOS, Franklin. 2008,** Estudio de la Agroquímica del Suelo, Riobamba-Ecuador 19-23,115p
2. **BASAURE, Patricio. 2004.** Manual de Lombricultura. Disponible en <http://www.manualdelombricultura.com/wwwboard/messages2/6856.html> (13 septiembre 2007)
3. **BUCKMAN, H, BRADY, N.1993.** Naturaleza y propiedades de los suelos, Editorial Hispano América México D.F. p 3-17.
4. **BUOL, HOLE, CRACKEN, 1989.** Génesis y clasificación de suelos. Editorial Trillos, México D.F. p 29-61.
5. **CASANOVA, E. 1991.** Introducción a la ciencia del suelo. Litopar, c.a. caracas, Venezuela. 393p.
6. **FIRTZ P, 1980.** Suelos su formación, clasificación y distribución. Editorial continental, México, p 23.
7. **MONTENEGRO, F.1999.** El Pinus radiata en el Ecuador. Imprenta V&O. graficas. Quito.
8. **OÑATE, Mario .2005,** Génesis y Morfologías de los Suelos, Riobamba –Ecuador 4-51 p
9. **OÑATE, Mario .1991,** Caracterización físico química de los suelos de las ares de cultivos marginales en Chimborazo, Riobamba –Ecuador 29-32 p
10. **OÑATE, Mario .1999,** Fundamentos de Geología y Edafología, Riobamba – Ecuador 26-28p

11. **SANTIBAÑEZ, F. y Uribe, J. 1993.** Atlas agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Laboratorio de agroclimatología. Departamento de Ingeniería y suelos.
12. **TIERRA INCOGNITA 2000**/<http://www.terraecuador.net/revista%2010/Pinus>.
13. <http://www.robertexto.com/archivo10/suelos1.htm>.
14. <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectur/FISICAS/fisic.as.pdf>.
15. <http://www.monografias.com/trabajos65/propiedades-suelo/propiedadessuelo2.shtml>.
16. <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/17hoja.html>.
17. <http://html.rincondelvago.com/propiedades-quimicas-del-suelo.html>.
18. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Suelos/MetodosQuimicosSuelos.h.
19. http://www.infoagro.com/abonos/analisis_suelos.htm.
20. <http://www.astromia.com/tierraluna/suelos.htm>.
21. <http://club.telepolis.com/geografo/biogeografia/suelo.htm>.
22. http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/ecosistemas/areas_protegidas/en_a13.pdf.

XI. ANEXOS.

ANEXO 1. RESULTADOS EXPERIMENTALES DE ANÁLISIS DE PROPIEDADES QUÍMICAS.

a. pH

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	6,80	5,60	5,50	17,90	5,97
1	2	6,80	5,90	5,80	18,50	6,17
2	1	6,70	5,80	6,00	18,50	6,17
2	2	6,60	6,00	5,80	18,40	6,13
3	1	6,69	6,00	6,20	18,89	6,30
3	2	7,00	6,10	6,20	19,30	6,43

Elaboración: Vargas, L. 2011.

b. Conduntividad electrica.

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	0,10		0,29	0,39	0,20
1	2	0,10		0,40	0,50	0,25
2	1	0,10		0,69	0,79	0,40
2	2	0,10		0,40	0,50	0,25
3	1	0,10		0,12	0,22	0,11
3	2	0,10		0,12	0,22	0,11

Elaboración: Vargas, L. 2011.

c. NO3

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	14,26	32,00		46,26	23,13
1	2	14,26	29,00		43,26	21,63
2	1	14,26	60,00		74,26	37,13
2	2	14,26	551,00		565,26	282,63
3	1	14,26	58,00		72,26	36,13
3	2	14,26	36,00		50,26	25,13

Elaboración: Vargas, L. 2011.

d. Azufre. (S)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	19,00	9,60		28,60	14,30
1	2	19,00	9,40		28,40	14,20
2	1	19,00	11,00		30,00	15,00
2	2	19,00	10,00		29,00	14,50
3	1	19,00	11,60		30,60	15,30
3	2	19,00	7,20		26,20	13,10

Elaboración: Vargas, L. 2011.

e. Fósforo (P)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	1,00	37,00	48,80	86,80	28,93
1	2	1,00	25,00	30,40	56,40	18,80
2	1	1,00	27,00	10,20	38,20	12,73
2	2	1,00	19,00	17,40	37,40	12,47
3	1	1,00	20,00	15,80	36,80	12,27
3	2	1,00	7,40	4,20	12,60	4,20

Elaboración: Vargas, L. 2011.

f. Amonio. NH₄

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	2,00		24,30	26,30	13,15
1	2	2,00		28,30	30,30	15,15
2	1	2,00		28,30	30,30	15,15
2	2	2,00		47,10	49,10	24,55
3	1	2,00		17,60	19,60	9,80
3	2	2,00		17,60	19,60	9,80

Elaboración: Vargas, L. 2011.

g. **Potasio. K**

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	8,00	0,15	0,22	8,37	2,79
1	2	8,00	0,18	0,25	8,43	2,81
2	1	8,00	0,26	0,31	8,57	2,86
2	2	8,00	0,18	0,31	8,49	2,83
3	1	8,00	0,15	0,19	8,34	2,78
3	2	8,00	0,12	0,17	8,29	2,76

Elaboración: Vargas, L. 2011.

h. **Sodio. (Na)**

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	21,00		0,06	21,06	10,53
1	2	21,00		0,08	21,08	10,54
2	1	21,00		0,08	21,08	10,54
2	2	16,00		0,06	16,06	8,03
3	1	14,00		0,05	14,05	7,03
3	2	14,00		0,07	14,07	7,04

Elaboración: Vargas, L. 2011.

i. Calcio. (Ca)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	8,00	2,10	5,42	15,52	5,17
1	2	8,00	2,20	5,03	15,23	5,08
2	1	8,00	5,10	7,72	20,82	6,94
2	2	8,00	4,00	7,24	19,24	6,41
3	1	8,00	5,40	3,69	17,09	5,70
3	2	8,00	1,40	3,36	12,76	4,25

Elaboración: Vargas, L. 2011.

j. Magnesio. (Mg)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	5,00	0,79	1,24	7,03	2,34
1	2	21,00	0,75	1,18	22,93	7,64
2	1	5,00	2,00	2,35	9,35	3,12
2	2	5,00	1,50	2,75	9,25	3,08
3	1	5,00	1,40	0,79	7,19	2,40
3	2	5,00	0,48	0,65	6,13	2,04

Elaboración: Vargas, L. 2011.

k. Hierro. (Fe)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	0,54	88,00	150,00	238,54	79,51
1	2	0,65	92,00	127,00	219,65	73,22
2	1	0,54	615,00	191,00	806,54	268,85
2	2	0,60	552,00	333,50	886,10	295,37
3	1	0,37	238,00	120,50	358,87	119,62
3	2	0,72	111,00	109,00	220,72	73,57

Elaboración: Vargas, L. 2011.

l. Manganeso. (Mn)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	0,01	3,10	4,30	7,41	2,47
1	2	0,02	2,80	6,10	8,92	2,97
2	1	0,01	5,90	4,50	10,41	3,47
2	2	0,01	3,70	7,30	11,01	3,67
3	1	0,01	3,10	1,60	4,71	1,57
3	2	0,02	1,60	1,40	3,02	1,01

Elaboración: Vargas, L. 2011.

m. Zinc. (Zn)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	0,01	0,90	4,00	4,91	1,64
1	2	0,01	0,60	3,80	4,41	1,47
2	1	0,01	2,20	4,90	7,11	2,37
2	2	0,01	1,60	4,30	5,91	1,97
3	1	0,01	0,60	2,80	3,41	1,14
3	2	0,01	0,90	3,40	4,31	1,44

Elaboración: Vargas, L. 2011.

n. Boro. (B)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	0,03	0,70	0,46	1,19	0,40
1	2	0,02	0,76	0,39	1,17	0,39
2	1	0,03	0,63	0,56	1,22	0,41
2	2	0,02	0,51	0,45	0,98	0,33
3	1	0,02	0,74	0,26	1,02	0,34
3	2	0,02	0,41	0,23	0,66	0,22

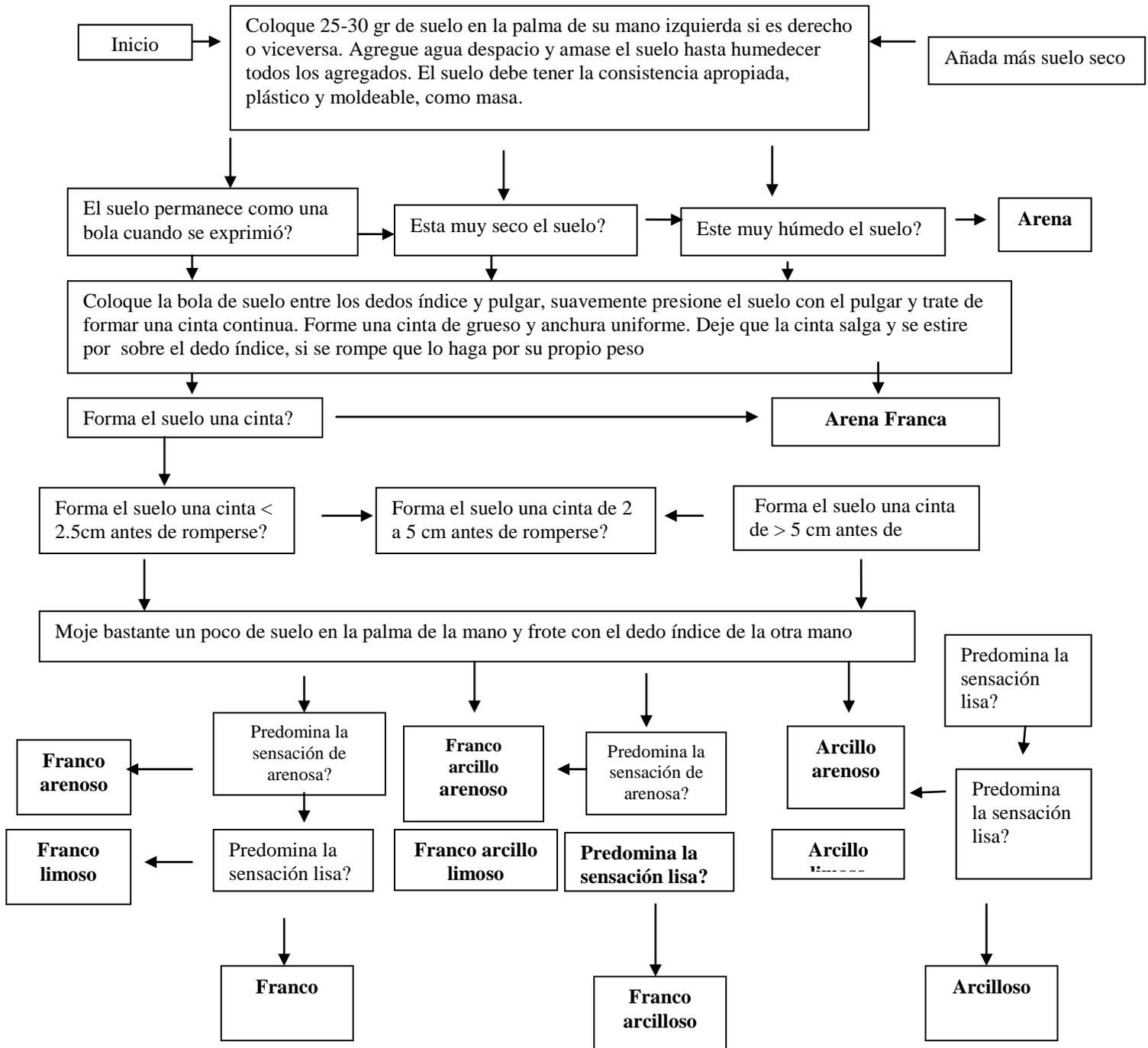
Elaboración: Vargas, L. 2011.

o. Cobre. (Cu)

Factor A	Factor B	Laboratorios			Suma	Media
		I	II	III		
1	1	0,01	2,30	2,30	4,61	1,54
1	2	0,01	3,50	2,40	5,91	1,97
2	1	0,01	2,70	2,30	5,01	1,67
2	2	0,01	3,20	2,40	5,61	1,87
3	1	0,01	4,90	2,50	7,41	2,47
3	2	0,02	2,60	3,40	6,02	2,01

Elaboración: Vargas, L. 2011.

ANEXO 2. METODOLOGÍA PRUEBA DEL TACTO 2



(Fuente: Manual de laboratorio de suelos y manejo de aguas, Gloria Arévalo-CarlGauggel).

ANEXO 3. FORMULARIO DE REGISTRO PARA EL ESTUDIO DE SUELOS



FORMULARIO DE REGISTRO PARA EL ESTUDIO DE SUELOS

1. Datos generales

Parcela:		Tipo de vegetación	
Rodal:		Abundancia de vegetación	
Especie:		Altura media(m)	
Año de plantación:		Altura dominante(m)	
Altitud (msnm):		Equipo de medición	
Pendiente:		Fecha:	

2. Descripción del perfil

Horizonte	Descripción	Profundidad(cm)	Textura	Pedregosidad (%)	Esquema
					10
					20
					30
					40
					50
					60

3. Guía de llenado

Tipo de vegetación	Abundancia de vegetación	Descripción del horizonte
1.Arbustos	1.Escasa	1.Acículas
2.Pajonal	2.Media	2.Hojas / ramas
3.Vegetación menor	3.Abundante	3.Material no reconocible
	4.Muy abundante	

Elaborado por:	Entregado a:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:

Elaboración: Vargas, L. 2011.

ANEXO 4. FORMATO DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS.



FECHA:.....
 EQUIPO.....N° de Calicata.....
 UBICACIÓN:.....
 CLIMA:
 UNIDAD GEOMORFOLOGICA.....
 ELEVACION:..... PENDIENTE:.....
 TOPOGRAFIA:..... DRENAJE:.....
 USO DE LA TIERRA:..... VEGETACIÓN.....
 NATURAL:.....

DESCRIPCION DEL PERFIL

Horizonte	Profundidad	Color	Textura	Estructura	Estructura	Estructura	Consistencia	Consistencia	Consistencia
			Tipo	Grado	Clase	Seco	Húmedo	Mojado	

Relieve	Relieve	Piedra/Roca	Piedra/Roca
Tamaño	Cantidad	Tamaño	Cantidad

EXTURA:Ar,ArL,FAr,FArA,F,FArL,FL,FA,L,AF,FA,ESTRUCTURA:tipo:granular,ba,bsa,pr,col,lam,CONSISTENCIA:seco,s,mb,b,d,md;humudo:s,mf,f.mf.ef; m

Elaboración: Vargas, L. 2011.

ANEXO 5. DISEÑO ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN.

