



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS”

*Tesis de Grado Previa a la
Obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo*

AUTORES:

Fernando Mauricio Castillo Cevallos

José Francisco Salinas Landy

DIRECTOR:

Ing. Miguel Ángel Villamagua Mg. Sc.

**Loja – Ecuador
2014**

CERTIFICACIÓN

Ing. Miguel Villamagua
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de investigación titulado “CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS”, de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Agronómica; Fernando Mauricio Castillo Cevallos y José Francisco Salinas Landy, ha sido desarrollado de acuerdo a las actividades de investigación previstas, las mismas que cumple con la planificación, cronograma, metodologías y requisitos legales exigidos por el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Por lo expuesto, queda autorizada la presentación.

Loja, 1 de julio de 2014.



Ing. Miguel Ángel Villamagua Mg. Sc
DIRECTOR DE TESIS

**“CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA
DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN
DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y
ESMERALDAS”**

TESIS DE GRADO

Presentada al Tribunal de Grado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

EN EL ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

APROBADA:



Ing. Kléver Chamba Caillagua
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Max Encalada Córdova Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Pablo Álvarez Figueroa Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Fernando Mauricio Castillo Cevallos y José Francisco Salinas Landy, declaramos ser autores del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja la publicación de nuestra tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

Firma:
Autor: Fernando Mauricio Castillo Cevallos.

C.I.: 1723393482

Firma:
Autor: José Francisco Salinas Landy

C.I.: 1105075004

Fecha: Loja, 24 de octubre del 2014

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LOS SEÑORES AUTORES PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Nosotros, Fernando Mauricio Castillo Cevallos y José Francisco Salinas Landy, declaramos ser los autores de la tesis titulada “CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS”, como requisito para optar al grado de **INGENIERO AGRÓNOMO**, autorizamos al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Registro Digital Institucional (RDI):

Los usuarios pueden acceder al contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 24 días del mes de octubre del dos mil catorce, firman los autores.

Firma: 

Autor: Fernando Mauricio Castillo Cevallos.
C.I.: 1723393482
Dirección: Cdla. Daniel Alvares
Celular: 0994448370
E- mail: fercho_cas29@hotmail.com

Firma: 

Autor: José Francisco Salinas Landy
C.I.: 1105075004
Dirección: Las Peñas
Celular: 0967914289
E- mail: joseft-sl@live.com

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Miguel Ángel Villamagua Mg. Sc

Tribunal de grado: Ing. Kléver Chamba Caillagua

Ing. Ing. Max Encalada Córdova Mg. Sc

Ing. Ing. Pablo Álvarez Figueroa Mg. Sc

DEDICATORIA

Al *Altísimo*, quien supo darme la fuerza para seguir adelante, sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres *Isabel Cevallos* y *Fernando Castillo*, paradigma de amor, honestidad y sacrificio, que con su sabiduría influyeron en mi formación como persona de bien y dispuesta a tomar los retos de la vida.

A mis hermanos Luis y Lizbeth que con sus palabras de apoyo siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mis tíos Carmita y Froilán por su apoyo y confianza en todo momento.

A todos mis familiares y amigos, mil gracias por ser pilar fundamental en el desarrollo de mi formación profesional, sembrando en mí la esencia, de honestidad y trabajo.

Fernando Castillo

A *Carmen Amelia Landy Castillo*, por su apoyo incondicional, quien ha sido el pilar fundamental de este trabajo, ejemplo a seguir, responsable, cariñosa y muy trabajadora “por ser una buena madre”.

A *Pablo Salinas*, por sus sabias enseñanzas a ser una persona de bien, a siempre mostrarnos el camino correcto y por su apoyo incondicional.

A todos mis hermanos que siempre estuvieron ahí en las buenas y las malas, por su apoyo y comprensión que Dios me los bendiga.

A mis compañeros que siempre estarán en mi vida.

Con mucha estima

José Salinas

AGRADECIMIENTO

Es muy importante saber que todos los seres humanos que nos rodean en alguna etapa de nuestras vidas nos necesitamos los unos a los otros, es por eso que queremos ofrecer nuestros más fieles agradecimientos a cuantos posibilitaron la realización de la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, y de manera muy especial a la Carreara de Ingeniería Agronómica, quien con su planta docente y administrativa supieron brindarnos todo el apoyo necesario para alcanzar nuestra meta.

Al Ing. Carlos Valarezo, mentalizador del proyecto, que con sus valiosos conocimientos, supo direccionar el correcto desarrollo de nuestra investigación.

Al Ing. Miguel Ángel Villamagua, a su valiosa dirección y revisión de este documento.

Al Ing. James Loaiza, por brindarnos su apoyo y confianza, para desarrollar nuestra tesis profesional en su predio. Pero sobre todo agradecemos su paciencia y predisposición para realizar cada una de las actividades propuestas.

Al Ing. Manuel Remache, quien con su experiencia y buena voluntad supo ayudarnos en la ejecución nuestro proyecto en su predio.

A los Señores Miembros del Tribunal Calificador de tesis, por sus importantes sugerencias.

A nuestros compañeros de la Promoción 2008-2013 de la Carrera de Ingeniería Agronómica, por su colaboración a lo largo de esta investigación.

A nuestros padres y familiares en general quienes fueron el motor principal para la ejecución del proyecto.

Finalmente, por agradecer a todos y cada una de las personas que han aportado a lo largo de este proyecto universitario, nuestros más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE GENERAL

<i>Contenido</i>	<i>Págs.</i>
CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN.....	iii
AUTORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. LOS NUTRIMENTOS ESENCIALES PARA LAS PLANTAS CULTIVADAS	3
2.2. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS MINERALES Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA.....	3
2.2.1. Nitrógeno.....	4
2.2.2. Fósforo.....	5
2.2.3. Potasio.....	5
2.2.4. Calcio.....	6
2.2.5. Magnesio.....	6
2.2.6. Azufre.....	7
2.2.7. Zinc.....	8
2.2.8. Cobre.....	8
2.2.9. Hierro.....	9
2.2.10. Manganeso.....	9
2.2.11. Boro.....	10
2.2.12. Molibdeno.....	10
2.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	11

2.3.1.	Reacción del Suelo.....	11
2.3.2.	Acidez.....	11
2.3.3	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	11
2.4	FERTILIDAD DE UN SUELO.....	12
2.5	FERTILIDAD ACTUAL Y POTENCIAL DE UN SUELO.....	12
2.6	SOLUCIONES EXTRACTORAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.....	13
2.6.1.	Principios generales.....	13
2.6.2.	SOLUCIONES EXTRACTORAS.....	13
2.6.2.1.	Solución extractora Mehlich I.....	13
2.6.2.2.	Solución extractora Mehlich III.....	13
2.6.2.3.	Morgan modificado.....	14
2.6.2.4.	DPTA	14
2.6.2.5.	Solución extractora Olsen.....	14
2.6.2.6.	Solución extractora Olsen Modificado	14
2.6.2.7.	Solución extractora Bray I.....	14
2.7.	UTILIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN OLSEN MODIFICADA EN EL ECUADOR.....	15
2.8.	LA RED DE LABORATORIOS DE SUELOS EN EL ECUADOR (RELASE).....	15
2.9.	MÉTODO BIOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD	16
2.10.	TRABAJOS RELACIONADOS	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1.	SITIOS DE ESTUDIO.....	20
3.1.1.	Predio Santa Marianita	20
3.1.2	Predio Cucaracha.....	20
3.2.	SITIO DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN BIOLÓGICA	21
3.3.	MATERIALES.....	22
3.4.	METODOLOGÍA.....	22
3.4.1	Caracterización física de las unidades de suelos.....	22
3.4.2	Evaluación biológica.....	23
3.4.2.1	Diseño Experimental.....	23
3.4.2.2.	Muestreo de suelo.....	25

3.4.2.3.	Preparación de soluciones nutritivas.....	25
3.4.2.4.	Siembra de la planta indicadora.....	28
3.4.3.	Correspondencia entre la evaluación biológica y los contenidos de nutrientes extraídos con la solución de Olsen Modificada.....	29
3.4.4.	Difusión de los resultados.....	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
4.1.	UNIDADES DE SUELOS EN SANTA MARIANITA: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE FERTILIDAD.....	30
4.1.1.	Unidad Palma Plano.....	30
4.1.1.1.	Características morfológicas.....	30
4.1.1.2.	Condiciones físicas.....	30
4.1.1.2.	Condiciones químicas.....	30
4.1.1.3.	Fertilidad actual.....	31
4.1.2.	Unidad palma colinado.....	31
4.1.2.1.	Características morfológicas.....	31
4.1.2.2.	Condiciones físicas.....	32
4.1.2.3.	Condiciones químicas.....	32
4.1.2.4.	Fertilidad actual.....	33
4.1.3.	Unidad Melina Plano	33
4.1.3.1.	Características morfológicas.....	33
4.1.3.2.	Condiciones físicas.....	34
4.1.3.3.	Condiciones químicas.....	34
4.1.3.3.	Fertilidad de actual.....	35
4.1.4.	Unidad melina escarpado	35
4.1.4.1.	Características morfológicas.....	35
4.1.4.2.	Condiciones físicas.....	36
4.1.4.3.	Condiciones químicas.....	36
4.1.4.4.	Fertilidad actual.....	37
4.1.5.	Unidad teca escarpado	37
4.1.5.1.	Características morfológicas.....	37
4.1.5.2.	Condiciones físicas.....	37
4.1.5.3.	Condiciones químicas.....	38
4.1.5.4.	Fertilidad actual.....	38
4.1.6.	Unidad maíz plano.....	39

4.1.6.1. Características morfológicas.....	39
4.1.6.2. Condiciones físicas.....	39
4.1.6.3. Condiciones químicas.....	40
4.1.6.4. Fertilidad actual.....	40
4.1.7. Unidad Huerta Escarpado.....	41
4.1.7.1. Características morfológicas.....	41
4.1.7.2. Condiciones físicas.....	42
4.1.7.3. Condiciones químicas.....	42
4.1.7.4. Fertilidad actual.....	42
4.1.8. Unidad Cacao plano.....	43
4.1.8.1. Características morfológicas.....	43
4.1.8.2. Condiciones físicas.....	43
4.1.8.3. Condiciones químicas.....	44
4.1.8.4. Fertilidad actual.....	44
4.1.9. Unidad Bambú Plano.....	44
4.1.9.1. Características morfológicas.....	44
4.1.9.2. Condiciones físicas.....	45
4.1.9.3. Condiciones químicas.....	45
4.1.9.4. Fertilidad actual.....	46
4.1.10. Unidad Bambú Escarpado	46
4.1.10.1. Características morfológicas.....	46
4.1.10.2. Condiciones físicas.....	47
4.1.10.3. Condiciones químicas.....	47
4.1.10.4. Fertilidad actual.....	48
4.1.11. Unidad Teca Escarpado.....	48
4.1.11.1. Características morfológicas.....	48
4.1.11.2. Condiciones físicas.....	49
4.1.11.3. Condiciones químicas.....	49
4.1.11.4. Fertilidad actual.....	49
4.1.12. Unidad Pasto Plano.....	50
4.1.12.1. Características morfológicas.....	50
4.1.12.2. Condiciones físicas.....	50
4.1.12.3. Condiciones químicas.....	51
4.1.12.4. Fertilidad actual.....	51

4.1.13. Unidad Pasto Colinado.....	52
4.1.13.1. Características morfológicas.....	52
4.1.13.2. Condiciones físicas.....	52
4.1.13.3. Condiciones químicas.....	52
4.1.13.4. Fertilidad actual.....	53
4.1.14. Unidad Pasto Escarpado.....	53
4.1.14.1. Características morfológicas.....	53
4.1.14.2. Condiciones físicas.....	54
4.1.14.3. Condiciones químicas.....	54
4.1.14.4. Fertilidad actual.....	55
4.2. EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL.....	56
4.2.1. Crecimiento, aspecto y producción de biomasa de la planta indicadora en Santa Marianita.....	56
4.2.1.1. Altura de la planta.....	56
4.2.1.2. Aspecto de la planta indicadora.....	62
4.2.1.3. Materia Seca de la Planta Indicadora.....	64
4.2.2. Crecimiento, aspecto y producción de biomasa de la planta indicadora en Cucaracha.....	70
4.2.2.1. Altura de Planta.....	70
4.2.2.2. Aspecto de la planta indicadora.....	76
4.2.2.3. Materia Seca de la Planta Indicadora.....	78
4.3. CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA Y LA EVALUACIÓN QUÍMICA.....	84
4.3.1. Predio Santa Marianita.....	84
4.3.2. Predio Cucaracha.....	86
4.3.3. Correlación integrada.....	88
V. CONCLUSIONES	92
5.1. PREDIO SANTA MARIANITA.....	92
5.2. PREDIO CUCARACHA.....	93
VI. RECOMENDACIONES.....	95
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	96
VIII. ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1.	Movilidad de nutrientes en los síntomas de deficiencia.....	4
Cuadro 2.2.	Metodologías de análisis utilizadas en la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE).....	16
Cuadro 3.1.	Factores y niveles en estudio dentro del diseño bifactorial completamente al azar, unidades de suelo de Santa Marianita. Los Ríos, 2013.....	23
Cuadro 3.2	Factores y niveles de estudio dentro del diseño bifactorial completamente al azar, unidades de suelo de Cucaracha. Esmeraldas, 2013.....	24
Cuadro 3.3.	Tipos de sales y las cantidades expresadas en gramos para preparar las soluciones madres 1N de los macroelementos. Loja, 2013.	26
Cuadro 3.4.	Concentración de la solución nutritiva y cantidades de sales expresadas en gramos para la preparación de un litro de la solución madre de micronutrientes	26
Cuadro 3.5.	Volúmenes de las soluciones madre que se necesitó para 1 L en las diferentes soluciones nutritivas. Loja, 2013.	27
Cuadro 4.1.	Evaluación de las propiedades físicas de los suelos del predio Santa Marianita, 2013.	41
Cuadro 4.2.	Evaluación de las propiedades físicas de los suelos del predio Cucaracha, 2013.....	55
Cuadro 4.3.	Altura promedio de la planta indicadora (cm) a los 50 días de edad, en diferentes soluciones, en los suelos de Santa Marianita, 2013.....	56
Cuadro 4.4.	Materia seca de la planta indicadora (g) a los 50 días de edad, en soluciones y suelos de los diferentes tratamientos, del predio Santa Marianita, 2013.....	65
Cuadro 4.5.	Altura promedio de la planta indicadora (cm) a los 50 días de edad, en los suelos de los diferentes soluciones, del predio Cucaracha, 2013.....	70
Cuadro 4.6.	Materia seca de la planta indicadora (g) a los 50 días de edad, en soluciones y suelos de los diferentes tratamientos, del predio Cucaracha, 2013.....	78
Cuadro 4.7.	Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes (solución Olsen Modificada) de los seis tratamientos a 00-25 cm, predio Santa Marianita, 2013.....	84

Cuadro 4.8. Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes (solución Olsen Modificado) de los ocho tratamientos a 00-25 cm, predio Cucaracha, 2013..... 86

Cuadro 4.9. Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes (solución Olsen Modificada) de las 14 unidades de suelo a 00-25 cm, de predios Santa Marianita y Cucaracha 2013..... 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Localización del invernadero en la Estación Experimental La Argelia...	21
Figura 4.1.	S1 (palma plano). Santa Marianita, 2013.....	30
Figura 4.2.	S2 (palma colinado). Santa Marianita, 2013.....	32
Figura 4.3.	S3 (melina plano). Santa Marianita, 2013.....	34
Figura 4.4.	S4 (melina escarpado). Santa Marianita, 2013.....	35
Figura 4.5.	S5 (teca escarpado). Santa Marianita, 2013.....	37
Figura 4.6.	S6 (maíz plano). Santa Marianita, 2013.....	39
Figura 4.7.	S1 (huerta escarpado). Cucaracha, 2013.....	41
Figura 4.8.	S2 (cacao plano). Cucaracha, 2013.....	43
Figura 4.9.	S3 (bambú plano). Cucaracha, 2013.....	45
Figura 4.10.	S4 (bambú escarpado). Cucaracha, 2013.....	47
Figura 4.11.	S5 (teca escarpado). Cucaracha, 2013.....	48
Figura 4.12.	S6 (pasto plano). Cucaracha, 2013.....	50
Figura 4.13.	S7 (pasto colinado). Cucaracha, 2013.....	52
Figura 4.14.	S8 (pasto escarpado). Cucaracha, 2013.....	54
Figura 4.15.	Promedio y prueba de Tukey al 5%, para la altura de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo, predio Santa Marianita, 2013.....	62
Figura 4.16.	Promedio y prueba de Tukey al 5%, para la altura de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor soluciones, predio Santa Marianita, 2013.....	62
Figura 4.17.	Vista general de las unidades de suelo palma plano (a) y melina plano (b) (00-25 cm), a los 50 días del predio Santa Marianita, 2013.....	64
Figura 4.18.	Prueba de Tukey para el peso seco de la planta indicadora a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo, predio Santa Marianita. 2013.....	69
Figura 4.19.	Promedio y prueba de Tukey al 5%, para el peso materia seca, de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor soluciones, predio Santa Marianita, 2013.....	69
Figura 4.20.	Promedio y prueba de Tukey al 5%, para la altura de planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo. Cucaracha, 2013.....	75

Figura 4.21.	Promedio y prueba de Tukey al 5%, para la altura de planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor soluciones. Cucaracha, 2013.....	76
Figura 4.22.	Vista general de las unidades de suelo cacao plano (a), pasto escarpado y bambú escarpado (b) (00-25 cm), a los 50 días del predio Cucaracha, 2013.....	77
Figura 4.23.	Prueba de Tukey para el peso seco de la planta indicadora a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo, predio Cucaracha. 2013.....	83
Figura 4.24.	Prueba de Tukey para el peso seco de la planta indicadora a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo, predio Cucaracha. 2013.....	83
Figura 4.25.	Diagramas de dispersión, en la correlación para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo del predio Santa Marianita, 2013.....	85
Figura 4.26.	Diagramas de dispersión en la correlación de K (a), Mg (b), Fe (c), Mn (d), Cu (e) y Zn (f); para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo del predio Cucaracha, 2013.....	87
Figura 4.27.	Diagramas de dispersión en la correlación de N (a) y P (b) para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo del predio Cucaracha, 2013.....	88
Figura 4.28.	Diagramas de dispersión en la correlación integrada de Mn (a) y Fe (b) para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo de los predios Santa Marianita y Cucaracha, 2013.....	89
Figura 4.29.	Diagramas de dispersión en la correlación integrada de N (a), P (b), K (c), Mg (d), Zn (e) y Cu (f); para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado, en la evaluación química del suelo de predios Santa Marianita y Cucaracha, 2013.	90
Figura 8.1.	Unidades de suelo a) palma colinado, b) melina escarpado, c) teca escarpado, d) maíz plano (00-25 cm), predio Sta. Marianita, 2013.....	136

Figura 8.2.	Unidades de suelo a) huerta escarpado, b) bambú plano, c) teca escarpado, d) pasto plano, e) pasto colinado (00-25 cm), predio Cucaracha,2013.....	136
Figura 8.3.	Difusión de resultados (día de campo).....	139
Figura 8.4.	Ubicación predio Santa Marianita (provincia Los Ríos, cantón Buena Fe, parroquia Buena Fe).....	141
Figura 8.5.	Ubicación predio Cucaracha (provincia Esmeraldas, cantón Quinindé, parroquia Rosa Zarate).....	141

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Descripción de perfiles de las unidades de suelo en predio Santa Marianita y Cucaracha.....	100
Anexo 1.1.	Descripción de perfil unidad palma plano. Predio Santa Marianita.....	100
Anexo 1.2.	Descripción de perfil unidad palma colinado. Predio Santa Marianita.....	101
Anexo 1.3.	Descripción de perfil unidad melina plano. Predio Santa Marianita....	102
Anexo 1.4.	Descripción de perfil unidad melina escarpado. Predio Santa Marianita,.....	103
Anexo 1.5.	Descripción de perfil unidad teca escarpado. Predio Santa Marianita..	104
Anexo 1.6.	Descripción de perfil unidad maíz plano. Predio Santa Marianita.....	105
Anexo 1.7.	Descripción de perfil unidad huerta escarpado. Predio Cucaracha.....	106
Anexo 1.8.	Descripción de perfil unidad cacao plano. Predio Cucaracha.....	107
Anexo 1.9.	Descripción de perfil unidad bambú plano. Predio Cucaracha.....	108
Anexo 1.10.	Descripción de perfil unidad bambú escarpado. Predio Cucaracha.....	109
Anexo 1.11.	Descripción de perfil unidad teca escarpado. Predio Cucaracha.....	110
Anexo 1.12.	Descripción de perfil unidad pasto plano. Predio Cucaracha.....	111
Anexo 1.13.	Descripción de perfil unidad pasto colinado. Predio Cucaracha.....	112
Anexo 1.14.	Descripción de perfil unidad pasto escarpado. Predio Cucaracha.....	113
Anexo 2.	Descripción de las muestras de suelo, con diferentes soluciones nutritivas. Los Ríos, 2013.....	114
Anexo 3.	Descripción de las muestras de suelo, con diferentes soluciones nutritivas. Esmeraldas, 2013.....	115
Anexo 4.	Resumen del análisis de varianza para la altura de planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 50 días, predio Santa Marianita, 2013.....	116
Anexo 5.	Resumen del análisis de varianza para la altura de planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 50 días en predio Cucaracha, 2013.....	116
Anexo 6.	Resumen del análisis de varianza para los valores de biomasa seca de la planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 50 días en predio Santa Marianita, 2013.....	116

Anexo 7.	Resumen del análisis de varianza para los valores de biomasa seca de la planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) a los 50 días en predio Cucaracha, 2013.....	116
Anexo 8.	Análisis químico y físico de los dos primeros horizontes, de perfiles de suelo, predio Santa Marianita.....	117
Anexo 9.	Análisis químico y físico de los dos primeros horizontes, de perfiles de suelo, predio Cucaracha.....	118
Anexo 10.	Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo (Valarezo et al, 1998).....	120
Anexo 11.	Resultados de altura de la planta indicadora, a los 50 días de edad, en las tres repeticiones de los seis suelos de los diferentes tratamientos del predio Santa Marianita, para cada solución nutritiva, 2013.....	120
Anexo 12.	Resultados de altura de la planta indicadora, a los 50 días de edad, en las tres repeticiones de los ocho suelos de los diferentes tratamientos del predio Cucaracha, para cada solución nutritiva, 2013.....	122
Anexo 13.	Materia seca (g) de la planta indicadora en las tres repeticiones de suelos de los diferentes tratamientos del predio Santa Marianita, para cada solución nutritiva, 2013.....	124
Anexo 14.	Materia seca (g) de la planta indicadora en las tres repeticiones de suelos de los diferentes tratamientos del predio Cucaracha, para cada solución nutritiva, 2013.....	126
Anexo 15.	Análisis químico de los 6 tratamientos de suelo del predio Santa Marianita en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.....	128
Anexo 16.	Análisis químico de los 8 tratamientos de suelo del predio Cucaracha en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.....	129
Anexo 17.	Análisis químico de los 6 tratamientos de suelo del predio Santa Marianita para B y S en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.....	131
Anexo 18.	Análisis químico para B y S de los 8 tratamientos de suelo del predio Cucaracha en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.....	131
Anexo 19.	Evaluación química de seis unidades de suelos predio Santa Marianita, 2013.....	132
Anexo 20.	Valores promedio de pH _{H2O} , acidez cambiante (H ⁺ y Al ³⁺) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm del predio Santa Marianita, 2013.....	132

Anexo 21.	Valores promedio de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S y B disponibles en las capas de 00-25 y 25-50 cm en el predio Santa Marianita,2013...133
Anexo 22.	Evaluación química de ocho unidades de suelos predio Cucaracha, 2013.....134
Anexo 23.	Valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm del predio Cucaracha, 2013.....134
Anexo 24.	Valores promedio de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S y B disponibles en las capas de 00-25 y 25-50 cm en el predio Cucaracha, 2013.....135
Anexo 25.	Vista general de unidades de suelo predios Santa Marianita y Cucaracha.....136
Anexo 26.	Tríptico divulgativo entregado a los asistentes en el día de campo.....137
Anexo 27.	Planificación del evento de difusión de resultados (día de campo).....139
Anexo 28.	Tabla de interpretación de análisis utilizada en la actualidad (INIAP, 2013).....140
Anexo 29.	Ubicación de los predios.....141

RESUMEN

En los cantones Buena Fe (predio Santa Marianita) y Quinindé (predio Cucaracha) de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, se encuentran suelos de origen volcánico, que reciben altas precipitaciones (1873 y 2896 mm/año respectivamente). Ante la necesidad de conocer con mayor certeza la disponibilidad de macro y micronutrientes que posiblemente son limitantes para el desarrollo de los cultivos y debido a que los análisis químicos realizados en los laboratorios de suelos del país, para evaluar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (fertilidad actual) no siempre reflejan con veracidad la cantidad del elemento, se evaluó los contenidos de nutrientes aprovechables de N, P, K, S, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B, analizados químicamente (extracción de Olsen Modificado) y la evaluación biológica, mediante el método del elemento faltante en invernadero, utilizando como planta indicadora el tomate (*Solanum lycopersicum*), en dos unidades productivas de las provincias de Los Ríos (6 unidades de suelo) y Esmeraldas (8 unidades de suelo), como referentes para validar los análisis de suelos en el país que oficialmente utiliza la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador. La altura de la planta indicadora se registró hasta los 50 días y se determinó la biomasa seca. Las plantas de las soluciones nutritivas carentes de uno de los elementos de los suelos de las catorce unidades de suelo presentaron menor desarrollo en relación a su correspondiente solución nutritiva completa. En Santa Marianita el K, N y P resultaron ser los elementos deficientes, con proporciones de biomasa en relación a la solución completa de: 9,51:1; 34,08; y 163,1:1, respectivamente; el Zn, Mg, Cu, B, Fe Mn y S, se mostraron en un nivel medio. La correlación de P, N, Fe, Cu y Mn no fue significativa con 0,32; 0,33; 0,35, 0,14 y 0,15, en su orden, entre el peso de la materia seca de la evaluación biológica con la concentración del nutriente disponible del análisis químico a partir de la extracción con la solución de Olsen Modificada; mientras el K y Zn mostraron una moderada correlación ($r= 0,45$ y $0,46$, respectivamente); y, finalmente la correlación de Mg fue negativa $-0,48$. Respecto a Cucaracha el -K, -S, -N y -P resultaron ser los elementos deficientes, con proporciones de biomasa en relación a la solución completa de: 2,47:1; 2,77:1; 8,65; y, 683:1, respectivamente; el Fe, Mn, Cu, Mg, Zn y B, se mostraron estadísticamente iguales. La correlación para el N, Mn, Cu, Zn y Fe no fue significativa 0,36; 0,28; 0,11, 0,03 y 0,01, en su orden; mientras el Mg tuvo una moderada correlación ($r= 0,42$ respectivamente); y, finalmente el P y K la correlación fue negativa $-0,44$ y $-0,56$. La utilización de la solución extractora de Olsen

Modificada merece ser revisada para el caso de los análisis de laboratorio de los elementos disponibles en los suelos del norte del país.

Palabras claves: extracción de Olsen Modificado, método del elemento faltante, planta indicadora, *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT

In the following cantons of Buena Fe (property Santa Marianita) and Quinindé (property Cucaracha) of the provinces of Los Ríos, and Esmeraldas, are volcanic soils, which receive high rainfall in (1873 and 2896 mm / year respectively). Faced with the need to know with greater certainty the availability of macro and micronutrients that are potentially controlling for crop development and of course the chemical were analyzes of soil laboratories in the country in order to assess the availability of nutrients on the way to plants (current fertility) it doesn't always reflect the amount of elements and the accuracy, nutrients utilizable that contents of N, P, K, S, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn and B, chemically analyzed (Olsen extraction Amended) was assessed and the biological evaluation using the method of the missing element in the greenhouse, using as indicator plant of tomato (*Solanum lycopersicum*) in two production units of the provinces of Los Rios (6 floor units) and Esmeraldas (8 soil units), as references to validate the analysis of soils in the country officially uses the Red soils Laboratory in Ecuador. The height of the indicator, plant was recorded up to 50 days and the dry biomass was determined. Therefore the plants from nutrient solutions lacking one element of the soils of the fourteen units had lower soil, and development in relation to the corresponding nutrient solution. In Santa Marianita K, N and P were found to be deficient elements, proportions of biomass in relation to the complete solution: 9.51: 1; 34.08; and 163.1: 1, respectively; Zn, Mg, Cu, B, Fe, Mn and S, were at a medium level. The correlation of P, N, Fe, Cu and Mn was not significant at 0.32; 0.33; 0.35, 0.14 and 0.15, in that order, between the weight of the dry matter of the biological evaluation of the nutrient concentration of chemical analysis available from the extraction solution property Olsen; while the K and Zn showed a moderate correlation ($r= 0.45$ and 0.46 , respectively); and finally the correlation was negative -0.48 Mg. Regarding the -K Cockroach, S, N and P were found to be the weakest elements, with proportions of biomass relative to the total solution of 2.47: 1; 2.77: 1; 8.65; and 683: 1, respectively; Fe, Mn, Cu, Mg, Zn and B, were statistically equal. The correlation for the N, Mn, Cu, Zn and Fe was not significant 0.36; 0.28; 0.11, 0.03 and 0.01, in that order; while the Mg had a moderate correlation ($r= 0.42$ respectively); and finally the P and K the correlation was negative -0.44 and -0.56 . Using the Modified Olsen extracting solution should be revised in the case of the laboratory analysis of the elements available in the soil in the north.

Key words: Olsen extraction Modified, missing element method, indicator plant, *Solanum lycopersicum*.

I. INTRODUCCIÓN

En los cantones Buena Fe y Quinindé de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, en su orden, se encuentran suelos de origen volcánico, que reciben altas precipitaciones (1873 y 2896 mm/año, respectivamente). Los productores agropecuarios con la finalidad de recuperar la fertilidad de los suelos, acuden a las casas comerciales para adquirir fertilizantes químicos, asumiendo recomendaciones que en realidad no se relacionan con los requerimientos de nutrientes de los cultivos, que son específicos para cada cultivo, lugar y época del año (Carrillo *et al.*, 2010).

En el marco indicado surgió la necesidad de conocer con mayor certeza la disponibilidad de macro y micronutrientes que posiblemente son limitantes para el desarrollo de los cultivos, de manera que se pueda implementar en el futuro un plan de fertilización química y orgánica que permita alcanzar los más altos rendimientos de los cultivos.

Los análisis químicos realizados en los laboratorios de suelos del país, para evaluar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (fertilidad actual) no siempre reflejan con veracidad la cantidad de elemento aprovechable, por lo cual se planteó evaluar la fertilidad actual de los suelos, mediante el método del elemento faltante desarrollado por Colwell (1980), adaptado por Valarezo (1985), utilizando como planta indicadora al tomate de mesa, probado inicialmente para las condiciones de Cañicapac y Ñamarin por Guayllas (1986); y, posteriormente en suelos del Sur de la Amazonia Ecuatoriana desarrollados sobre andesita, granodiorita y arenisca cuarzosa, tratados con carbón vegetal, cal y nutrientes, por Burneo (2012), Loaiza (2013) y Mendoza (2013). Los resultados se han comparado con los contenidos de las formas disponibles de los nutrientes extraídos con la solución Olsen modificado, que es la que oficialmente utiliza la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador.

En el marco indicado, la presente investigación tuvo como finalidad disponer de información sobre la correspondencia de los contenidos de nutrientes aprovechables de N, P, K, S, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B, analizados químicamente (extracción de Olsen Modificado) y la evaluación biológica mediante el método del elemento faltante, en dos unidades productivas seleccionadas de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, como referentes para validar los análisis de suelos en el país.

Los objetivos específicos fueron:

- Caracterizar las unidades de suelos de los predios: Santa Marianita, del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos; y Cucaracha del cantón Quindé, provincia de Esmeraldas.
- Evaluar biológicamente la fertilidad actual de las unidades de suelos de los predios seleccionados, mediante la técnica de elemento faltante. Desarrollado por Cowell (1980) y adaptado por Valarezo (1985).
- Establecer la correspondencia entre la evaluación biológica y los contenidos nutricionales de las unidades de los predios seleccionados extraídos con la solución de Olsen Modificada.
- Difundir los resultados obtenidos durante el proceso de investigación a las personas interesadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LOS NUTRIMENTOS ESENCIALES PARA LAS PLANTAS CULTIVADAS

Los elementos químicos que se encuentran en las células vegetales pueden ser muchísimos, pero el hecho de encontrar un elemento en una planta no es suficiente para concluir que sea esencial para su vida, ya que los minerales son absorbidos principalmente por intercambio iónico del medio, de acuerdo a leyes físicas y no a la importancia que tengan en el metabolismo. Para demostrar:

- a. Cuando en ausencia de un determinado elemento la planta no puede completar su ciclo biológico.
- b. La acción del elemento debe ser específica, es decir, ningún otro elemento puede sustituirlo totalmente.
- c. El elemento debe estar implicado directamente en la nutrición vegetal, bien como constituyente de un metabolito esencial, o que sea requerido para el funcionamiento de un enzima (UNAL, 2013).

Según Fitz (2011), estos elementos deben estar presentes en proporciones adecuadas, ya que tanto una deficiencia como un exceso de alguno de ellos afectan seriamente el desarrollo de la planta y provoca síntomas de desnutrición o toxicidad.

Los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas que se encuentran en el suelo son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio concernientes a los macronutrientes y el manganeso, cobre, zinc, molibdeno, boro, cloro, hierro y cobalto, correspondiente a los micronutrientes.

2.2. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS MINERALES Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Según Yeh *et al.*, citado por Burneo (2012), la observación de síntomas visibles de las alteraciones nutricionales es un método de diagnóstico cualitativo. La caracterización del desarrollo foliar y de la planta en general, sumado a los síntomas de deficiencias de nutrientes pueden ser una ayuda en el diagnóstico de desórdenes y desbalances nutritivos

Según SMART (2012), los síntomas de la deficiencia de nutrientes móviles se desarrollan primero en las hojas más maduras. Básicamente, los nutrientes se transportan por la planta a sus partes de crecimiento activo, que son las hojas jóvenes.

Los síntomas de deficiencia de nutrientes inmóviles aparecerán primero en el

nuevo crecimiento, porque estos nutrientes no pueden ser transportados desde las hojas más viejas al nuevo crecimiento.

Se puede dividir los nutrientes de la planta en nutrientes móviles, moderadamente móviles e inmóviles.

Cuadro 2.1. Movilidad de nutrientes en los síntomas de deficiencia (SMART, 2012).

Nutrientes muy móviles	Nutrientes moderadamente móviles	Nutrientes inmóviles
Nitrógeno	Magnesio	Calcio
Fósforo	Azufre (según la especie)	Boro
Potasio	Hierro	
	Manganeso	
	Zinc	
	Molibdeno	

Fuente: SMART, 2012.

2.2.1. Nitrógeno

La planta lo puede obtener preferentemente por absorción radicular del nitrato (NO_3^-) y del amonio (NH_4^+), aunque algunas pueden establecer simbiosis con bacterias fijadoras de N_2 atmosférico. Más del 50 % del N de la planta se halla en proteínas y ácidos nucleicos, el resto en moléculas solubles orgánicas (ácidos, amidas, aminos) con distintas funciones (coenzimas, osmolitos, etc.) o inorgánicas (nitrato y amonio) (AGROESTRATEGIAS, 2012).

La cantidad de nitrógeno disponible depende del tipo de suelo, de la temperatura y pluviosidad, el contenido de NO_3^- varía con la estación, ya que es muy soluble en agua y las aguas de lluvia o riego lo pueden arrastrar hacia el subsuelo. En regiones de condiciones de humedad uniforme y vegetación comparable, el contenido promedio de nitrógeno y de materia orgánica del suelo decrece exponencialmente a medida que aumenta la temperatura anual. La irrigación y la aplicación de fertilizantes aumentan las pérdidas por lixiviación (Hernández, 2002).

Las plantas deficientes en N tienen un crecimiento lento, son delgadas y achaparradas; típicamente las plantas son de color verde claro a amarillas en el follaje. El síntoma inicial y más severo de deficiencia de hojas amarillas se observa en las hojas más viejas, puesto que el N se moviliza del tejido viejo para transportarlo a partes de crecimiento de la planta; a esto se le conoce como translocación. Las plantas

deficientes en N maduran antes, lo que ocasiona un reducido rendimiento y calidad (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

2.2.2. Fósforo

Gran parte del fósforo del suelo se encuentra en forma inorgánica, especialmente en forma de iones fosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} y PO_4^{3-}) Forma parte de los ácidos nucleicos, Adenosín Monofosfato (AMP), Adenosín Difosfato (ADP), Adenosin Tri fosfato(ATP), piridin nucleótidos (nicotinamida adenina dinucleótido NAD^+ en su forma oxidada y NADH en su forma reducida), por lo que participa en todas las reacciones energéticas del metabolismo, procesos anabólicos y transferencia de las características hereditarias (UNAL, 2013).

Las deficiencias de fósforo, se caracteriza por un retardo en el crecimiento, las raíces se desarrollan poco y se produce enanismo en hojas y tallos. Puesto que el P es móvil en la planta, el síntoma de deficiencia ocurre en los tejidos más viejos (Hernández, 2002).

INFOCUS citado por Burneo (2012), manifiesta que la carencia de este nutriente favorece la acumulación de azúcares en los órganos vegetativos, lo cual a su vez favorece la síntesis de antocianina lo que determina la pigmentación púrpura en las hojas.

Las causas de concentraciones deficitarias de fósforo se deben a la falta de fertilización fosforada y principalmente, a la alta retención de fósforo que exhiben los suelos, especialmente los derivados d cenizas volcánica. La retención responde a la reactividad de las arcillas en su interacción con los iones fosfatos y en menor medida al pH ácido predominante en estos suelos (Vásconez y Pinochet, 2012).

2.2.3. Potasio

Las plantas absorben el potasio en su forma iónica, K^+ . Es el catión más abundante de la vacuola y el principal osmolito de la planta. Además es activador de más de 50 sistemas enzimáticos (oxidoreductosas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasa) en los que interviene en el cambio conformacional de la apoenzima (AGROESTRATEGIAS, 2012).

Los síntomas de deficiencia se manifiestan primeramente a través de una amarillamiento de los ápices y márgenes foliares adultos, continuando luego hacia el centro o base de la hoja. Los límites entre las áreas necróticas y el tejido foliar son

nítidos. Como consecuencia de este deterioro disminuye la actividad fotosintética y se detiene la síntesis del almidón; en ciertos casos, las hojas presentan una curvatura hacia abajo y un moteamiento blanco amarillamiento (Padilla, 2007).

Vera (2003), manifiesta que el litoral costero, localizado entre el océano Pacífico y los Andes occidentales posee una abundancia de suelos con K disponible que va de moderado a bajo.

Chinchillas, citado por Suárez *et al.*, (2010), manifiesta que las reservas de K en el suelo se reducen cada año en la plantación de palma aceitera, como consecuencia de la extracción del cultivo y otras pérdidas normales dentro del ciclo del elemento.

2.2.4. Calcio

Se absorbe como catión Ca^{2+} . Forma parte estructural de los pectatos (lámina media), carbonatos, oxalatos, fitatos, calmoludinas. Constituyente ATPasa (aspirasa), alfa amilasa, fosfolipasa D, nucleasa. (Sánchez, 2007).

El calcio es un elemento estructural en las plantas ya que constituye la lámina media, las paredes y membranas de la célula. Además, participa en la división y extensión celular, influye en la compartimentalización de la célula (permite especializar funciones en los orgánulos), contribuye al equilibrio iónico de la misma, modula la acción de hormonas y señales y estabiliza la pared celular y membranas (Álvarez, 2011).

La deficiencia de calcio está generalmente asociada a condiciones de acidez del suelo y muchas veces es difícil diferenciar una de la otra. Las deficiencias de calcio parecen tener dos efectos en la planta: causan una atrofia del sistema radical y le dan una apariencia característica a la hoja. Las hojas se muestran cloróticas, enrolladas y rizadas. Se presentan raíces pobremente desarrolladas, carentes de fibras y pueden tener apariencia gelatinosa. Los síntomas se observan cerca de los ápices de crecimiento de raíces y tallos (Hernández, 2002).

2.2.5. Magnesio

Se absorbe y permanece como catión Mg^{2+} . Se encuentra en forma libre en el espacio intratilacoidal del cloroplasto, donde al iluminarse este, pasa al estroma, pudiendo activar a enzimas tan importantes para la fotoasimilación como la RubisCo, la fosfoenolpiruvato (PEP) carboxilasa y la glutamato sintasa. Además interviene en el

metabolismo energético formando complejos con el ATP (AGROESTRATEGIAS, 2012).

Los síntomas de deficiencia de magnesio se muestran como un amarillamiento de las hojas o una clorosis internerval que se inicia en las hojas viejas (el magnesio es móvil en la planta). Cuando la deficiencia es mayor, los síntomas aparecen en hojas jóvenes, y si la deficiencia es severa se desarrolla una necrosis. No hay síntomas de toxicidad cuando en el tejido vegetal es alto ($> 1 \%$) sin inducir deficiencias de Ca o K; sin embargo, un desequilibrio entre estos tres a favor del Mg reduce el crecimiento de la planta. En suelos de bajo pH, la solubilidad de magnesio disminuye y se hace menos disponible. (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

Según SMART (2012), en suelos ácidos, la solubilidad de elementos tales como el manganeso y aluminio aumenta. Como resultado de esto se reducirá la absorción de magnesio por la planta.

León citado por Suárez *et al.*, (2010), menciona que las deficiencias de Mg se han encontrado en todas las regiones donde crece la palma. Este es el problema más frecuente en los suelos ácidos.

2.2.6. Azufre

Se absorbe por la raíz en forma de anión sulfato (SO_4^{2-}), aunque los estomas pueden absorber el contaminante dióxido de azufre (SO_2), que reacciona con el agua para formar disulfato (HSO_3^-) que desplaza al Mg de la clorofila inutilizándola (AGROESTRATEGIAS, 2012).

Es componente de cisteína, cistina, metionina y proteínas. Además de ácido lipoico, coenzima A, pirofosfato de tiamina, glutatión, biotina, adenosina-5' - fosfosulfato y 3' -fosfoadenosina (Taiz y Zeiger, 2006).

SMART (2012), manifiesta que dado que el elemento se lixivía fácilmente, un análisis de la capa superior del suelo puede mostrar un nivel bajo de azufre, mientras que las muestras del subsuelo mostrarán niveles más altos de azufre disponible. Las deficiencias de S son más probables en los suelos arenosos y bajo condiciones de alta precipitación.

La deficiencia se caracteriza porque la lámina foliar se torna uniformemente amarilla o clorótica, presentándose la deficiencia primeramente en hojas jóvenes, ya que este elemento no se redistribuye fácilmente de las hojas viejas hacia las maduras,

por ser inmóvil. Debido a que los suelos tienen suficientes cantidades de sulfatos, las deficiencias de S en la naturaleza son raras (Hernández, 2002).

2.2.7. Zinc

Como catión divalente está implicado en al menos 80 sistemas enzimáticos redox. Está implicado en la síntesis de triptófano y precursor de ácido indolacético (AIA) (AGROESTRATEGIAS, 2012).

El contenido de Zn en la hoja es suficiente en intervalos de 15 a 50 ppm en la materia seca de las hojas maduras, aunque en algunas plantas la deficiencia no ocurrirá hasta que el contenido de Zn este bajo 12 ppm. Las deficiencias pueden ocurrir en suelos con altos niveles de P (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

El carbonato de calcio también reduce fuertemente su disponibilidad. El encalado excesivo produce una deficiencia del elemento (Hernández, 2002)

Las plantas deficientes en Zn muestran hojas con pigmentación púrpura las cuales se necrosan. Las hojas se van desprendiendo progresivamente de abajo hacia arriba. Se presenta lo que se denomina hoja pequeña en la vid y en el manzano, hoja blanca en el maíz y hoja de hoz en el cacao (Palomino, 2010).

2.2.8. Cobre

El Cu, como catión cuproso o cúprico forma parte de enzimas implicadas en procesos redox (AGROESTRATEGIAS, 2012).

El Cu, es componente del ácido ascórbico oxidasa, la tirosinasa, la uricasa, la citocromo oxidasa, la fenolasa, la lacasa y plastocianina. (Taiz y Zeiger, 2006).

Hernández (2002), manifiesta que las deficiencias de cobre se detectan en suelos orgánicos ácidos, en suelos derivados de rocas ígneas muy ácidas y en suelos lixiviados de textura gruesa.

Los componentes del suelo como los óxidos y los carbonos también reducen la disponibilidad del Cu, entre los síntomas de deficiencia de cobre causan necrosis en las hojas y les da una apariencia marchita y oscura. El exceso de Cu puede inducir la deficiencia de Fe y clorosis. El crecimiento radicular se suprimirá, lo que inhibirá la elongación y la formación de raíces laterales (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

2.2.9. Hierro

Se requiere en cantidades prácticamente de micronutrientes, aunque se pueda absorber como ion férrico Fe^{3+} (Fe III), es mucho más soluble como ion ferroso Fe^{2+} (Fe II). El hierro está presente en grandes cantidades en los suelos, pero su disponibilidad para las plantas es generalmente muy baja. El Fe^{3+} es insoluble en un pH neutral y alto, por lo que no es disponible para las plantas en los suelos alcalinos (Sánchez, 2007).

Hernández (2002), manifiesta que muchos suelos cultivados tienen un bajo contenido de hierro disuelto en la solución del suelo y adsorbido en forma intercambiable. El contenido de hierro férrico (Fe^{3+}) aumenta al aumentar la acidez, alcanzando grandes concentraciones solamente en suelos muy ácidos; los suelos bajo condiciones reductoras o anegados tienen un alto contenido de hierro ferroso (Fe^{2+}).

Es constituyente de citocromos y proteínas sin grupo hemo implicadas en la fotosíntesis, la fijación del N_2 y la respiración (Taiz y Zeiger, 2006).

Fitz (2011), señala que la deficiencia de hierro es notable solamente en las hojas jóvenes y se manifiesta como un amarillamiento, principalmente entre la nervadura de las hojas. Esta deficiencia se conoce con el nombre de *clorosis ferrica* y es más común en suelos calcáreos o alcalinos, debido a la falta de clorofila.

2.2.10. Manganeso

El manganeso se absorbe bajo la forma de catión reducido (Mn^{2+}). El comportamiento del manganeso, como el hierro, en el suelo y en la planta son bastantes semejantes. Al decrecer el valor del pH y bajar el potencial redox, aumenta la concentración de iones de Mn^{2+} disponible para las plantas en la solución del suelo. (Oliveira *et al.*, 2006).

El Mn es un micronutriente esencial que está involucrado en los procesos de oxidación y reducción, tales como en el transporte de electrones en la fotosíntesis y la desintoxicación de radicales de oxígeno libre. El Mn forma metaloproteínas, que a su vez son componentes de solo dos enzimas, la enzima que quiebra la molécula de agua en la fotosíntesis II (FS II) y el peróxido dismutasa. También es el activador de varias enzimas (Kirkby y Römbeld, 2008).

Según Fitz (2010), la deficiencia de manganeso se presenta en forma parecida a la del hierro, pero la clorosis es más marcada; se manifiesta por pérdida del color verde en la totalidad del área entre las nervaduras. Un pH alto y un buen drenaje pueden

causar deficiencias que se neutralizan mediante la aspersión del cultivo con una solución de sulfato de manganeso.

2.2.11. Boro

En las plantas se encuentra en la forma de ácido bórico H_3BO_3 o, gracias a la capacidad de este de captar grupos OH, como ion borato $B(OH)_4^-$. Puede formar enlaces éster con grupos cisdiol, de donde parece derivarse su función. Moléculas enlazadas por borato o ácido bórico pueden ser funcionales gracias a estos enlaces éster, como ocurre con el dímero Borato-ramnogalacturonano II, un componente péptico de la pared celular y, muy probablemente, glucoproteínas de la membrana (AGROESTRATEGIAS, 2012).

El boro adsorbido por las partículas del suelo se ve afectado por los componentes del suelo (los minerales arcillosos, los óxidos sueltos y la materia orgánica) y también por otros factores como el tipo y la concentración de las sales en el suelo, el pH y la temperatura FAGRO (2010).

Los suelos costeros contienen entre 10 a 50 veces más boro que los suelos del interior. A medida que el pH se hace más ácido los procesos de adsorción disminuyen, aumentando la disponibilidad de B (Hernández, 2002).

FAGRO (2010), manifiesta que las deficiencias serias de Boro impiden el crecimiento de brotes. Inicialmente existe un cambio de pigmentación en hojas jóvenes y se acumulan pigmentos púrpuras alrededor de los márgenes, provocando finalmente una clorosis.

La deficiencia de boro causa daños serios y muerte de los meristemas apicales. Las plantas deficientes en boro contienen más azúcares y pentosanos, presentan tasas más bajas de absorción de agua y transpiración que las plantas normales (Hernández 2002).

2.2.12. Molibdeno

En distintos estados de oxidación participa en reacciones redox formando parte de complejos enzimáticos clave como el de la nitrato reductasa, el de la xantina oxidasa (implicada en el catabolismo de las bases púricas) o el de la nitrogenasa (AGROESTRATEGIAS, 2012).

Los síntomas de deficiencia de este mineral aparecen como un amarillamiento general y reducción del crecimiento en la planta. La deficiencia de Mo puede causar la

deficiencia de N en las leguminosa, porque la bacteria en los nódulos de las raíces de las leguminosas deben tener molibdeno para ayudar a fijar N del aire (Estrada, 2004).

Cuando los suelos son ácidos, el encalado aumenta la disponibilidad de molibdeno, eliminando o reduciendo la severidad de esos desórdenes nutricionales (Hernández, 2002).

2.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

2.3.1. Reacción del Suelo

Según Bolan and Kandaswamy (2005), el pH de una solución acuosa es definido como el logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución. Es considerada una “variable máster” que determina muchas de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. La reacción del suelo o pH está relacionada con la disponibilidad de los nutrientes y el crecimiento óptimo de las plantas.

2.3.2. Acidez

Bolan *et al.*, (2005) manifiesta que la acidificación del suelo se evalúa a partir de la actividad de los iones H^+ en la solución del suelo. En suelos minerales la acidez intercambiable es generada por el Al^{3+} . Una de las mayores consecuencias de la acidificación es la declinación de los cationes básicos como Ca^{2+} y Mg^{2+} dando lugar a la deficiencia potencial de estos cationes para el crecimiento de las plantas.

Bajo condiciones fuertemente ácidas, el Al^{3+} en la solución del suelo y en los sitios de intercambio catiónico hidroliza y genera acidez (Parker, 2005).

2.3.3 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

McDonald *et al.*, (2005) manifiesta que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) puede ser definida como la cantidad total de carga negativa por unidad de masa de suelo o como la suma total de los cationes intercambiables neutralizando esta carga por unidad de masa. Esto es expresado en unidades de centimoles de la carga del catión por kilogramo ($cmol_c\ kg^{-1}$) o miliequivalentes de carga por 100 gramos de suelo ($meq\ 100g^{-1}$).

SMART (2012), indica que los suelos con alta CIC son considerados más fértiles, ya que pueden retener más nutrientes que fueron absorbidos por las plantas o lixiviados fuera de la zona de la raíz.

Un valor alto no asegura la presencia de alta concentración de nutrientes, pues algunos sitios de cambio están ocupados por H^+ y Al^{3+} o bien otros nutrientes no esenciales (Soriano, 2004).

2.4 FERTILIDAD DE UN SUELO

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2007).

En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales, fertilidad química, pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa (Sánchez, 2007).

Según Lanly (2013), un suelo es fértil cuando:

- su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces.
- contiene los nutrientes que la vegetación necesita.
- es capaz de absorber y retener el agua, conservándola disponible para que las plantas la utilicen.
- está suficientemente aireado.
- no contiene sustancias tóxicas.

2.5. FERTILIDAD ACTUAL Y POTENCIAL DE UN SUELO

Según Castro y Gómez (2003), los coloides del suelo, que están representados en su fracción mineral por las arcillas y en su fracción orgánica por el humus, conforman el complejo órgano-mineral del suelo y sostienen su **fertilidad actual**, o más precisamente aquella que se encuentra representada en el análisis químico del suelo.

Mineralógicamente la composición de la fracción arena predice la **fertilidad potencial**, la cual está relacionada directamente con la secuencia de alteración de los principales minerales que integran los suelos.

Resulta muy útil entender que la interpretación de la fertilidad está influenciada por el grado de evolución de los suelos. Las predicciones de la fertilidad actual (coloide

órgano- mineral del suelo) a partir de la fertilidad potencial (con base en los minerales presentes en la fracción arena del material parental), dependerá del grado de evolución del material parental. En suelos jóvenes (Entisoles, Inceptisoles, Andisoles), la fertilidad actual estará en función de los minerales de bajo grado evolutivo y de los aportes de materia orgánica; es decir existe un gran vínculo de la fertilidad actual del suelo con el material parental que lo originó.

2.6 SOLUCIONES EXTRACTORAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

2.6.1. Principios generales

La selección de una u otra solución extractora para un elemento dado se basa en la mayor o menor asociación entre la cantidad del elemento extraído por la solución y lo que realmente extrae la planta. En términos prácticos, una solución extractora será eficiente o adecuada cuanto a valores altos de extracción correspondan también valores altos de absorción del elemento y cuando los valores bajos de extracción coincidan con baja absorción del elemento por la planta. El caso contrario supondrá una eficiencia baja o nula (Ramos, 2003).

2.6.2. SOLUCIONES EXTRACTORAS

2.6.2.1. Solución extractora Mehlich I

Según Chonay *et al.*, citado por Loaiza (2013), la solución extractora está compuesta por 0.05 N ácido clorhídrico + 0,0125 N de ácido sulfúrico.

Ramos (2003), manifiesta que este método sirve básicamente para determinar el fósforo en los suelos arenosos que tienen una capacidad de intercambio menor a 10 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; de pH = 6,5 ácido; y con un contenido relativamente bajo de materia orgánica menor de 5%, este método nos es recomendable para suelos alcalinos. Extrae cantidades de fósforo no disponible en suelos con pH mayores de 6.0.

2.6.2.2. Solución extractora Mehlich III

Esta solución extractora está compuesta de ácido acético 0.2 N, nitrato de amonio 0.25 N, fluoruro de amonio 0.015 N, ácido nítrico 0.013 N y EDTA 0.001 M. regulada a pH 2.5 y puede ser utilizada para la extracción de macro y micronutrientes, siendo una ventaja sobre las demás soluciones extractoras (Ramos, 2003).

2.6.2.3. Morgan modificado

Según Usón citado por Loaiza (2013), la solución extractora de Morgan modificado está compuesta por NaOAc IN, HOAc, DPTA 0,00013 M a pH 4,8. En el extracto se determina P por colorimetría y Ca, Mg, Cu, Zn y Mn por absorción atómica

2.6.2.4. DPTA

Según Gaines y Mitchell citado por Burneo (2012), la solución DPTA está compuesta de ácido dietileno triaminopentacético 0,005 M, CaCl₂ 0.001M y TEA. En el extracto se determina, Cu, Zn y Mn por absorción atómica.

2.6.2.5. Solución extractora Olsen

Cajuste (1986), menciona que la solución extractora de Olsen está formada por NaHCO₃, 0.5 M a pH 8.5. Bajo estas condiciones, la solubilidad del fosfato de calcio existente en los suelos calcáreos, alcalinos o neutros aumenta debido a la precipitación de Ca²⁺ como CaCO₃. En suelos ácidos que contengan fosfatos ligados al Al y Fe, la concentración de fósforo en la solución incrementa conforme sube el pH. Reacciones de precipitación secundaria se reducen al mínimo por que la concentración de Al, Ca y Fe, se mantienen a un bajo nivel en esta solución extractora.

2.6.2.6. Solución extractora Olsen Modificado

Según Ramos (2003), esta solución está compuesta por: 0.5 N de NaHCO₃, 0.01M de EDTA y 0.5 g de superfloc 127 para preparar 10 litros de solución.

El fósforo extraído con NaHCO₃ generalmente es menor que el extraído con Mehlich I y Bray I. Se ha reportado que la solución extractora de Olsen Modificado tiene una buena correlación con la extracción de fósforo con Resina intercambiable. Este último método es apropiado para suelos de origen volcánico; además, representa un método para extracción de macronutrientes y micronutrientes.

2.6.2.7. Solución extractora Bray I

Esta solución está formada por fluoruro de amonio 1M y ácido clorhídrico 0.5 M. Para suelos ácidos, el fluoruro incrementa la liberación del fósforo y decrece la liberación del aluminio por la formación del complejo de aluminio y fluoruro. Es una solución extractora no recomendable para suelos calcáreos debido a la neutralización de

los carbonatos de calcio lo cual disuelve el complejo de fósforo calcio. Una desventaja de esta solución es la interferencia del flúor en la formación del color, para evitar esta interferencia se adiciona bisulfito de sodio (Ramos, 2003).

2.7. UTILIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN OLSEN MODIFICADA EN EL ECUADOR

Según Padilla (2009), los estudios de correlación realizados en Ecuador, hasta el momento, han demostrado que la solución extractora de Olsen modificada, compuesta por bicarbonato de sodio, EDTA y un floculador, ajustada a pH de 8,5 con NaOH 10 N, ha alcanzado grados altos de correlación con las respuestas de las plantas, en los diferentes elementos que son analizados en el extracto de suelo. AGROBIOLAB Cía. Ltda., utiliza la solución extractora que luego de muchos años de estudio e investigación en el país, ha sido determinada como la más idónea para la determinación de los diferentes elementos nutritivos, que por su origen poseen características muy especiales.

Esta solución extrae la cantidad de nutrientes de una manera similar a la que harían las raíces de las plantas en un medio-ambiente equilibrado. Este extractante ha sido evaluado por medio de estudios de correlación entre la cantidad de nutrientes absorbidos y la cantidad de nutriente extraído del suelo por varios cultivos (Padilla, 2009).

2.8. LA RED DE LABORATORIOS DE SUELOS EN EL ECUADOR (RELASE)

Según Carrera *et al.*, (2010), la Red de Laboratorios del Ecuador (RELASE), inicio sus actividades el 20 de octubre del 2011, con el apoyo de la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Participando cada dos años en los congresos de las ciencias del suelo con simposios de laboratorios.

En un inicio, se detectó mediante la comparación de los resultado de análisis de suelo y plantas la disparidad entre los laboratorios participantes. Con esta premisa se planteó un proceso de ajuste de metodologías e intercomparaciones con la finalidad de obtener datos homogéneos, confiables y procesados mediante las mismas metodologías.

Consecuentemente la Red Ecuatoriana de Laboratorios de Suelos del Ecuador (RELASE), se organizó con la finalidad de estandarizar metodologías e intercomparar resultados de análisis de suelos entre los laboratorios participantes.

Aucatoma (2012), manifiesta que la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE) cumple con la función de comparar 10 parámetros en la matriz suelo y 9 parámetros en la matriz tejido vegetal en 15 laboratorios particulares y estatales del país. La RELASE envía una muestra de suelo y una de tejido vegetal dos veces al año, cada laboratorio analiza cinco veces los parámetros que se realizan en su laboratorio y envía los resultados a la coordinación. Estos son tratados con varios test estadísticos Q-Dixon, Grubbs y Cochran, para evaluar si hay datos aberrantes y que tan ajustados están dentro de cada laboratorio. Con los resultados que cumplen la rigurosidad de los test se evalúa el desempeño utilizando el estadístico “z” score, determinando si los laboratorios son satisfactorios, cuestionables o no satisfactorios.

Cuadro 2.2. Metodologías de análisis utilizadas en la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE) (Aucatoma, 2012).

Matriz	Parámetro	Método	Cuantificación
Suelo	pH	Agua (1 : 2.5)	Potenciométrico
	Fósforo	Olsen Modificado	Colorimétrica
	Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc	Olsen Modificado	Absorción Atómica
	Materia Orgánica	Walkley Black	Volumetría/Colorimetría
Plantas	Nitrógeno	Micro Kjeldhal	Volumetría
	Fósforo	Digestión Húmeda	Colorimetría
	Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, manganeso y Zinc	Digestión Húmeda	Absorción Atómica/ ICP

2.9. MÉTODO BIOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD

Rodríguez y Rodríguez (2011), manifiesta que la técnica de evaluación biológica involucra el uso de ciertos procedimientos analíticos e interpretaciones para el estado de los distintos nutrimentos a fin de corregirlo, además para demostrar mediante procedimientos usados en el invernadero la efectividad en la interpretación de los resultados analíticos y de las medidas correctivas en esta técnica se debe reconocer que el crecimiento (producción de materia seca) bajo condiciones de

invernadero no es comparable con el crecimiento bajo condiciones de campo, pero puede correlacionarse con el crecimiento en el campo, cuando otro factor que no sea el estado de fertilidad del suelo sea más limitante que la misma fertilidad. Debe reconocerse también que esta técnica concierne a los requisitos biológicos implicados en el buen desarrollo de las plantas y que no toma en consideración los factores económicos.

Como plantas indicadoras se utilizan tomate y generalmente poáceas como el arroz, el sorgo y pastos, las semillas se seleccionaron en base a la uniformidad, forma y tamaño, así como de su poder germinativo. Las plantas de tomate se comportan como mejores indicadores del estado de la fertilidad de los suelos, pues sus síntomas son más notorios y más fáciles de identificar. El tomate es una planta que responde con relativa prontitud a las deficiencias de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, B, es fácil evaluar su producción (rendimiento en peso seco). Las características del arroz no son iguales a las del tomate, pero sin embargo es una buena planta indicadora de las deficiencias de N, P y K (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

Según Guayllas y Valarezo (1988), el principio del método consiste en que las plantas testigo crecen en tal forma que su sistema de raíces se desarrolla parcialmente en una solución nutritiva completa. Esto se logra cuando las plantas crecen en pequeñas macetas cilíndricas de 250 ml, que contienen de 200 a 350 g. de suelo, de acuerdo a la densidad aparente del suelo que se investiga.

Sancho y Cordero (1984), manifiestan que la prueba del elemento faltante es un método biológico rápido para evaluar la fertilidad de los suelos. Una de las ventajas de este método es que se considera el estado inicial de la fertilidad del suelo al momento de establecer los tratamientos de fertilización.

Según Schenkel y Bargele (1982), la especie vegetal elegida como planta indicadora debe ser sensible a la deficiencia de micronutrientes y, en lo posible, cultivada en la región investigada. Es propio a la concepción de este método que los suelos tengan una fertilidad actual inferior a la potencial, debido a la existencia de una deficiencia mineral múltiple, es decir, a las limitaciones que imponen las carencias de varios nutrimentos. Esto significa que las deficiencias de micronutrientes no se presentan solas.

2.10. TRABAJOS RELACIONADOS

Guayllas y Valarezo (1988), evaluaron el estado nutricional de Cañicapac y Ñamarim, cantón Saraguro, mediante un método biológico; empleando plantas indicadoras de tomate (*Solanum lycopersicum*) y trigo (*Triticum vulgare*), los resultados señalaron que en dichas comunidades el N y P fueron los elementos deficientes en la primera comunidad, los mejores promedios de altura de planta de tomate se consiguió con los tratamientos de -Zn y solución completa, alcanzando 33,3 y 32,6 cm en su orden, en Cañicapac los mejores datos se obtuvieron: -Zn : 32 cm, - solución completa 31,3 cm, -Mg: 30 cm, -K: 28,4 cm y -S: 27,8 cm de altura. El promedio más alto de materia seca correspondió a los tratamientos: solución completa: 14,1 y -K: 13,1 % en Cañicapac. Indicándose también que los valores más bajos de materia seca se obtuvo en los tratamientos de -P y -N.

Burneo (2012), realizó la evaluación biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre andesita tratado con carbón vegetal, cal y nutrientes en el Sur de la Amazonia Ecuatoriana; empleando como planta indicadora tomate (*Solanum lycopersicum*), concluyendo que el P, N y B resultaron ser los elementos deficientes en los suelos de todos los tratamientos del experimento de Panguintza, con una proporción de hasta 36/1, 200/1 y 203/1 para los valores de biomasa seca entre la solución completa y las soluciones carentes de N, P y B, en su orden, lo cual no fue el caso en Fe, Cu, Mn, mientras que los demás elementos se encuentran en un rango intermedio. La correlación entre biomasa seca y los correspondientes contenidos de los nutrientes extraídos con la solución de Olsen Modificada fue muy baja y hasta negativa, excepto para el K y Mg ($r = 0,68$ y $0,56$ respectivamente), por lo que recomiendan se revise para el caso de los análisis de laboratorio de los elementos disponibles en los suelos del sur de la Amazonía Ecuatoriana. El método biológico fue sensible para evaluar la disponibilidad de los nutrientes en correspondencia con los factores: fertilización, especies arbóreas y dosis de biocarbón, lo que no ocurrió con el análisis de laboratorio.

Loaiza (2013), en el sitio La Victoria del cantón Zamora en un suelo desarrollado sobre granodiorita del gran Batolito de Zamora, concluyó que el B, N y P, reflejaron ser los elementos mayormente deficientes. La correlación entre la biomasa y los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución extractora de Olsen Modificada fue muy baja y en algunos casos negativa, con excepción del Cu y K ($r = 0,52$ y $0,53$ respectivamente).

Mendoza (2013), evaluó biológicamente la disponibilidad de N, P, K, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn y Cu en la capa de 00 cm a 25 cm de doce tratamientos de suelo después de ocho meses de ser tratados con carbón vegetal, cal y nutrientes en un experimento con dos especies arbóreas pachaco (*Schizolobium parahybum*) y arabisco (*Jaracanda copaia*) en San Francisco Alto, cantón El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe, mediante la técnica del elemento faltante en invernadero, utilizando como planta indicadora el tomate (*Solanum lycopersicum*). El N no presentó correlación significativa ($r=0,21$) entre el peso de la materia seca de la evaluación biológica frente a la concentración del nutriente disponible del análisis químico a partir de la extracción con la solución de Olsen Modificada, el fósforo manifestó una fuerte correlación ($r=0,88$); el K, Mg y Zn mostraron moderada correlación ($r=0,63$; $0,52$ y $0,49$, respectivamente); y, finalmente las correlaciones para Fe, Mn y Cu fueron negativas, en el orden de $0,73$, $-0,62$ y $-0,59$.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. SITIOS DE ESTUDIO

El estudio se realizó en los predios Santa Marianita del cantón Buena Fe de la provincia de los Ríos y Cucaracha del cantón Quinindé de la provincia de Esmeraldas.

3.1.1. Predio Santa Marianita

El predio Santa Marianita, se ubica en la parroquia Buena Fe, del cantón Buena Fe, de la provincia de los Ríos, en las coordenadas planas Universal Transversal de Mercator (UTM) (Arias, 2008):

- Latitud: 9930680 y 9931000 N
- Longitud: 670965 y 674850 E
- Altitud: 160 msnm

De acuerdo a los datos registrados en la Estación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en el periodo 1995-2011, las condiciones climáticas anuales son las siguientes:

- Temperatura máxima: 29,49 °C
- Temperatura mínima: 21,60 °C
- Humedad relativa media: 82,36 %
- Precipitación: 1873 mm
- Heliofania: 781,1 horas
- Velocidad de viento media: 0,50 m s⁻¹

Esta zona ecológica corresponde a un bosque húmedo tropical (bh – T).

3.1.2. Predio Cucaracha

El predio Cucaracha se encuentra ubicado en la parroquia Rosa Zarate, del cantón Quinindé, de la provincia de Esmeraldas, en las coordenadas planas UTM (Merino, 1986):

- Latitud: 0013385 y 0014400 N
- Longitud: 668900 y 671200 E
- Altitud: 64 msnm

De acuerdo a los datos registrados en la Estación del INAMHI, en el periodo 1995-2011, las condiciones climáticas anuales son las siguientes:

- Temperatura máxima: 28,82 °C

- Temperatura mínima: 21,76 °C
- Humedad relativa media: 87,18 %
- Precipitación: 2896 mm
- Heliofania: 713,77 horas
- Velocidad de viento media: 0,27 m s⁻¹

Esta zona ecológica corresponde a un Bosque Húmedo Tropical (bh – T).

3.2. SITIO DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN BIOLÓGICA

La evaluación biológica se realizó en el invernadero ubicado en el sector Los Molinos de la Estación Experimental “La Argelia”, de la Universidad Nacional de Loja. Esta se encuentra ubicada a 3 km al sur de la ciudad de Loja, en las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud: 9 554 365 N
- Longitud: 700 452 E
- Altitud: 2125 msnm.

De acuerdo a los datos registrados en el interior del invernadero tenemos lo siguiente:

- Temperatura media: 22.05 °C
- Humedad relativa media: 59.2 % (Villalta y Quesada, 2014)

Según la clasificación de Holdridge, “La Argelia” corresponde a una zona de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB).

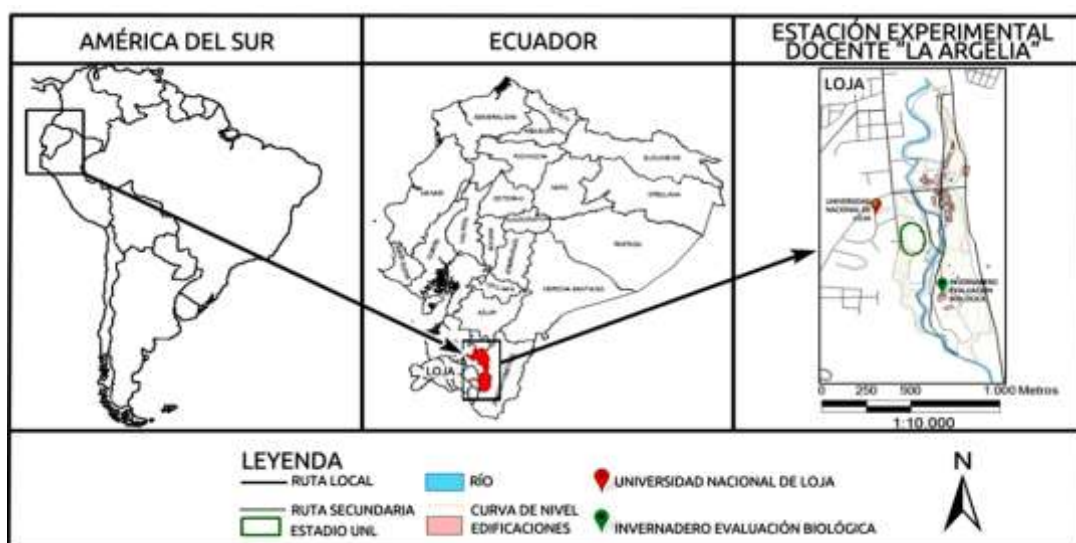


Figura 3.1. Localización del invernadero en la Estación Experimental La Argelia.

3.3 MATERIALES

- Mapa base de predios seleccionados
- “Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos” de la FAO (1975).
- Vasos de plástico de 250 ml.
- Tarrinas de plástico de 700 ml.
- Semillas de tomate riñón, variedad macerado
- Pipetas de 5 y 10 ml.
- Balanza precisión 0,1 g.
- Probetas 500 y 1000 ml.
- Estufa.
- Fundas de papel y de plástico
- Barreno
- Regla
- Marcadores y papeletas de identificación
- GPS

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1 Caracterización física de las unidades de suelos

En cada uno de los predios seleccionados se procedió a caracterizar las unidades de los suelos a partir de las formas del terreno. Para ello, contando con un mapa base o croquis de la finca se procedió a separar las áreas que correspondieron a terreno plano (0-4 %), ondulado (4,1-8 %), fuertemente ondulado (8.1-16%), colinado (16.1-40 %), escarpado (> 40 %) (Valarezo, 2013).

En cada unidad de suelos identificada se preparó una calicata de 1,2 m de profundidad, en la que se describió el perfil del suelo, siguiendo las normas contenidas en la “Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos” de la FAO (1975). De cada perfil se tomó una fotografía digital. La designación de los horizontes y capas se realizó siguiendo la nomenclatura contenida en el USDA Soil Taxonomy (2010); de los dos primeros horizontes se tomaron muestras alteradas para la determinación de textura, CIC y bases cambiables, pH_{H_2O} y pH_{KCl} , y acidez cambiante ($H^+ Al^{+3}$).

En los dos horizontes superiores de cada perfil se tomó por duplicado muestras inalteradas, con los anillos Kopecky de 100 cm³, para la determinación en el laboratorio de la porosidad total y la densidad aparente.

3.4.2 Evaluación biológica

3.4.2.1 Diseño Experimental

Debido a que en el predio Santa Marianita, se identificaron seis unidades de suelo, se trabajó con un diseño bifactorial completamente al azar (11 x 6) y tres repeticiones.

Cuadro 3.1. Factores y niveles en estudio dentro del diseño bifactorial completamente al azar, unidades de suelo de Santa Marianita. Los Ríos, 2013.

FACTOR	NIVELES
A. Soluciones Nutritivas	Solución nutritiva completa (SC)
	Solución nutritiva menos (-N)
	Solución nutritiva menos (-P)
	Solución nutritiva menos (-K)
	Solución nutritiva menos (-Mg)
	Solución nutritiva menos (-S)
	Solución nutritiva menos (-Zn)
	Solución nutritiva menos (-Cu)
	Solución nutritiva menos (-Mn)
	Solución nutritiva menos (-B)
Solución nutritiva menos (-Fe)	
B. Unidad de Suelo (S)	Palma plano (S1) (0-4%)
	Palma colinado (S2) (16.1-40 %)
	Melina plano (S3) (0-4%)
	Melina escarpado (S4) (>40%)
	Teca escarpado (S5) (>40%)
	Maíz plano (S6) (0-4%)

En el predio el predio Cucaracha, se identificaron ocho unidades de suelos, por lo que se trabajó con un diseño bifactorial completamente al azar, 11 x 8 y tres repeticiones.

Cuadro 3.2. Factores y niveles de estudio dentro del diseño bifactorial completamente al azar, unidades de suelo de Cucaracha. Esmeraldas, 2013.

FACTOR	NIVELES
A. Soluciones nutritivas	Solución nutritiva completa (SC)
	Solución nutritiva menos (-N)
	Solución nutritiva menos (-P)
	Solución nutritiva menos (-K)
	Solución nutritiva menos (-Mg)
	Solución nutritiva menos (-S)
	Solución nutritiva menos (-Zn)
	Solución nutritiva menos (-Cu)
	Solución nutritiva menos (-Mn)
	Solución nutritiva menos (-B)
Solución nutritiva menos (-Fe)	
B. Unidades de suelo (S)	Huerta escarpado (S1) (>40%)
	Cacao plano (S2) (0-4 %)
	Bambú plano (S3) (0-4%)
	Bambú escarpado (S4) (>40%)
	Teca escarpado (S5) (>40%)
	Pasto plano (S6) (0-4%)
	Pasto colinado (S7) (16.1-40 %)
	Pasto escarpado (S8) (>40%)

❖ **Especificaciones del ensayo**

- Área total del ensayo:	44 m ²
- Área útil del ensayo:	16,8 m ²
- Número total de unidades experimentales:	924
- Número de unidades experimentales predio Santa Marianita:	396
- Número de unidades experimentales predio Cucaracha:	528
- Número de tratamientos predio Santa Marianita:	66
- Número de tratamientos predio Cucaracha:	88
- Número de repeticiones:	3

❖ Para ambos casos el modelo aditivo lineal fue:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

μ : es la media general del experimento,

α_i : es el efecto del i-ésimo nivel del factor soluciones,

β_j : es el efecto del j-ésimo nivel del factor uso del suelo,

$(\alpha\beta)_{ij}$: es la interacción, o efecto conjunto, del i-ésimo nivel del factor soluciones y del j-ésimo nivel del factor uso del suelo, y

ρ_k : es el efecto de la k-ésima réplica.

ϵ_{ijk} : Efecto de error experimental para el componente de interacción

❖ **Las variables evaluadas fueron:**

- Altura de planta de tomate (cm)
- Peso de materia seca (g).

3.4.2.2. Muestreo de suelo

En cada una de las unidades de suelos identificadas en los dos predios se tomaron muestras de suelo compuestas. En seis unidades en Santa Marianita, y en ocho unidades de suelo en Cucaracha, a dos profundidades: 00-25 cm y 25 - 50 cm.

3.4.2.3. Preparación de soluciones nutritivas

La concentración iónica en las soluciones nutritivas fue de alrededor de 12.5 meq/l. Las soluciones nutritivas que se utilizaron fueron las siguientes:

- Solución nutritiva completa (SC)
- Solución nutritiva menos (-N)
- Solución nutritiva menos (-P)
- Solución nutritiva menos (-K)
- Solución nutritiva menos (-Mg)
- Solución nutritiva menos (-S)
- Solución nutritiva menos (-Zn)
- Solución nutritiva menos (-Cu)
- Solución nutritiva menos (-Mn)
- Solución nutritiva menos (-B)
- Solución nutritiva menos (-Fe)

Las soluciones nutritivas se prepararon a partir de las soluciones madres, que fueron diluidas apropiadamente. Las soluciones stock o madre empleadas tuvieron una concentración iónica 1000 meq/l.

A continuación se indican los tipos de sales y las cantidades expresadas en gramos que se prepararon para las soluciones madre (1N) en los macroelementos.

Cuadro 3.3. Tipos de sales y las cantidades expresadas en gramos para preparar las soluciones madres 1N de los macroelementos. Loja, 2013.

Sales utilizadas	Peso molecular (g)	Cantidad de 1 L Sol 1N (g)
Ca(NO₃)₂·4H₂O	236	118
KNO₃	101	101
KH₂PO₄	136	136
NaH₂PO₄	120	120
K₂SO₄	174	87
MgSO₄·7H₂O	246	123
MgCl₂·6H₂O	202	101
CaCl₂·6H₂O	218	109
NaCl	58	58

La solución de micronutrientes en la solución nutritiva y las cantidades de sales para la preparación de un litro de la segunda solución madre se presenta en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Concentración de la solución nutritiva y cantidades de sales expresadas en gramos para la preparación de un litro de la solución madre de micronutrientes.

Sales	g/l	ppm/solución madre	ml/l	ppm solución nutritiva
MnCl₂·4H₂O	1,81	500	1	0,5
H₃BO₃	2,86	500	1	0,5
ZnSO₄·7H₂O	0,22	50	1	0,05
CuSO₄·5H₂O	0,16	40	1	0,04
(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O	0,04	20	1	0,02
C₁₀H₁₂FeN₂NaO₈ (NaFe EDTA)	32,75	5	1	0,005

La concentración de las distintas sales en estas soluciones madre será de 1 ml. de solución diluido en un litro de solución nutritiva de la concentración arriba indicada de los elementos menores.

Cada solución nutritiva fue preparada en recipientes de 10 l de capacidad, para lo cual se empleó la tabla en que detalla las cantidades en ml de solución madre para 1 l de agua destilada (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Volúmenes de las soluciones madre que se necesitó para 1 L en las diferentes soluciones nutritivas. Loja, 2013.

Solución Stock	Mililitros de la solución Stock que se debe adicionar										
	SC	-N	-P	-K	-Mg	-S	-Zn	-Cu	-Mn	-B	-Fe
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6
KNO ₃	2		2		2	2	2	2	2	2	2
KH ₂ PO ₄	2	2			2	2	2	2	2	2	2
NaH ₂ PO ₄				2							
K ₂ SO ₄		2	2		1						
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.5	1.5	1.5	1.5			1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
MgCl ₂ ·6H ₂ O						1.5					
CaCl ₂ ·6H ₂ O		6									
NaCl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ NaO ₈	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
MnCl ₂ ·4H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1
H ₃ BO ₃	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
CuSO ₄ ·5H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

❖ Preparación de las muestras de suelo

La preparación de las muestras consistió en el secado bajo un ambiente bajo cubierta, limpieza de impurezas y trituración de agregados del suelo con ayuda de un rodillo de madera. Una vez preparado el suelo, se pesó por triplicado 200 g por cada uno de los tratamientos, los cuales se ubicaron en vasos plásticos de 250 ml.

❖ Preparación de los recipientes.

En la parte superior en la tapa de tarrinas de 700 ml, se realizó un corte circular con la finalidad de que contuviesen a los vasos de 250 ml de sustrato.

A los vasos plásticos de 250 ml, se les perforó el fondo y en su lugar se colocó un pedazo de tejido que se sujetó con cinta y liga delgada, con la finalidad de que las raíces de las plantas puedan atravesar a la solución nutritiva.

❖ Instalación del experimento

En el interior del invernadero. Se procedió a distribuir sobre un mesón de madera todas las tarrinas, distribuidas por cada uno de los tratamientos y sus respectivas replicas, de acuerdo al diseño experimental. Seguidamente colocaron 600 ml de solución nutritiva en cada tarrina. Luego se colocaron en los vasos plásticos de 250 ml el suelo (200 g), para cada uno de los tratamientos, en el orificio de la tapa perforada anteriormente, asegurándose que el fondo este en contacto (1 cm) con la solución nutritiva.

3.4.2.4. Siembra de la planta indicadora

Se sembró dos semillas de tomate en cada vaso que contiene el suelo. Previamente se dejó un tiempo de 24 horas para que la solución desde la tarrina ascienda por capilaridad al suelo y lo mantenga húmedo. Después de la emergencia de las semillas solo se dejó una para la evaluación biológica.

❖ Reposición de la solución nutritiva

El nivel de solución de la tarrina se mantuvo reponiendo ésta dependiendo del consumo de la planta (40 ml día^{-1}).

❖ Registro del crecimiento de la planta

Cada 5 días se midió la altura de las plantas en cada tratamiento hasta completar 50 días después de la germinación de la planta indicadora.

❖ Masa seca

Se procedió a realizar el corte de la planta después de 50 días, separando la parte aérea (tallos, ramas y hojas), de la raíz. Seguido de esto se llevó a la estufa a temperatura de 105°C por 2 días.

❖ Análisis de datos altura de planta indicadora

Para las variables altura de planta indicadora, el peso de la materia seca se realizó el análisis de varianza (ADEVA). A los factores que presentaron diferencia estadística se les aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 % para discriminar las medias.

❖ Análisis de la fertilidad actual en laboratorio

Para la determinación de la fertilidad actual en el laboratorio, se realizó el análisis de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, elementos disponibles (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe) capacidad de intercambio catiónico, acidez cambiante tanto en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Universidad Nacional, como en el Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” (elementos disponibles B y S).

3.4.3. Correspondencia entre la evaluación biológica y los contenidos de nutrientes extraídos con la solución de Olsen Modificada

Para el análisis de correlación entre el análisis de laboratorio sobre la disponibilidad de nutrientes extraídos con la solución de Olsen Modificada frente a la producción de biomasa seca de la planta indicadora, se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo, *et al* 2008).

3.4.4. Difusión de los resultados

El 4 de noviembre de 2013, en el invernadero se realizó el día de campo sobre el estado de la evaluación biológica de la fertilidad de los suelos de los dos predios en estudio, contando con la participación del Director de Tesis, docentes del Área Agropecuaria de la UNL, egresados, estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Agrícola y propietarios de los predios. En la socialización se entregó un tríptico divulgativo en el que hizo constar la metodología, resultados y conclusiones preliminares de la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. UNIDADES DE SUELOS EN SANTA MARIANITA Y CUCARACHA: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE FERTILIDAD

4.1.1. Unidad Palma Plano

4.1.1.1. Características morfológicas

Las características morfológicas son las siguientes: suelo muy profundo bien drenado de estructura media. Formado por un horizontes Ap. de 10 cm de espesor, castaño oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte AE de 10 cm de espesor, pardo oscuro, franco arenoso al tacto; y horizonte Bt de 50 cm, castaño muy oscuro, franco arcillo limoso al tacto. Un horizonte BC de 20 cm, castaño muy oscuro, franco limoso al tacto; y un horizonte C masivo, de más de 30 cm, castaño muy oscuro, franco limoso al tacto. Las raíces finas y medias se extienden hasta los 90 cm de profundidad (Anexo 1.1 y Figura 4.1.).



Figura 4.1. S1 (palma plano). Santa Marianita, 2013

4.1.1.2. Condiciones físicas

El agua aprovechable (AA) para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 27,1 %, valor equivalente a muy alto y la capacidad de aireación (CA) en 11,2 %, equivalente a medio; ubicándolo condición física de clase medio. En el horizonte AE (20 - 40 cm) el AA se ubicó en 27,6 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 7,7 %, equivalente a bajo; ubicándolo en una clase de pobre (Cuadro 4.1). El uso de maquinaria en las labores de producción y el tránsito excesivo sobre el suelo han influido sobre la degradación de la condición física del suelo.

4.1.1.2. Condiciones químicas

En las condiciones químicas correspondiente a los dos primeros horizontes del S1, la reacción del suelo se encontró en el rango ácido, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 5,13 y 5,40 para los horizontes Ap y AE, respectivamente. En los horizontes Ap y AE, el pH_{KCl} fue menor al $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ en un rango de 0,13 y 0,18 unidades (ácido), respectivamente.

La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $1,39 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte AE, sin embargo se mantienen en el rango medio. El contenido de la C.I.C se encontró con valores de $19,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (rango alto) y $23,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) para los horizontes Ap y AE, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $0,69 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K^+ ; $5,33 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca^{++} ; $2,99 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Mg^{++} ; en el horizonte AE se presentan valores de $0,71 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $7,74 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $5,22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg respectivamente (Anexo 20).

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 cm del S1 se ubica en un rango ácido mientras que en la capa 25 -50 cm el rango fue medianamente ácido. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron bajo y medio, en su orden. La CIC en ambas capas se situó en una categoría de alta, respectivamente (Anexo 21).

En la unidad de suelo Palma Plano, el pH se encuentra en el rango ácido, y la acidez cambiante en medio, por lo que es necesario neutralizar el Al^{3+} , mediante la aplicación de cal agrícola.

4.1.1.3. Fertilidad actual

El contenido elementos disponibles en las capas de 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N; en medio el P, K, Ca, Fe, Cu y B; y, bajo para Mg, Mn, Zn y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el K y Cu; como medio el N, P, Ca, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el Mg, Mn y S, respectivamente (Anexo 22).

Los valores mayores del elemento indican una acumulación del elemento en la parte superior por efecto de la vegetación (reciclaje del nutriente). El incremento de Cu y K, en la capa inferior (25 – 50 cm) se podría atribuir a una importante migración de este elemento desde la capa 00 - 25 cm. Sin embargo, en aquellos casos donde los elementos disponibles se ubicaron en rango bajo, se atribuye a la toma de este nutriente por la palma y las pérdidas por lixiviación.

4.1.2. Unidad palma colinado

4.1.2.1. Características morfológicas

Las características morfológicas son las siguientes: suelo muy profundo, constituido por un horizonte Ap, de 35 cm de espesor, castaño oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte Bw1 de 25 cm, pardo oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte Bw2 de 30 cm, castaño amarillento oscuro, franco arcillo limoso al tacto y un horizonte C de más de 30 cm, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto. Las raíces se extienden hasta los 90 cm de profundidad (Anexo 1.2 y Figura 4.2).



Figura 4.2. S2 (palma colinado). Santa Marianita, 2013

4.1.2.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 - 35 cm) se ubicó en 36,18 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 4,49 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una condición física de clase muy pobre. En el horizonte Bw1 (35 - 60 cm) el AA se ubicó en 30,94 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 4,78 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una clase muy pobre (Cuadro 4.1). El uso de maquinaria en las labores de producción y el tránsito excesivo sobre el suelo han influido sobre la degradación de la condición física del suelo.

4.1.2.3. Condiciones químicas

En las condiciones químicas correspondiente a los dos primeros horizontes del S2, la reacción del suelo se encontró en el rango ácido, con valores de pH_{H_2O} de 5,21 y 5,50 para los horizontes Ap y Bw1, respectivamente. En los horizontes Ap y Bw1, el pH_{KCl} fue menor al pH_{H_2O} en un rango de 5,02 y 5,12 (ácido), en su orden. La acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de 1,2 $cmol_c kg^{-1}$ al horizonte Ap y 0,76 $cmol_c kg^{-1}$ al horizonte Bw1, sin embargo se mantienen en el rango medio. El contenido de la C.I.C se encontró con valores de 21,9 $cmol_c kg^{-1}$ (rango alto) y 20,42 $cmol_c kg^{-1}$ (alto) para los horizontes Ap y Bw1,

respectivamente. Los cationes cambiabiles para el horizonte Ap se encontraron valores de 0,71 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (alto) de K; 7,74 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (medio) de Ca; 5,22 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw1 se presentan valores de 2,19 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (alto) de K; 30,51 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (alto) de Ca; 9,62 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (alto) de Mg respectivamente (Anexo 20).

En el Anexo 21 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiabla (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 cm del S1 se ubica en un rango ácido mientras que en la capa 25 -50 cm el rango fue medianamente ácido. En lo concerniente a la acidez cambiabla ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio y bajo, en su orden. La CIC en ambas capas se estacionó en una categoría de alta, respectivamente.

El pH ácido en la capa superior, hace indispensable el realizar un incremento del mismo mediante encalado.

4.1.2.4. Fertilidad actual

El contenido elementos disponibles en las capas de 00 - 25 cm se colocó en un rango de alto el N; en medio el P, K, Fe, Cu, Zn y B; y, bajo para Ca, Mg, Mn y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el N y Cu; como medio el P, K, Fe, Zn, S y B; y, en un rango bajo el Ca, Mg y Mn, respectivamente (Anexo 22).

La distribución del contenido de los distintos elementos sugiere una cierta acumulación del elemento en la parte superior por efecto de reciclaje por parte de la vegetación, en el caso de un rango alto en nitrógeno se debe al aporte de biomasa por parte de la pueraria (leguminosa). Los elementos disponibles que se ubicaron en un rango bajo, se atribuye a la toma de este nutriente por la palma y las perdidas por lixiviación.

4.1.3. Unidad Melina Plano

4.1.3.1. Características morfológicas

Las características morfológicas son las siguientes: suelo muy profundo bien drenado de textura media, constituido por un horizonte Ap, aparentemente más denso por anterior paso de maquinaria de 18 cm, castaño grisáceo muy oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte AE de 12 cm, pardo oscuro, franco al tacto; un horizonte Bw de 35 cm castaño oscuro, franco arcillo limoso al tacto; un horizonte BC con un espesor 20 cm, pardo oscuro, franco limoso al tacto y un horizonte C de más de 45 cm, pardo oscuro, franco limoso al tacto. Las raíces finas se extienden hasta los 80 cm de profundidad. En

el horizonte Ap se observan algunas pequeñas manchas rojizas de óxido reducción, las raíces son finas y pocas, se observan hasta 1m de profundidad, la mayoría de las raíces se encuentran en los 5 cm superiores (Anexo 1.3 y Figura 4.3).



Figura 4.3. S3 (melina plano). Santa Marianita, 2013.

4.1.3.2. Condiciones físicas

Los porcentajes correspondientes de AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 29,07 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 7,77 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una condición física de clase pobre. En el horizonte AE (20 - 40 cm) el AA se ubicó en 29,19 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 4,91%, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una clase muy pobre (Cuadro 4.1). La condición física actual del suelo corresponde a su uso en el pasado, donde la producción sobre estos suelos estuvo influenciada por el uso excesivo de maquinaria agrícola en las labores de labranza.

4.1.3.3. Condiciones químicas

En las condiciones químicas correspondiente a los dos primeros horizontes del S3, la reacción del suelo se encontró en el rango medianamente ácido, con valores de pH_{H_2O} de 5,63 y 5,58 para los horizontes Ap y AE, respectivamente. En los horizontes Ap y AE, el pH_{KCl} fue menor al pH_{H_2O} en un rango de 5,47 y 5,38 (ácido), en su orden. La acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) aumento con la profundidad, correspondiendo un valor de $1,04 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte AE, ubicándose en una categoría medio. El contenido de la C.I.C se encontró con valores de $17,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) y $15,68 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) para los horizontes Ap y AE, respectivamente. Los cationes cambiante para el horizonte Ap se encontró valores de $0,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $5,00 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $4,01 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (bajo) de Mg; en el horizonte AE se presentan valores de $0,87 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $7,98 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $3,27$

cmol_c kg⁻¹ (medio) de Mg respectivamente (Anexo 20). Un pH medianamente ácido, permitió neutralizar la acidez del suelo y prevenir la toxicidad de Al.

En el Anexo 21 se muestra los valores promedio de pH_{H2O}, acidez cambiante (H⁺ y Al³⁺) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El pH_{H2O} para la capa 00 – 25 cm del S3 se ubica en un rango ácido mientras que en la capa 25 -50 cm el rango fue medianamente ácido. En lo concerniente a la acidez cambiante (Al³⁺ +H⁺) los rangos fueron medio para ambas capas, respectivamente. La CIC en ambas capas se colocó en una categoría de alta y muy alta, en su orden.

4.1.3.3. Fertilidad de actual

El contenido elementos disponibles en las capas de 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N y K; en medio el P, Fe, Cu, Zn y B; y, bajo para Ca, Mg, Mn y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el N, K y Cu; como medio el P, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el Ca, Mg, Mn y S, respectivamente (Anexo 22).

La limitada disponibilidad de los distintos elementos se atribuye a que habría sido tomado por la melina; y, además se podría haber lixiviado producto de las altas precipitaciones.

4.1.4. Unidad melina escarpado

4.1.4.1. Características morfológicas

Las características morfológicas son las siguientes: suelo muy profundo bien drenado, constituido por un horizonte Ap de 21 cm, muy oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte Bt de 50 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte BC de 30 cm castaño oscuro, franco arcillo limoso al tacto y una capa C de más de 20 cm, pardo amarillento oscuro, franco limoso al tacto. Las raíces se extienden hasta los 70 cm de profundidad (Anexo 1.4 y Figura 4.4).



Figura 4.4. S4 (melina escarpado). Santa Marianita, 2013.

4.1.4.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -21 cm) se ubicó en 28,96 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 5,91 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una condición física de clase pobre. En el horizonte Bt (21 - 70 cm) el AA se ubicó en 24,55 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 6,84 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una clase muy pobre (Cuadro 4.1). El uso de maquinaria en las labores de producción y el tránsito excesivo sobre el suelo han influido sobre la degradación de la condición física del suelo. Hay que rescatar que hay un alto grado de la cobertura vegetal (biomasa de melina y pueraria) que resulta importante en pendientes pronunciadas, como medida para mejorar las características actuales.

4.1.4.3. Condiciones químicas

En las condiciones químicas correspondiente a los dos primeros horizontes del S4, la reacción del suelo se encontró en el rango ligeramente ácido, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 6,12 y 6,09 para los horizontes Ap y Bt (ligeramente ácido), respectivamente. En los horizontes Ap y Bt, el pH_{KCl} fue menor al $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ en un rango de 5,86 y 5,89, en su orden. La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) aumento con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,39 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bt, ubicándose en una categoría bajo y medio, en su orden. El contenido de la C.I.C se encontró con valores de $27,96 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $29,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bt, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $3,22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $22,82 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $9,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bt se presentan valores $3,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $25,50 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,68 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg respectivamente (Anexo 20). Al encontrar un pH ligeramente ácido no es indispensable el encalar.

En el Anexo 21 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S4 se ubica en un rango medianamente ácido. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio y bajo, en su orden. La CIC en ambas capas se encontró en una categoría de alta, respectivamente.

4.1.4.4. Fertilidad actual

El contenido elementos disponibles en las capas de 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N, P, K, Ca; en medio el Fe, Cu, Zn y B; y, bajo para Mg, Mn y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el N, Ca y Cu; como medio el P, K, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el Mg, Mn y S, respectivamente (Anexo 22).

La limitada disponibilidad de los distintos elementos se atribuye a que habría sido tomado por la melina; y, además se podría haber lixiviado producto de las altas precipitaciones, los mayores valores de los elementos se debe por efecto de la vegetación (reciclaje del nutriente) y la reserva de nutrientes provenientes del material parental.

4.1.5. Unidad teca escarpado

4.1.5.1. Características morfológicas

Las características morfológicas son las siguientes: suelo muy profundo bien drenado de textura media, constituido por un horizontes Ap de 20 cm, castaño muy oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte Bw1 de 20 cm, castaño grisáceo muy oscuro, franco al tacto; un horizonte Bw2 de 20 cm pardo oscuro, franco limoso-franco arcillo limoso al tacto; un horizonte BC con de 20 cm y más, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto y un horizonte C de más de 40 cm de espesor pardo oscuro, franco limoso al tacto. Las raíces finas se extienden hasta los 100 cm de profundidad (Anexo 1.5 y Figura 4.5).



Figura 4.5. S5 (teca escarpado). Santa Marianita, 2013.

4.1.5.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 26,00 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 16,02 %, equivalente a alto, ubicándolo en una condición física de clase buena. En el horizonte Bw1 (20 - 40 cm) el AA se ubicó en 29,60 %, valor

equivalente a muy alto y la CA en 8,80 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una clase pobre (Cuadro 4.1). Las cantidades de biomasa depositadas en el suelo de la teca, con el correr del tiempo, mejoran la estructura del suelo, a pesar de que las condiciones de físicas en la actualidad sean pobres. En pendientes pronunciadas la producción de teca, influye sobre la compactación del suelo, especialmente en el momento de su cosecha.

4.1.5.3. Condiciones químicas

En las condiciones químicas correspondiente a los dos primeros horizontes del S5, la reacción del suelo se encontró en el rango ligeramente ácido, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 5,98 y 6,17 para los horizontes Ap y Bw1 (mediana y ligeramente ácido), respectivamente. En los horizontes Ap y Bw1, el pH_{KCl} fue menor al $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ en un rango de 5,59 y 5,91, en su orden; los valores de pH encontrados lo hacen un suelo muy apto para la agricultura. La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,52 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,41 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw1, ubicándose en una categoría medio y bajo, en su orden. El contenido de la C.I.C se encontró con valores de $44,04 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $40,38 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw1, respectivamente. Los cationes intercambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $3,09 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $22,71 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,89 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw1 se presentan valores $0,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $4,83 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $3,02 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Mg, respectivamente (Anexo 20).

En el Anexo 21 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S5 se ubica en un rango medianamente ácido. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se ubicó en una categoría de alta y muy alta, en su orden.

4.1.5.4. Fertilidad actual

El contenido elementos disponibles en las capas de 00 - 25 cm se ubicó en un rango de alto el N, P, K y Cu; en medio el Ca, Zn y B; y, bajo para Mg, Mn, Fe y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el N, K y Cu; como medio el P, Ca, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el Mg, Mn y S, respectivamente (Anexo 22). La limitada disponibilidad de los distintos elementos se atribuye a que habría sido tomado por la

especie arbórea; y, además se podría haber lixiviado producto de las altas precipitaciones, los mayores valores de los elementos se debe por efecto de la vegetación (reciclaje del nutriente).

4.1.6. Unidad maíz plano

4.1.6.1. Características morfológicas

Las características morfológicas son las siguientes: suelo muy profundo bien drenado de textura media, constituido por un horizontes Ap de 20 cm, castaño amarillento oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte AE de 20 cm, castaño oscuro, franco al tacto; un horizonte Bw de 20 cm castaño muy oscuro, franco arcillo limoso al tacto, un horizonte BC de 20 cm y más, pardo oscuro, franco arcillo limoso al tacto y un horizonte C de más de 20 cm, castaño grisáceo muy oscuro, franco limoso al tacto. Las raíces finas se extienden hasta los 80 cm de profundidad, el horizonte AE es más claro que los horizontes Ap y Bw (Anexo 1.6 y Figura 4.6).



Figura 4.6. S6 (maíz plano). Santa Marianita, 2013.

4.1.6.2. Condiciones físicas

Los porcentajes correspondientes de AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 28,30 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 13,00 %, equivalente a medio, ubicándolo en una condición física clase medio. En el horizonte AE (20 - 40 cm) el AA se ubicó en 28,10 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 8,07 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una clase pobre (Cuadro 4.1). La condición actual corresponde a actividades de labranza con maquinaria y tránsito (incluso en condiciones de humedecimiento del suelo), han influido notablemente sobre la degradación de la condición física.

4.1.6.3. Condiciones químicas

En las condiciones químicas correspondiente a los dos primeros horizontes del S6, la reacción del suelo se encontró en el rango ácido, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 5,21 y 5,45 para los horizontes Ap y AE, respectivamente. En los horizontes Ap y AE, el pH_{KCl} fue menor al $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ en un rango de 5,07 y 5,22 (ácido), en su orden. El pH ácido en ambas capas, hace indispensable el realizar un incremento del mismo mediante encalado.

La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $1,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte AE, lo que los ubicó en un rango medio, respectivamente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $15,66 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) y $40,38 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) para los horizontes Ap y AE, en su orden. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $1,98 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $6,84 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $3,43 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Mg; en el horizonte AE se presentaron valores de $3,58 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $9,26 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $4,51 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Mg, respectivamente (Anexo 20).

En el Anexo 21 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango ácido y medianamente ácido, en su orden. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se colocó en una categoría de alta, correspondientemente.

4.1.6.4. Fertilidad actual

El contenido elementos disponibles en las capas de 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N, P; en medio el K, Ca, Fe, Cu Zn y B; y, bajo para Mg, Mn, y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el K, Ca y Cu; como medio el N, Mg, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el P, Mn y S, respectivamente (Anexo 22). El aumento de los contenidos de N, P en la capa superior, se atribuye a la aplicación de este elemento en la producción del maíz. La limitada disponibilidad de los distintos elementos en la capa inferior, indica que no existió movilización desde la capa superior.

Cuadro 4.1. Evaluación de las propiedades físicas de los suelos del predio Santa Marianita, 2013.

Unidad de suelo	Horizon	Prof. (cm)	Da (g/cm ³)	Condiciones Físicas del suelo									Equivalencia	
				% Øv			(% Øv)						Zona	Clase
				SS	CC	PPM	AA	CA	VS	VPFI	AA	CA		
S1	Ap	00-20	0,95	54,38	43,20	16,09	27,11	11,18	45,61	61,70	Muy Alto	Medio	III	Medio
S1	AE	20-40	1	51,81	44,08	16,47	27,61	7,73	48,19	64,66	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S2	Ap	00-35	0,98	54,75	50,25	14,07	36,18	4,49	45,24	59,32	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S2	Bw1	35-60	0,98	54,08	49,30	18,35	30,94	4,78	45,91	64,26	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S3	Ap	00-20	0,99	54,13	46,36	17,28	29,07	7,77	45,86	63,15	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S3	AE	20-40	0,97	52,21	57,29	18,10	29,19	4,91	47,784	65,88	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S4	Ap	00-21	1,09	56,90	46,36	17,28	28,96	5,91	46,35	65,12	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S4	Bt	21-70	0,9	54,13	47,29	18,10	24,55	6,84	43,09	59,20	Muy Alto	Bajo	I	Muy Pobre
SS	Ap	00-20	0,86	58,17	42,14	16,14	26,00	16,02	41,82	57,97	Muy Alto	Alto	IV	Buena
S5	Bw1	20-40	0,96	56,25	47,54	17,84	29,60	8,80	43,74	61,59	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S6	Ap	00-20	0,87	58,00	44,99	16,69	28,30	13,00	41,99	58,69	Muy Alto	Medio	III	Medio
S6	AE	20-40	1,02	53,19	45,11	17,01	28,10	8,07	46,80	63,82	Muy Alto	Bajo	II	Pobre

4.1.7. Unidad Huerta Escarpado

4.1.7.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo aparentemente constituido por dos depósitos, el depósito superior está constituido un horizonte Ap de 20 cm, castaño grisáceo muy oscuro , franco arenoso al tacto; un horizonte Bw de 20 cm, pardo oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte BC de 25 cm de espesor, castaño amarillento oscuro, franco arcillo limoso al tacto. El depósito inferior contiene el horizonte 2C1 de 25 cm, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto y un horizonte 2C2 de más de 30 cm, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto. Raíces muy pocas y finas se observan hasta los 90 cm, el suelo es bien drenado, sin evidencias de colgamiento de agua (Anexo 1.7 y Figura 4.7).



Figura 4.7. S1 (huerta escarpado). Cucaracha, 2013.

4.1.7.2. Condiciones físicas

En los porcentajes correspondientes de AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 35,61 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 10,70 %, equivalente a medio, ubicándolo en una condición física clase pobre. En el horizonte Bw1 (20 - 40 cm) el AA se ubicó en 35,95 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 7,81 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una categoría pobre (Cuadro 4.2). Las constantes precipitaciones en época invernal y el tránsito sobre el suelo húmedo, con el tiempo han provocado que exista una deficiente condición física.

4.1.7.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango ligeramente ácido, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 6,16 y 5,86 para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} fue menor al $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ en un rango de 6,03 y 5,75 en su orden, correspondiendo una categoría ligeramente ácido. El pH encontrado lo hace un suelo muy apto para la agricultura.

La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $1,29 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,96 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los ubicó en un rango medio, respectivamente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $35,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $43,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $3,76 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $29,91 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $9,76 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $3,55 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $26,53 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,49 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23).

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S1 se ubica en un rango medianamente ácido, respectivamente. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se colocó en una categoría de muy alta, correspondientemente.

4.1.7.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se estacionó en un rango de alto para K, Ca, Cu; en medio el N, Mg, Fe, Mn, Zn y B; y, bajo para Mg, Mn, y S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el K, Ca, Cu; como medio el N, P,

Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el Mg, Mn y S, respectivamente (Anexo 25). La baja disponibilidad de elementos en las dos capas se atribuye a problemas de lixiviación productos de las altas precipitaciones y al aprovechamiento de frutales como plátano y cítricos.

4.1.8. Unidad Cacao plano

4.1.8.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo aparentemente constituido por dos depósitos, el depósito superior contiene el horizonte O formada por una delgada capa de 5 cm; un horizonte Ap de 20 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte Bw de 30 cm, castaño muy oscuro, franco al tacto; un horizonte BC de 25 cm, negro, arcillo limoso – franco arcillo limoso al tacto. El depósito inferior está conformado por un horizonte 2C1 de 15 cm, castaño oscuro, arcillo limoso al tacto y un horizonte 2C2 de más de 30 cm espesor, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto, procedentes de un depósito anterior. Suelo bien drenado, predominantemente franco, en el horizonte Ap encontramos abundantes raíces, finas y pocas se observan hasta 1 m (no hay restricción para las raíces) (Anexo 1.8 y Figura 4.8).



Figura 4.8. S2 (cacao plano). Cucaracha, 2013.

4.1.8.2. Condiciones físicas

En los porcentajes correspondientes de AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 30,24%, valor equivalente a muy alto y la CA en 4,20 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una condición física de clase muy pobre. En el horizonte Bw (20 - 40 cm) el AA se ubicó en 30,34 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 4,80 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una estado muy pobre (Cuadro 4.2). El tránsito de

ganado, sobre los callejones de la plantación de cacao ha provocado cambios importantes en las propiedades físicas (muy pobre).

4.1.8.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango ligeramente ácido y medianamente ácido en su orden, con valores de pH_{H_2O} de 6,12 y 5,91 para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} fue menor al pH_{H_2O} en un rango de 6,03 (ligeramente ácido) y 5,79 (medianamente ácido). El pH en ambas capas, lo hace un suelo muy apto para la producción de cacao.

La acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $1,46 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $1,06 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los ubicó en un rango medio, respectivamente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $38,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $39,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontraron valores de $3,52 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $27,47 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $10,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $3,26 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $23,07 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,64 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23).

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de pH_{H_2O} , acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El pH_{H_2O} para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S2 se ubica en un rango medianamente ácido, respectivamente. En lo concerniente a la acidez cambiante ($Al^{3+} + H^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se situó en una categoría de alta y muy alta, en su orden.

4.1.8.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se encontró en un rango de alto el N, K, Ca, Fe, Cu, Zn; en medio el P, Mg, Mn y B; y, bajo el S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el K, Ca, Cu; como medio el N, P, Mg, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el Mn y S, respectivamente (Anexo 25). La alta disponibilidad de ciertos elementos en la capa superior se debe al efecto de la vegetación (reciclaje del nutriente).

4.1.10. Unidad Bambú Plano

4.1.9.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo formado por dos depósitos, el depósito superior se extiende hasta los 85 cm y está formado por una capa orgánica de 5 cm; un horizonte Ap de 15 cm, café muy oscuro, franco al tacto; un horizonte Bw de 37 cm, café muy oscuro, franco al tacto y un horizonte Bc de 33 cm, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto. El segundo depósito se inicia a los 85 cm y se extiende a más de 120 cm (limoso) formado por un horizonte 2C, castaño amarillento oscuro, limoso/franco al tacto. Entre el límite inferior del Ap y el comienzo de Bw hay muy pocas y pequeñas manchas redox (Anexo 1.9 y Figura 4.9).



Figura 4.9. S3 (bambú plano). Cucaracha, 2013.

4.1.9.2. Condiciones físicas

El porcentaje correspondiente a AA para el horizonte Ap (00 -15 cm) se ubicó en 29,13 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 5,15 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una condición física de categoría pobre. En el horizonte Bw (15 - 52 cm) el AA se ubicó en 40,98 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 2,11 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una condición muy pobre (Cuadro 4.2). El pisoteo causado por el tránsito de ganado sobre estos suelos como uso del anterior al actual (bambú) ha provocado cambios importantes en las propiedades físicas (muy pobre), a pesar de que en la actualidad exista un importante aporte de hojarasca sobre el suelo (cobertura).

4.1.9.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango ligeramente ácido y medianamente ácido en su orden, con valores de pH_{H_2O} de 6,04 y 5,81 para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} su rango fue de 6,14 (ligeramente ácido) y 5,83 (medianamente ácido). El pH encontrado en ambas capas, lo hace un suelo muy apto para el cultivo de bambú.

La acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,65 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los ubicó en un rango medio, respectivamente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $27,86 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $35,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontraron valores de $3,59 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $27,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,98 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $2,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $24,21 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,95 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23)

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de pH_{H_2O} , acidez cambiante (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El pH_{H_2O} para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango medianamente ácido, respectivamente. En lo concerniente a la acidez cambiante ($Al^{3+} + H^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se situó en una categoría de alta, individualmente.

4.1.9.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se situó en un rango de alto el N, K, Ca, Fe, Cu; en medio el Mg, Mn, Zn y B; y, bajo el P, S. En la capa 25 - 50 cm se ubicaron en el rango alto el K, Ca, Cu; como medio el N, Mg, Zn, Fe y B; y, en un rango bajo el P, Mn y S, respectivamente (Anexo 25). Existió el desplazamiento del Fe a la capa inferior, mientras que existe un reciclaje de los demás nutrientes, por efecto de la vegetación (bambú)

4.1.10. Unidad Bambú Escarpado

4.1.10.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo formado por una delgada capa orgánica de 5 cm; un horizonte Ap de 15 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto, con abundantes raíces medias (del bambú); un horizonte Bw de 30 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto, de estructura blocosa, angular, con evidencia de migración de arcilla; un horizonte B/c con dominancia de B, castaño rojizo, franco arcillo limoso al tacto y un horizonte C, pardo amarillento, franco arcillo limoso al tacto. Las raíces pocas y finas se extienden hasta más de 120 cm; bien drenado (Anexo 1.10 y Figura 4.10).



Figura 4.10. S4 (bambú escarpado). Cucaracha, 2013

4.1.10.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -15 cm) se ubicó en 26,91 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 36,20 %, equivalente a muy alto, ubicándolo en una condición física de categoría muy buena. En el horizonte Bw (15 - 45 cm) el AA se ubicó en 38,52 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 2,90 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en un estado muy pobre (Cuadro 4.2). El pisoteo causado por el tránsito de ganado sobre estos suelos como uso del anterior al actual (bambú) ha provocado cambios importantes en las propiedades físicas (muy pobre), a pesar de que en la actualidad exista un importante aporte de hojarasca sobre el suelo (cobertura).

4.1.10.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango medianamente ácido y ácido en su orden, con valores de pH_{H_2O} de 5,78 y 5,46 para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} su rango fue de 6,00 (ligeramente ácido) y 5,79 (medianamente ácido). El pH en ambas capas, lo hace un suelo muy apto para el cultivo de bambú a pesar de que existe una disminución en el horizonte inferior.

La acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) aumento con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $1,49 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los situó en un rango medio, individualmente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $37,96 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $32,48 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $2,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $24,21 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,95 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $1,53 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $28,13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $7,94 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23)

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango medianamente ácido, respectivamente. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se ubicó en una categoría de muy alta, correspondientemente.

4.1.10.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el K, Ca, Cu; en medio el N, Mg, Fe, Mn, Zn y B; y, bajo el P y S. En la capa 25 - 50 cm se colocaron en el rango alto el K, Ca, Cu; como medio el N, Mg, Mn y Zn; y, en un rango bajo el P, Fe, B y S, proporcionalmente (Anexo 25). Existió el desplazamiento del Fe a la capa inferior y una acumulación de B en la capa superior, mientras que existe un reciclaje de los demás nutrientes, por efecto de la vegetación (bambú). Claramente existe un déficit de un macronutriente (P), posiblemente producto de la lixiviación y exigencias del cultivo.

4.1.11. Unidad Teca Escarpado

4.1.11.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo constituido por dos depósitos, el depósito superior contiene una capa orgánica de 10 cm; un horizonte Ap de 20 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto y un horizonte BwC de 40 cm, castaño amarillento oscuro, franco arenoso al tacto. Luego en el segundo depósito de color contrastante se tiene una transición del horizonte 2C de 20 cm, rojo amarillento, franco arcilloso al tacto y un horizonte 3C de más de 40 cm, rojo, franco arcilloso arenosa (Anexo 1.11 y Figura 4.11).



Figura 4.11. S5 (teca escarpado). Cucaracha, 2013.

4.1.11.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 36,36 %, valor semejante a muy alto y la CA en 8,09 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una condición física de clase pobre. En el horizonte BwC (20 - 60 cm) el AA se ubicó en 35,00 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 12,40 %, equivalente a medio, ubicándolo en una categoría medio (Cuadro 4.2). La siembra de teca sobre zonas de ladera han influido sobre una condición física aceptable, que en si no corresponde a un suelo que es sometido explotación maderera.

4.1.11.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango ligeramente ácido, respectivamente, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 6,02 y 6,10 para los horizontes Ap y BwC, en su orden. En los horizontes Ap y BwC, el pH_{KCl} su rango fue de 5,90 y 5,79 (medianamente ácido, individualmente). El pH ligeramente ácido en ambas capas, lo hace un suelo muy apto para el cultivo de teca.

La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,65 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte BwC, lo que los situó en un rango medio y bajo, en su orden. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $34,68 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $37,04 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y BwC, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $1,88 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $26,49 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $9,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $0,23 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de K; $27,04 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23).

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango ligeramente ácido y medianamente ácido, en su orden. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC en ambas capas se colocó en una clase de muy alta, correspondientemente.

4.1.11.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N, K, Ca, Cu; en medio el P, Mg y Zn; y, bajo el Fe, S y B. En la capa 25 - 50 cm se colocaron en el rango alto el K, Ca, Cu; como medio el N, Mg, Zn y B; y,

en un rango bajo el P, Fe, Mn y S, respectivamente (Anexo 25). Existe el desplazamiento del B hacia la capa inferior, mientras que en la capa superior existe un reciclaje nutrientes (biomasa). Mientras que el Fe, S y B se perdieron producto de lixiviación y consumo de la misma especie arbórea.

4.1.12. Unidad Pasto Plano

4.1.12.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo aparentemente constituidos por dos depósitos, el depósito superior constituido por un horizonte Ap de 20 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto; un horizonte Bw que tiende a ser Bt de 30 cm, castaño muy oscuro, franco al tacto; un horizonte BC de 35 cm, castaño oscuro, franco limoso al tacto. El depósito inferior es de color contrastante con abundante limo constituido por un horizonte 2C de 35 cm, castaño amarillento oscuro, arcillo limoso – limoso al tacto; en la parte superior del Ap se observan pequeñas manchas rojizas atribuidas al apelmazamiento por la ganadería, las raíces finas y pocas se observan hasta 1,10 m (Anexo 1.12 y Figura 4.12).



Figura 4.12. S6 (pasto plano). Cucaracha, 2013.

4.1.12.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 27,73 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 8,20 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una condición física de clase pobre. En el horizonte Bw (20 - 50 cm) el AA se ubicó en 25,89 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 3,90 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una categoría muy pobre (Cuadro 4.2). La condición física pobre del suelo son efecto del tránsito y pisoteo del ganado vacuno, que se ha visto influenciado por el tipo de ganadería aplicada que en si corresponde al tipo de animal, su edad. la carga animal (cantidad de cabezas por hectárea) y la duración de los periodos de pastoreo y descanso.

4.1.12.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango medianamente ácido y ligeramente ácido, en su orden, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 5,8 y 6,18 para los horizontes Ap y Bw, en su orden. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} su rango fue de 5,36 (ácido) y 5,89 (medianamente ácido). El pH en ambas capas, lo hace un suelo apto para la producción de pastos.

La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,43 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los situó en un rango medio y bajo, en su orden. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $40,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $43,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, individualmente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $3,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $19,43 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $8,07 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $3,48 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $21,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $7,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23)

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango medianamente ácido y ligeramente ácido, en su orden. En lo concerniente a la acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC se estableció en una condición de alta y muy alta, en su orden.

4.1.12.4. Fertilidad actual

En el Anexo 25 se presentan los valores promedio de los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S y B disponibles en las capas 00 – 25 y 25 – 50 cm, en Cucaracha.

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N, K, Ca, Fe y Cu; en medio el P, Mg, Mn, Zn y B; y, bajo el S. En la capa 25 - 50 cm se colocaron en el rango alto el K, Ca, Cu; como medio el N, Mg, Fe, Zn y B; y, en un rango bajo el P, Mn y S, respectivamente. En la capa superior existe un reciclaje nutrientes, aunque se observó que existe un déficit de P en la capa inferior, producto de lixiviación y consumo de la misma especie. El S es un elemento deficiente en ambas capas.

4.1.13. Unidad Pasto Colinado

4.1.13.1. Características morfológicas

Suelo muy profundo, bien drenado constituido por un horizonte Ap de 20 cm, castaño grisáceo muy oscuro, franco arcillo arenoso al tacto; un horizonte Bw de 22 cm, castaño amarillento oscuro, franco arcillo arenoso al tacto; un horizonte BC de 23 cm, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto y un horizonte C de 55 cm, castaño amarillento oscuro, franco limoso al tacto. En el horizonte Ap, se observan pequeñas manchas rojizas, que se atribuyen a la disminución de oxígeno por compactación por el pisoteo de la ganadería, las raíces finas y pocas se observan hasta 120 cm (Anexo 4.13 y Figura 4.13).

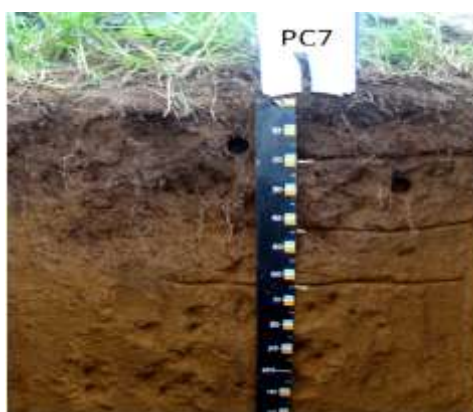


Figura 4.13. S7 (pasto colinado). Cucaracha, 2013.

4.1.13.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -20 cm) se ubicó en 28,95 %, valor semejante a muy alto y la CA en 8,40 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una posición física de clase pobre. En el horizonte Bw (20 - 42 cm) el AA se ubicó en 40,42 %, valor equivalente a muy alto y la CA en 6,30 %, equivalente a bajo, ubicándolo en una condición pobre (Cuadro 4.2). La condición actual es efecto del tránsito y pisoteo del ganado vacuno, que se ha visto influenciado por ganadería intensiva, todo ello sobre suelo húmedo.

4.1.13.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango medianamente ácido y ligeramente ácido, en su orden, con valores de pH_{H_2O} de 5,81 y 6,03 para los horizontes Ap y Bw, en su orden. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} su rango fue de 5,56 y 5,82 medianamente ácido, individualmente. El pH en ambas capas, lo hace un suelo apto para la producción de pastos.

La acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) aumento con la profundidad, correspondiendo un valor de $1,22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $1,25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los situó en un rango medio, respectivamente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $40,50 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $43,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, individualmente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $3,58 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $22,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (medio) de Ca; $8,79 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $3,56 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $21,03 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $8,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23).

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de pH_{H_2O} , acidez cambiante ($H^+ + Al^{3+}$) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El pH_{H_2O} para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango medianamente ácido, correspondientemente. En lo concerniente a la acidez cambiante ($Al^{3+} + H^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC se estableció en una condición de muy alta, respectivamente.

4.1.13.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N, K, Ca, Fe y Cu; en medio el Mg, Mn, Zn y B; y, bajo el P y S. En la capa 25 - 50 cm se colocaron en el rango alto el N, K, Fe, Ca, Cu; como medio el Mg, Mn, Zn y B; y, en un rango bajo el P, y S, correspondientemente (Anexo 25). Existe una clara deficiencia de fósforo y azufre producto de la lixiviación (altas precipitaciones) y consumo de la misma especie. Existe un reciclaje de varios elementos, que resultan del aporte de estiércoles del ganado y vegetación.

4.1.14. Unidad Pasto Escarpado

4.1.14.1. Características morfológicas

En el Anexo 2 se muestra la ficha de descripción de perfiles del S8 (pasto escarpado) en Cucaracha.

Suelo muy profundo bien drenado, de textura media, conformado por delgada capa orgánica de $< 2 \text{ cm}$; un horizonte Ap de 25 cm, castaño grisáceo muy oscuro, franco al tacto; un horizonte Bw que tiende a Bt de 25 cm, castaño oscuro, franco arenoso al tacto, un horizonte BC de 25 cm, castaño oscuro, franco arcillo limoso al tacto y un horizonte C de más de 40 cm, castaño oscuro, franco arcillo limoso al tacto. Las raíces finas y pocas llegan hasta los 80 cm, en la parte superior del Ap hay pocas

manchas pequeñas rojizas, atribuidas al apelmazamiento por efecto de la ganadería (Anexo 1.14 y Figura 4.14).

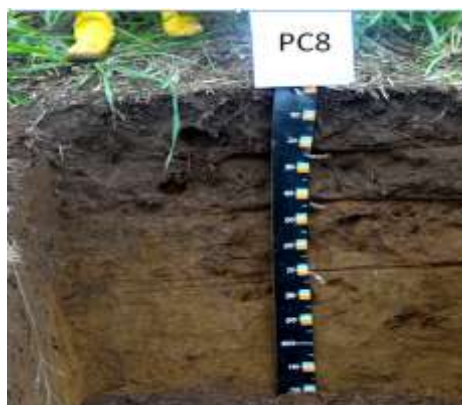


Figura 4.14. S8 (pasto escarpado). Cucaracha, 2013.

4.1.14.2. Condiciones físicas

El AA para el horizonte Ap (00 -25 cm) se ubicó en 29,25 %, valor semejante a muy alto y la CA en 4,20 %, equivalente a muy bajo, ubicándolo en una condición física de clase muy pobre. En el horizonte Bw (25- 45cm) el AA se colocó en 36,34 %, valor similar a muy alto y la CA en 3,70 %, equivalente a muy bajo, situándolo en una categoría muy pobre (Cuadro 4.2). La condición física actual es efecto del tránsito y pisoteo del ganado vacuno, que se ha visto influenciado por una ganadería que excede la carga animal (cantidad de cabezas por hectárea), sobre suelo húmedo.

4.1.14.3. Condiciones químicas

La reacción del suelo se encontró en el rango medianamente ácido, respectivamente, con valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ de 5,57 y 5,88 para los horizontes Ap y Bw, en su orden. En los horizontes Ap y Bw, el pH_{KCl} su rango fue de 5,31 y 5,45, ácido respectivamente. El pH ácido en ambas capas, lo hace un suelo apto para la producción de pastos, recalcando que la pendiente juega un papel importante.

La acidez cambiante ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) disminuyó con la profundidad, correspondiendo un valor de $0,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Ap y $0,71 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ al horizonte Bw, lo que los situó en un rango medio, individualmente. El contenido de la C.I.C se encontró en un rango de $42,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) y $44,70 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (muy alto) para los horizontes Ap y Bw, respectivamente. Los cationes cambiables para el horizonte Ap se encontró valores de $2,72 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $21,75 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $7,06 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg; en el horizonte Bw se presentaron valores de $1,73 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de K; $21,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Ca; $7,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (alto) de Mg, respectivamente (Anexo 23).

En el Anexo 24 se muestra los valores promedio de pH_{H_2O} , acidez cambiante (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm.

El pH_{H_2O} para la capa 00 – 25 y 25 -50 cm del S6 se ubica en un rango medianamente ácido, respectivamente. En lo concerniente a la acidez cambiante ($Al^{3+} + H^+$) los rangos fueron medio, individualmente. La CIC se estableció en una condición muy alta, individualmente.

4.1.14.4. Fertilidad actual

El contenido de elementos disponibles en la capa 00 - 25 cm se dispuso en un rango de alto el N, K, Ca y Cu; en medio el Mg, Mn, Zn y B; y, bajo el P y S. En la capa 25 - 50 cm se colocaron en el rango alto el N, K, Fe, Ca, Cu; como medio el Mg, Mn, Zn y B; y, en un rango bajo el P, y S, correspondientemente (Anexo 25). De manera similar que en pasto colinado, existe una clara deficiencia de fósforo y azufre producto de la lixiviación (altas precipitaciones) y consumo de la misma especie. Concorre un reciclaje de varios elementos, que resultan del aporte de estiércoles del ganado y vegetación.

Cuadro 4.2. Evaluación de las propiedades físicas de los suelos del predio Cucaracha, Esmeralda.

Unidad de suelo	Horizonte	Prof. (cm)	Da (g/cm ³)	% Øv		Condiciones Físicas del suelo (% Øv)						Equivalencia		
				SS	CC	PPM	AA	CA	VS	VPFI	AA	CA	Zona	Clase
S1	Ap	00-20	0,96	60,00	49,30	13,69	35,61	10,70	40,00	53,69	Muy Alto	Medio	II	Pobre
S1	Bw	20-40	0,93	57,80	50,00	14,06	35,94	7,81	42,20	56,26	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S2	Ap	00-20	1,09	53,40	49,20	18,96	30,24	4,20	46,60	65,56	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S2	Bw	20-50	1,10	54,30	49,50	19,16	30,34	4,80	45,70	64,86	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S3	Ap	00-15	1,12	52,51	47,00	17,86	29,13	5,51	47,49	65,36	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S3	Bw	15-52	1,09	60,20	58,10	19,25	40,98	2,11	39,80	56,92	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S4	Ap	00-15	0,92	79,80	43,60	16,69	26,91	36,20	20,20	36,89	Muy Alto	Muy Alto	V	Muy Bueno
S4	Bw	15-45	1,09	57,01	54,10	15,58	38,52	2,90	42,99	58,58	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S5	Ap	00-20	0,97	59,30	51,20	14,84	36,36	8,09	40,70	55,55	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S5	BwC	20-60	0,90	61,10	48,70	13,70	35,00	12,40	38,90	52,60	Muy Alto	Medio	III	Medio
S6	Ap	00-20	1,07	52,45	44,30	16,57	27,73	8,20	47,50	64,07	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S6	Bw	20-50	1,13	46,20	42,30	16,41	25,89	3,90	53,80	70,21	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S7	Ap	00-20	1,02	55,70	47,30	18,35	28,95	8,40	44,30	62,65	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S7	Bw	20-42	0,87	63,30	57,00	16,58	40,42	6,30	36,70	53,28	Muy Alto	Bajo	II	Pobre
S8	Ap	00-25	1,09	52,70	48,50	19,25	29,25	4,20	47,30	66,55	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
S8	Bw	25-45	0,99	54,00	50,30	13,96	36,34	3,70	46,00	59,96	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre

4.2. EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL.

4.2.1. Crecimiento, aspecto y producción de biomasa de la planta indicadora en Santa Marianita

4.2.1.1. Altura de la planta

En el Cuadro 4.3 se presentan los valores promedio de altura de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* Mill. en la capa 00 – 25 cm del predio Santa Marianita a los 50 días después de la germinación. Los valores se sitúan entre 5,95 cm y 29,06 cm para la solución -P y para la SC, respectivamente, lo cual se evidencia la baja disponibilidad de este elemento en todas las unidades de suelo. Respecto a las unidades de suelos los valores oscilan entre 10,81 cm para el S1 (palma plano) y 23,39 cm para el S3 (melina plano). Ello indica que el suelo menos fértil resulto ser palma plano

Cuadro 4.3. Altura promedio de la planta indicadora (cm) a los 50 días de edad, en diferentes soluciones, en los suelos de Santa Marianita, 2013.

Solución	Tratamiento						\bar{X}
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
-Sc	19,0	25,7	39,7	26,2	29,8	34,0	29,1
-N	9,7	11,0	10,2	9,0	13,0	11,3	10,7
-P	5,5	4,7	5,5	7,7	6,3	6,0	5,9
-K	8,8	13,7	18,7	9,4	16,0	12,8	13,3
-Mg	13,3	16,7	23,3	17,7	19,5	27,3	19,6
-S	10,7	17,0	18,3	12,2	22,8	23,0	17,3
-Zn	12,3	15,8	19,3	18,7	26,0	24,7	19,5
-Cu	13,3	12,7	23,0	15,3	13,7	27,3	17,6
-Mn	7,5	8,0	30,3	11,7	13,5	9,0	13,3
-B	7,0	12,0	36,3	13,2	18,0	12,0	16,4
-Fe	11,8	12,0	32,7	13,7	13,7	13,3	16,2
\bar{X}	10,8	13,6	23,4	14,1	17,5	18,3	16,3

▪ Solución nutritiva completa

En la solución nutritiva completa, los valores promedios de altura de la planta oscilan entre 19,0 y 39,7 cm para S1 (palma plano) y el S3 (melina plano), respectivamente. Cabe indicar que la SC estuvo compuesta por todos los macro y micronutrientes que son importantes para el desarrollo de las plantas las cuales alcanzaron una altura y robustez adecuada, los cuales correspondieron a las características de una planta con un buen balance nutricional de macro y micro nutrientes.

▪ **Solución –N**

En la solución nutritiva menos nitrógeno los promedios de altura, oscilan entre 9,0 a 13,0 cm para el S1 (palma plano) y S5 (teca escarpado), respectivamente.. Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 2,91: 1 y 2,29:1.

El limitado crecimiento de la planta indicadora en la solución –N, en relación a la solución completa, se deduce que el cultivo de palma es muy exigente en cuanto a este nutriente y que las condiciones ambientales influyen sobre su forma aprovechable. Aunque cabe resaltar que la siembra de pueraria (leguminosa), como medida de recuperación de suelos, ha hecho que incremente el contenido de este elemento (N) en el suelo, a través la simbiosis con bacterias fijadoras de N₂ atmosférico con la planta.

Hernández (2002), nos manifiesta que la cantidad de nitrógeno depende del tipo de suelo, la temperatura y pluviosidad, el contenido de NO₃⁻ varía con la estación, ya que es muy soluble en agua y las aguas de lluvia o riego lo pueden arrastrar hacia el subsuelo. El contenido promedio de nitrógeno y de materia orgánica del suelo decrece exponencialmente a medida que aumenta la temperatura anual, concordando con lo antes expuesto.

▪ **Solución –P**

En la solución nutritiva carente de fósforo, los valores promedio de altura de planta oscilan entre 4,7 y 7,7 cm para los suelos S2 (palma colinado) y S4 (melina escarpado), en su orden.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 5,49: 1 y 3,41:1.

En todos los tratamientos de suelos de Santa Marianita, se observó a través de la evaluación biológica, muy marcadas las deficiencias del elemento fósforo, Se deduce que al tratarse de un macronutriente, los diferentes cultivos son muy exigentes en el mismo, sobre todo en palma, además de la existencia de una pérdida por lavado debido a las altas precipitaciones. No obstante la presencia de iones de Fe y Al con un nivel medio según los análisis de laboratorio, en suelos con pH ácido, afectando la asimilación del fósforo.

Vásconez y Pinochet, (2012), manifiestan que las causas de concentraciones deficitarias de fósforo se deben a la falta de fertilización fosforada y principalmente, a la alta retención de fósforo que exhiben los suelos, especialmente los derivados de cenizas

volcánica. La retención responde a la reactividad de las arcillas en su interacción con los iones fosfatos y en menor medida al pH ácido predominante en estos suelos.

▪ **Solución –K**

Los valores de altura de planta de la solución nutritiva menos potasio oscilaron entre 8,8 y 18,7 cm para los S1 (palma plano) y S3 (melina plano), respectivamente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 2,15:1 y 2,12:1.

La solución –K fue evidente un déficit de crecimiento, sobre todo en el suelo correspondiente al cultivo palma, poniendo de manifiesto nuevamente que es un cultivo muy exigente. Además se pone de manifiesto que el litoral costero, localizado entre el océano Pacífico y los Andes occidentales posee una abundancia de suelos con K disponible que va de moderado a bajo (Vera, 2003), Cabe suponer que además existió pérdida de K por lixiviación, por lo que el K habría migrado a la capa inferior a causa de la intensa y frecuente precipitación, en la época invernal.

▪ **Solución –Mg**

Los valores promedio de la altura de planta de la solución menos Mg fluctuaron entre 13,3 y 27,3 cm, en los S1 (palma plano) y S6 (maíz plano).

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,43: 1 y 1,24:1.

En Santa Marianita, se observó un déficit en la altura de la planta indicadora - Mg, con respecto a la SC; la sintomatología observada fue muy marcada, donde se dedujo que la solubilidad de magnesio disminuye y se hace menos disponible, debido a un bajo pH (Rodríguez y Rodríguez, 2011). Además SMART (2012), manifiesta que en suelos ácidos, la solubilidad de elementos tales como el manganeso y aluminio aumenta. Como resultado de esto se reducirá la absorción de magnesio por la planta.

Las mayores alturas se observaron en el suelo del cultivo de maíz, mientras que los cultivos más exigentes en este elemento fue la palma.

▪ **Solución –S**

En la solución nutritiva menos azufre los valores de altura de planta indicadora, se ubicaron entre 10,7 y 23,0 cm para los S1 (palma plano) y S6 (maíz plano).

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,78:1 y 1,47:1.

Se observó un marcado déficit en altura de la planta indicadora, con relación a la solución completa, sobre todo en palma que sigue siendo un cultivo muy exigente en cuanto a nutrición mineral, además que influye las altas precipitaciones en temporada invernal. Cabe destacar que dado que el azufre se lixivias fácilmente, un análisis de la capa superior del suelo puede mostrar un nivel bajo de azufre, mientras que las muestras del subsuelo mostrarán niveles más altos de azufre disponible (SMART, 2012).

▪ **Solución – Zn**

En la solución nutritiva menos zinc, los valores de altura fluctuaron entre 12,3 y 26,0 cm para los S1 (palma plano) y S5 (teca escarpado), respectivamente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,54:1 y 1,14:1.

El S1 (palma plano) y S2 (palma colinado) posee las alturas más bajas, presentándose los síntomas más notables en los suelos correspondientes a palma y las mejores características en teca.

Rodríguez y Rodríguez, (2011) manifiestan que el contenido de Zn en la hoja es suficiente en intervalos de 15 a 50 ppm en la materia seca de las hojas maduras, aunque en algunas plantas la deficiencia no ocurrirá hasta que el contenido de Zn este bajo 12 ppm. las deficiencias pueden ocurrir en suelos con altos niveles de P. Además se deduce que la corrección del pH, hechas en el cultivo de palma, mediante la aplicación de carbonato de calcio también reduce fuertemente su disponibilidad. El encalado excesivo produce una deficiencia del elemento (Hernández, 2002),

▪ **Solución – Cu**

En la solución nutritiva carente de cobre los valores promedio de altura de planta oscilan entre 13,3 y 27,3 cm para los suelos, S1 (palma plano) y S6 (maíz plano), respectivamente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,42:1 y 1,24:1.

Se recalca que los principales problemas nutricionales se presentan en el cultivo de palma. Rodríguez y Rodríguez (2011), manifiestan que los componentes del suelo como los óxidos y los carbonos reducen la disponibilidad del Cu. Además Hernández

(2002), manifiesta que las deficiencias de cobre se detectan en suelos orgánicos, ácidos, en suelos derivados de rocas ígneas muy ácidas y en suelos lixiviados de textura gruesa.

▪ **Solución – Mn**

En la solución nutritiva menos manganeso, los valores de altura de planta oscilan entre 7,5 y 30,3 cm para los suelos S1 (palma plano) y S3 (melina plano), respectivamente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 2,53:1 y 1,31:1.

El cultivo en el que se observó la sintomatología más notable fue en palma africana, el mismo que sigue siendo muy exigente en cuanto a nutrición, sumado a ello las altas precipitaciones que influyen en la lixiviación de este elemento.

Sin embargo al decrecer el valor del pH y bajar el potencial redox, aumenta la concentración de iones de Mn^{2+} disponible para las plantas en la solución del suelo (Oliveira *et al.*, 2006).

▪ **Solución – B**

En la solución nutritiva carente de boro los valores promedio de altura de planta se encontraron entre 7,0 y 36,3 cm para los suelos del S1 (palma plano) y S3 (melina plano), en su orden.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 2,71:1 y 1,09:1.

Se observó claramente que el S1 es uno de los suelos más deficitarios en B. En la altura de planta indicadora –B con respecto a la solución completa; al respecto se nota que el cultivo de palma es muy exigente en este microelemento.

Hernández (2002), manifiesta que a medida que el pH se hace más ácido los procesos de adsorción disminuyen, aumentando la disponibilidad de B. Encontrando en Santa Marianita un pH que va de “Acido” a “Ligeramente ácido” en la capa de 00-25cm y un pH “Medianamente ácido” en la capa de 25-50cm.

Además, el boro adsorbido por las partículas del suelo también se ven afectadas por los componentes del suelo, el tipo y la concentración de las sales en el suelo y la temperatura, concordando con lo manifestado por FAGRO (2010),

▪ **Solución – Fe**

En la solución nutritiva -Fe, los valores promedio de altura de planta se ubicaron entre 11,8 y 32,7 cm para los suelos S1 (palma plano) y S3 (melina plano), respectivamente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,61:1 y 1,21:1.

En todas las plantas carentes de hierro se observó un menor crecimiento en relación a la solución completa. Para los tratamientos de suelos de Santa Marianita existen diferencias significativas entre las medias de la planta indicadora -Fe, con respecto a la solución completa. Observándose las mayores deficiencias en el cultivo de palma, lo que pone de manifiesto que es un cultivo exigente en este nutriente.

Hernández (2002), manifiesta que muchos suelos cultivados tienen un bajo contenido de hierro disuelto en la solución del suelo y adsorbido en forma intercambiable. Mientras que Sánchez (2007), ostenta que el hierro está presente en grandes cantidades en los suelos, pero su disponibilidad para las plantas es generalmente muy baja.

En el Anexo 5 se presenta el resumen del ADEVA para los valores de la altura de la planta indicadora a los 50 días de edad en el predio Santa Marianita. En éste se evidencia diferencias significativas para los factores: soluciones nutritivas y usos del suelo; y para las interacciones soluciones nutritivas y usos del suelo. El coeficiente de variación fue del 23,16 %, lo cual indica dispersión heterogénea de los valores de la variable en relación con su media.

En los usos de suelo, melina plano (23,4 cm), se observa que la altura de planta de tomate aumento significativamente en relación a los otros usos de suelo (Figura 4.15). Este aumento se atribuye en si a las propiedades químicas ya que encontramos un $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ medianamente ácido, una acidez total ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) en un rango medio, una CIC en un rango alto; por otro lado en cuanto a las propiedades físicas se observa compactación sobre el horizonte Ap (pequeñas manchas rojizas de óxido reducción), la mayoría de las raíces se encuentran en los 5 cm superiores.

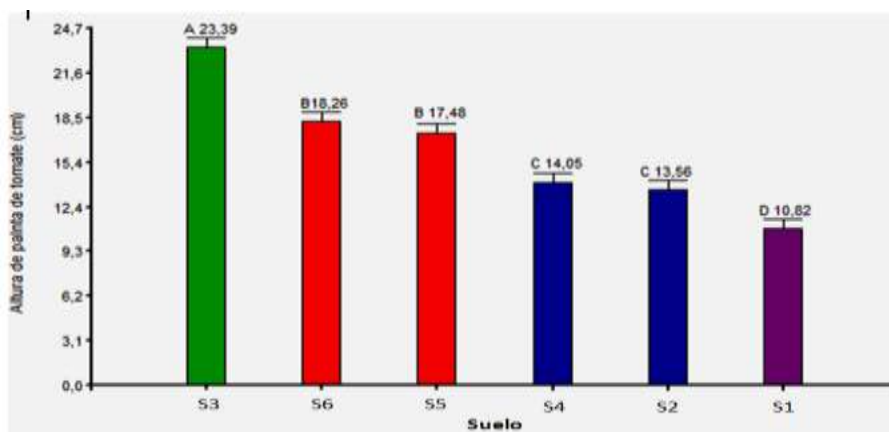


Figura 4.15. Promedio y prueba de Tukey al 5%, para la altura de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo, predio Santa Marianita, 2013.

La altura de planta en la SC aumento significativamente en relación a las demás soluciones nutritivas en las que se ha suprimido uno de los elementos esenciales. La mayor altura de planta de 29 cm se presentó en la SC y los valores menores fueron de 13,3, 13,2, 10,7 y 5,94 cm en la solución -Mn, -K, -N y -P, respectivamente. La altura de planta en las soluciones -Mg, -Zn, -Cu, -S, -B y -Fe son estadísticamente iguales. Por lo tanto los elementos Mn, K, N y P son los de menor disponibilidad en los suelos estudiados (Figura 4.16).

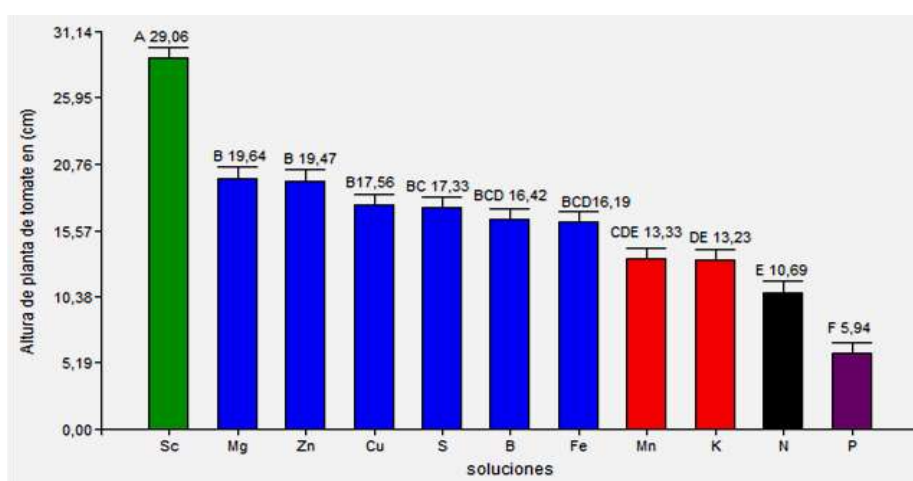


Figura 4.16. Promedio y prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor soluciones, predio Santa Marianita, 2013.

4.2.1.2. Aspecto de la planta indicadora

En la Figura 4.17 se puede evidenciar la apariencia del estado de crecimiento de los dos tratamientos de suelo del predio Santa Marianita, el S1 (palma plano) y el S3

(melina plano), En cada imagen se observa de izquierda a derecha las siguientes soluciones: SC, -N, -P, -K, -Mg, -S, -Zn,-Cu, -Mn,-B y -Fe.

En la figura se puede evidenciar que la solución completa muestra la mejor apariencia y que las principales deficiencias son en fósforo, nitrógeno, potasio y manganeso. Como consecuencia de la evaluación biológica se puede evidenciar que la unidad de suelo que presentó las menores alturas corresponde al S1 (palma plano), mientras que el S3 (melina plano) presentó las mejores características con el mayor promedio de altura.

La principal deficiencia se dio en la solución nutritiva -P, en la cual la planta indicadora presento a los pocos días de haber germinado, una coloración con una pigmentación purpura sobre las hojas más viejas, un crecimiento lento, débil y achaparrado. Puesto que el P es móvil en la planta, el síntoma de deficiencia ocurre en los tejidos más viejos (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

Además se observó una deficiencia notoria en la solución -N, que se caracterizó por un crecimiento pequeño, hojas alargadas y angostas, tallos rígidos quebradizos, con una coloración verde clara, y un amarillamiento progresivo en hojas bajas.

Los tratamientos deficientes en potasio se caracterizaron por mostrar crecimiento lento o retrasado, amarillamiento de los ápices y márgenes foliares adultos, continuando luego hacia el centro o base de la hoja, lo que concuerda con lo manifestado por Burneo (2012).

Hay que recalcar que otro síntoma notorio fue la deficiencia de S, donde las plantas presentaron una clorosis inicialmente seguido de un venamiento, el amarillamiento se vuelve más intenso, lo cual inicia en las hojas más jóvenes ya que el S es móvil en la planta y los tallos son rígidos lo que concuerda con lo manifestado por Rodríguez y Rodríguez (2011).

Los síntomas por deficiencia de Mn, Mg, Zn, B, Fe, Cu, igualmente fueron notorios, pero en menor proporción a los antes nombrados.



Figura 4.17. Vista general de las unidades de suelo palma plano (a) y melina plano (b) (00-25 cm), a los 50 días del predio Santa Marianita, 2013.

4.2.1.3. Materia Seca de la Planta Indicadora

En el Cuadro 4.4 se exponen los valores concernientes al peso de materia seca del predio Santa Marianita, de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* Mill., cortadas a los 50 días. Los resultados son el promedio de tres repeticiones por solución nutritiva. Se notan valores que fluctúan entre 0,05 para la solución -P y 8,18 para la SC; respecto a los tratamientos de suelo los valores oscilan entre 0,78 y 4,41 g para los suelos S1 (palma plano) y S3 (melina plano).

Cuadro 4.4. Materia seca de la planta indicadora (g) a los 50 días de edad, en soluciones y suelos de los diferentes tratamientos, del predio Santa Marianita, 2013.

Solución	Tratamiento						\bar{X}
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Sc	3,66	9,43	10,86	6,27	7,29	11,57	8,18
N	0,33	0,37	0,20	0,13	0,25	0,15	0,24
P	0,02	0,06	0,02	0,14	0,01	0,05	0,05
K	0,06	0,70	1,70	0,12	1,72	0,85	0,86
Mg	1,03	3,56	5,89	2,59	2,47	6,82	3,73
S	0,40	1,86	0,86	5,02	1,68	1,51	1,89
Zn	0,60	3,98	3,90	2,46	5,85	5,88	3,78
Cu	1,20	2,02	3,13	2,67	2,07	6,99	3,01
Mn	0,20	0,32	6,86	1,05	2,92	0,19	1,92
B	0,50	1,86	8,46	2,10	4,22	0,64	2,96
Fe	0,53	1,31	6,68	2,06	2,62	4,09	2,88
\bar{X}	0,78	2,32	4,41	2,24	2,83	3,52	2,68

▪ **Solución –N**

En la solución nutritiva –N del predio Santa Marianita los valores promedio de peso de materia seca de la planta fluctuaron entre 0,13 y 0,37 g para los suelos S4 (melina escarpado) y S2 (palma colinado) respectivamente, en su orden.

Todas las plantas presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –N es 34,08:1.

Se observó que en S4 se ubica el menor peso de materia seca, deduciendo que la pendiente ha influido sobre la disponibilidad de N para la planta, ocasionando problemas de lavado del nutriente, sumado a ello las pérdidas producidas por influencia del medio ambiente.

▪ **Solución –P**

La solución nutritiva carente de fósforo los valores promedio de materia seca de planta oscilaron entre 0,01 y 0,14 g para los suelos de S5 (teca escarpado), y S4 (melina escarpado), respectivamente.

Todas las plantas -P presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –P es 163,60:1.

En el S5 se observa que la pendiente juega un papel muy importante, ya que existe pérdida del elemento por lixiviación producto de las altas precipitaciones en época invernal.

- **Solución –K**

En solución nutritiva –K los valores promedio de peso de materia seca de la planta de tomate se ubicaron entre 0,06 y 1,71 g para los suelos S1 (palma plano) y S5 (teca escarpado), respectivamente. En los suelos S3 (melina plano) y S5 (teca escarpado) que corresponden a los valores más altos se observa que son prácticamente iguales (1,7 y 1,71 g).

Todas las plantas -K presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –K es 9,51:1.

En los suelos correspondientes a palma se observó el menor peso de materia seca. Según Chinchillas, citado Suárez *et al.*, (2010), manifiesta que las reservas de K en el suelo se reducen cada año en la plantación de palma aceitera, como consecuencia de la extracción del cultivo y otras pérdidas normales dentro del ciclo del elemento, sumado a ello la pérdida por lixiviación.

- **Solución –Mg**

En la solución –Mg del predio Santa Marianita los valores promedio de materia seca se encontraron entre 1,03 y 6,82 g para los suelos S1 (palma plano) y S6 (maíz plano), respectivamente.

En la solución –Mg todos los tratamientos presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Mg es 2,19:1.

Es evidente que los suelos correspondientes a palma se observó el menor peso de materia seca. Según León citado por Suárez *et al.*, (2010), menciona que las deficiencias de Mg se han encontrado en todas las regiones donde crece la palma. Este es el problema más frecuente en los suelos ácidos.

- **Solución –S**

Para la solución nutritiva –S los valores promedio de materia seca oscilaron entre 0,40 y 5,02 g para los suelos S1 (palma plano) y S4 (melina escarpado), respectivamente.

Todos los tratamientos presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –S es 4,32:1.

Se destaca nuevamente que los suelos correspondientes a palma se presentó el menor peso de materia seca, lo que pone de manifiesto que este cultivo es muy exigente en este elemento, sumado a ello la pérdida por lixiviación.

- **Solución –Zn**

En la solución nutritiva sin zinc para los valores promedio de materia seca, se situaron entre 0,60 y 5,88 g en los suelos S1 (palma plano) y S5 (teca escarpado), en su orden. En los suelos S5 que corresponden a teca escarpado se observó una ligera diferencia (5,85 g) respecto al S6 concerniente a maíz plano (5,88 g).

Todos los tratamientos presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Zn es 2,16:1.

Se observa el peso de biomasa seca en aquellos suelos correspondientes a palma, lo que pone de manifiesto el alto nivel de requerimiento de este cultivo en cuanto a este elemento.

- **Solución –Cu**

En la solución nutritiva – Cu los valores promedio de materia seca oscilaron entre 1,20 y 6,99 g para los suelos S1 (palma plano) y S6 (maíz plano), respectivamente.

La solución –Cu presentan un menor peso frente a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Cu es 2,71:1.

Nuevamente el cultivo que presenta el menor peso de biomasa seca corresponde al suelo correspondiente a palma, lo que sigue poniendo de manifiesto la alta demanda nutricional de la planta.

- **Solución –Mn**

En la solución nutritiva carente de manganeso los valores promedio de materia seca de la planta oscilaron entre 0,19 y 6,86 g para los suelos S6 (maíz plano) y S3 (melina plano), respectivamente.

Todos los suelos en solución –Mn presentaron un menor peso en relación a la solución completa, destacándose con el menor peso el S6, lo que se deduce que el maíz es un cultivo exigente en este elemento, sumado a ello la pérdida del elemento por lavado, producto de las altas precipitaciones.

La proporción entre las soluciones SC y –Mn es 4,26:1.

▪ **Solución –B**

En la solución nutritiva carente de boro, los valores promedio de peso de materia seca se encontraron entre 0,50 y 8,46 g para los suelos S1 (palma plano) y S3 (melina plano); respectivamente.

Todas plantas de los tratamientos de la solución –B presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –B es 2,76:1.

Se deduce que el cultivo de palma es muy exigente en este elemento, sumado la pérdida de este elemento por condiciones ambientales.

▪ **Solución –Fe**

En la solución nutritiva –Fe, los valores promedio de materia seca se situaron entre 0,53 y 8,68 g para los suelos S1 (palma plano) y S3 (melina plano), en su orden.

Todos los suelos carentes de boro presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Fe es 2,84:1.

El valor más bajo de biomasa seca concierne al suelo correspondiente a palma lo determina que existe un gran desgaste de este elemento, producto de la exigencia del cultivo de palma.

En el Anexo 7 se presenta el resumen del ADEVA de los valores de la biomasa seca de la planta indicadora a los 50 días (00cm-25cm) en el predio Santa Marianita. En éste se evidencia diferencia significativa para los factores: soluciones nutritivas y usos de suelo y la interacción de los factores soluciones x usos del suelo. El coeficiente de variación corresponde a 47,24 %, lo cual indica dispersión muy heterogénea de los valores de la variable en relación con su media.

Se observa que los grupos de los suelos S2 (palma colinado) y S4 (melina escarpado) son estadísticamente iguales, pero son diferentes al grupo de los suelos S3 (melina plano), S6 (maíz plano), S5 (teca escarpado) que muestran mayor materia seca y el S1 (palma plano) que muestra la menor biomasa seca de todos los suelos (Figura 4.18).

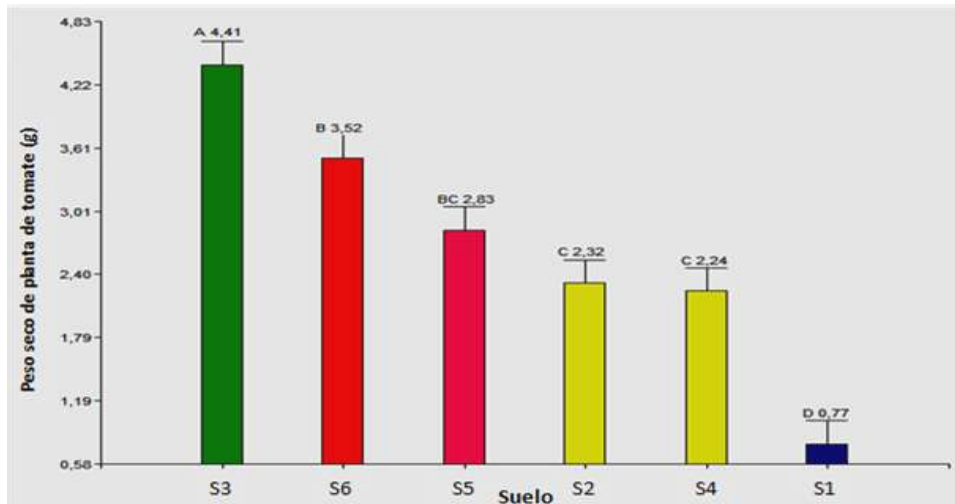


Figura 4.18. Prueba de Tukey para el peso seco de la planta indicadora a los 50 días de edad para el factor uso del suelo, predio Santa Marianita, 2013.

En la Figura 4.19 se observa que los valores de peso de la materia seca de la planta indicadora en la solución completa, aumento significativamente en relación a las demás soluciones nutritivas en las que se ha suprimido uno de los elementos esenciales para el factor solución en el predio Santa Marianita. Se evidencia que la SC muestra el mayor peso de biomasa seca con 8,18 g. Las soluciones -Zn, -Mg, -Cu, B y -Fe son estadísticamente iguales. La solución carentes de los elementos -Mn, -S, -N y -P con los valores más bajos de materia seca, siendo los dos últimos los que se encuentran en menor disponibilidad (0,24 y 0,05 g) de los suelos en estudio.

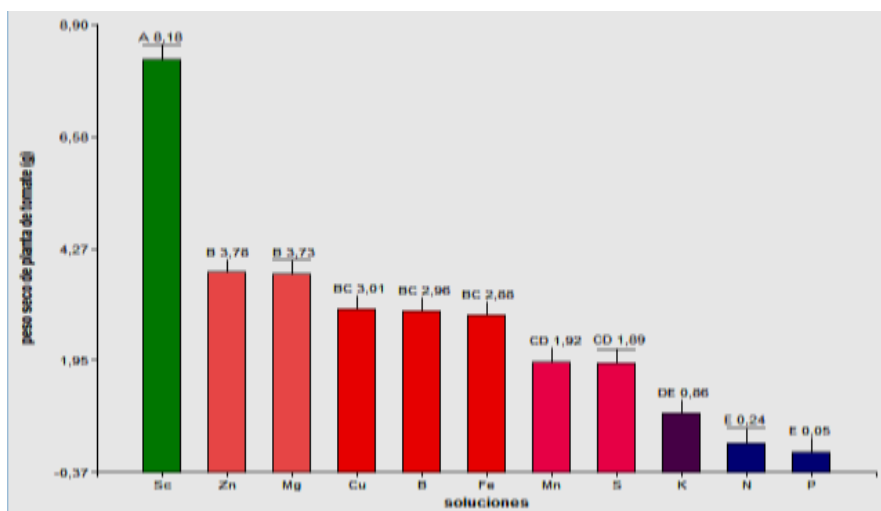


Figura 4.19. Promedio y prueba de Tukey al 5%, para el peso materia seca, de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor soluciones, predio Santa Marianita, 2013.

4.2.2. Crecimiento, aspecto y producción de biomasa de la planta indicadora en Cucaracha

4.2.2.1. Altura de Planta

En el Cuadro 4.5 se presentan los valores promedio de altura de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* Mill. del predio Cucaracha a los 50 días después de la germinación. Los valores obtenidos oscilan entre 5,0 cm de la solución nutritiva menos P del S1 (huerta escarpado) y 61.17 cm para la solución nutritiva de la SC del S4 (bambú escarpado). Respecto a los tratamientos de suelo los valores oscilan entre 31,03 cm para el S2 (cacao plano) y 40,74 cm para el S4 (melina plano).

Cuadro 4.5. Altura promedio de la planta indicadora (cm) a los 50 días de edad, en los suelos de los diferentes soluciones, del predio Cucaracha, 2013.

Solución	Tratamiento								\bar{X}
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
Sc	56,7	42,0	52,2	61,2	51,8	49,2	54,0	51,6	51,6
N	6,3	29,7	21,7	21,7	24,3	23,3	23,1	23,6	23,6
P	5,0	7,0	6,5	5,7	6,4	5,7	5,9	5,9	5,9
K	15,3	24,0	36,0	44,0	34,7	27,3	35,3	32,4	32,4
Mg	47,3	25,7	48,7	50,7	41,7	37,7	43,3	40,9	40,9
S	27,7	23,7	36,7	42,3	34,2	31,7	36,1	33,9	33,9
Zn	47,7	36,8	30,7	41,8	36,4	38,0	38,7	37,7	37,7
Cu	38,0	39,3	38,3	42,0	39,9	36,3	39,4	38,5	38,5
Mn	40,3	39,2	39,2	49,5	42,6	39,0	43,7	41,7	41,7
B	49,7	33,7	33,0	50,3	39,0	39,7	43,0	40,6	40,6
Fe	36,3	40,3	37,7	39,0	39,0	44,7	40,9	41,5	41,5
X	33,6	31,0	34,6	40,7	35,6	33,8	36,7	31,2	35,3

▪ Solución nutritiva completa

En la solución nutritiva completa los valores promedios de altura de la planta oscilan entre 42,0 y 61,2 para S2 (cacao plano) y el S4 (bambú escarpado), con un incremento porcentual del 45,64 %. Recordemos que la SC estuvo compuesta por todos los macro y micronutrientes que son importantes para el desarrollo de las plantas las cuales alcanzaron una altura y robustez adecuada.

▪ Solución -N

En la solución nutritiva menos nitrógeno los promedios de altura oscilan entre 6,3 y 29,7 cm para el S1 (huerta escarpado) y S2 (cacao plano); respectivamente.

Todas las plantas presentaron un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 8,95:1 y 1,41:1.

Se observó que el suelo perteneciente a huerta escarpado, la planta indicadora mostro la menor altura, esto debido a exigencias de la variedad de cultivos (banano, frutales), que ha provocado que este nutriente en la planta sea la prioridad para su desarrollo, la misma que puede obtener preferentemente por absorción radicular en forma de nitrato (NO_3^-) y del amonio (NH_4^+), Además una limitante para la obtención de este elemento, es la perdida por lixiviación o volatilización, lo cual no permite la recuperación natural del N disponible en el suelo (AGROESTRATEGIAS, 2012)..

▪ **Solución –P**

En la solución nutritiva carente de fósforo, se registró valores de altura que oscilan entre 5,0 y 7,0 cm para los suelos de los tratamientos S1 (huerto escarpado) y S2 (cacao plano), en su orden.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 11,33:1 y 6,00:1.

La planta indicadora en la solución sin P, permite deducir que al igual que la mayoría de los suelos en estudio, sobre todo S1 (huerta escarpado) se presentan las principales deficiencias de este elemento, sumado a ello la presencia de iones de Fe y Al con un nivel medio según los análisis de laboratorio, en suelos con pH ácido, afectando la asimilación del fósforo.

Otras causas son la concentraciones deficitarias de fósforo que se deben a la falta de fertilización fosforada y principalmente, a la alta retención de fósforo que exhiben los suelos, especialmente por ser derivados de cenizas volcánica, La retención responde a la reactividad de las arcillas en su interacción con los iones fosfatos y en menor medida al pH ácido predominante en estos suelos (Vásconez y Pinochet, 2012).

▪ **Solución –K**

Los valores de altura de planta de la solución nutritiva menos potasio, fluctuó entre 15,3 y 44,0 cm para el S1 (huerta escarpado) y S4 (bambú escarpado); correspondientemente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 3,69:1 y 1,39:1.

Para la solución –K fue evidente un déficit de crecimiento y producción de biomasa seca de la planta indicadora se observó en suelo correspondiente huerta escarpado, denotándose que estos cultivos (frutales y banano) son muy exigentes en K.

Además, cabe indicar que existe una pérdida por lixiviación, por lo que el K habría migrado a la capa inferior a causa de la intensa y frecuente precipitación, en la época invernal.

Es muy importante destacar que Vera (2003), manifiesta que el litoral costero, localizado entre el océano Pacífico y los Andes occidentales posee una abundancia de suelos con K disponible que va de moderado a bajo.

▪ **Solución –Mg**

Los valores oscilaron entre 25,7 y 50,7 cm, para los S2 (cacao plano) y S4 (bambú escarpado), respectivamente.

Todas las plantas presentaron un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,63:1 y 1,20:1.

Hay que destacar que el suelo correspondiente a cacao presento la menor altura, por lo que se deduce que este cultivo es muy exigente en Mg, Sin embargo hay que recordar que estos suelos reciben altas precipitaciones lo que aumentan la tendencia de lixiviación de magnesio. Rodríguez y Rodríguez (2011) manifiesta que no hay síntomas de toxicidad cuando en el tejido vegetal es alto (> 1 %) sin inducir deficiencias de Ca o K. sin embargo, un desequilibrio entre estos tres a favor del Mg reduce el crecimiento de la planta y se muestra un amarillamiento en las hojas.

▪ **Solución –S**

En la solución nutritiva menos azufre los valores de altura de planta los valores de altura se ubicaron entre 23,7 y 42,3 cm en los tratamientos S2 (cacao plano) y S4 (bambú escarpado); en su orden.

Todas las plantas presentaron un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,77:1 y 1,44:1.

En Cucaracha, se observó una falta en altura de la planta indicadora, con relación a la solución completa. SMART (2012) manifiesta que dado que el azufre se lixivía fácilmente, un análisis de la capa superior del suelo puede mostrar un nivel bajo de azufre, mientras que las muestras del subsuelo mostrarán niveles más altos de azufre disponible.

Por otro lado Rodríguez y Rodríguez (2011), manifiestan que las deficiencias de S son más probables en los suelos arenosos y bajo condiciones de alta precipitación, en si correspondiendo a situaciones presentadas en la temporada invernal.

- **Solución – Zn**

En la solución nutritiva menos zinc, los valores de altura oscilaron entre 30,7 y 47,7 para el S3 (bambú plano) y S1 (huerta escarpado); respectivamente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,70:1 y 1,18:1.

Los valores de altura de planta indicadora, no lograron llegar al óptimo como el de la solución completa. Sin embargo la sintomatología de deficiencia fue menos notoria, siendo bambú plano el que presentó los valores más bajos, mientras que huerta escarpado los mejores atributos.

Rodríguez y Rodríguez, (2011) manifiestan que el contenido de Zn en la hoja es suficiente en intervalos de 15 a 50 ppm en la materia seca de las hojas maduras, aunque en algunas plantas la deficiencia no ocurrirá hasta que el contenido de Zn este bajo 12 ppm. las deficiencias pueden ocurrir en suelos con altos niveles de P.

- **Solución – Cu**

En la solución nutritiva carente de cobre los valores promedio de altura fluctúan entre 36,3 y 42,0 cm para los S6 (pasto plano) y S4 (bambú escarpado); en su orden.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,35:1 y 1,47:1.

Se observan diferencias poco significativas, mostradas por la planta indicadora, con respecto a las tratadas con la solución completa, se observa que el suelo más deficitario fue huerta escarpado; mientras que por otro lado el cultivo de pasto muestra niveles casi óptimos, del nutriente en relación a la SC. Rodríguez y Rodríguez, (2011), manifiestan que los componentes del suelo como los óxidos y los carbonos reducen la disponibilidad del Cu.

- **Solución – Mn**

En la solución nutritiva menos manganeso, las alturas fluctuaron entre 39,2 para los suelos del S2 (cacao plano), S3 (bambú plano) y 49,5 cm para el S4 (bambú escarpado); correspondientemente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,07:1; 1,33 y 1,24:1.

En Cucaracha se observó la existencia de deficiencia de Mn, sobre todo el cultivo de cacao el mismo que por lo visto es exigente en Mn.

Oliveira *et al.* (2006), manifiesta que al decrecer el valor del pH y bajar el potencial redox, aumenta la concentración de iones de Mn^{2+} disponible para las plantas en la solución del suelo. En Cucaracha se presenta un potencial redox bajo, mismo que se presenta cuando hay un contenido pobre de oxígeno en el suelo (compactación del suelo, inundación y estancamiento de agua en los horizontes superficiales debido a la baja infiltración del agua en horizontes inferiores endurecidos), producto de la constante actividad ganadera.

▪ **Solución – B**

En la solución nutritiva carente de boro los valores promedio de altura de la planta indicadora se situaron entre 33,0 y 50,3 cm, en los suelos S3 (bambú plano) y S4 (bambú escarpado); en su orden.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,58:1 y 1,22:1.

No se nota claramente que existe déficit de este elemento. Pero este déficit en cierto grado se le atribuye al uso del monocultivo y extracción de nutrientes del mismo, el sistema de producción no permite la reincorporación natural de este elemento, y además a esto se suma las fuertes precipitaciones a las cuales están sometidos estos suelos.

El boro adsorbido a las partículas del suelo se ve afectado por los componentes del suelo (los minerales arcillosos, los óxidos sueltos y la materia orgánica) y también por otros factores como el tipo y la concentración de las sales en el suelo, el pH y la temperatura (FAGRO , 2010).

▪ **Solución – Fe**

En la solución nutritiva –Fe los valores oscilaron entre 36,3 y 44,7 cm para los suelos S1 (huerta escarpado) y S6 (pasto plano); concernientemente.

Todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,56:1 y 1,10:1.

Se observó poca diferencia significativa entre las medias de la planta indicadora –Fe, con relación a la solución completa. El tratamiento que presento la mayor sintomatología de deficiencia fue la huerta escarpada denotándose que existe un desgaste de este nutriente en estos suelos, complemento a ello los problemas por lixiviación. Sánchez (2007), manifiesta que este elemento está presente en grandes cantidades en los suelos, pero su disponibilidad para las plantas es generalmente muy baja. Por otro lado

ponemos sumar a lo indicado que se trata de una zona que recibe altas precipitaciones, lo que provoca problemas de lixiviación.

En el Anexo 6 se presenta el resumen del ADEVA para los valores de la altura de la planta indicadora a los 50 días de edad en el predio Cucaracha. En éste se evidencia diferencia significativa para los factores: soluciones nutritivas y usos del suelo y para las interacciones soluciones nutritivas. El coeficiente de variación corresponde al 21,34 %, lo cual indica dispersión heterogénea de los valores de la variable en relación con su media.

En los usos de suelo se observó que el grupo de suelos S1-S2-S3-S5-S6-S7 y S8 (huerta escarpado, cacao plano, bambú plano, teca escarpado, pasto plano, pasto colinado, pasto escarpado) son estadísticamente iguales, pero difieren del S4 (bambú escarpado) el mismo que aumentó significativamente en relación a los otros usos de suelo, con la mayor altura con 40,7 cm (Figura 20). Este aumento se atribuye en si a las propiedades químicas, que se ubican en un pH_{H_2O} que va de ácido para el horizonte Ap y ligeramente ácido para el horizonte Bw, una acidez total ($Al^{3+} + H^+$) en un rango medio, una CIC en un rango muy alta. Sumado a ello las características físicas en una clase Muy buena para el horizonte Ap, donde las raíces son pocas y finas que se extienden hasta 120 cm; bien drenado. Cabe destacar que el bambú ayuda a fijar el suelo y regulada el escurrimiento. Además la abundante defoliación anual forma un esposo mantillo bajo las plantas, gracias a esta capa de mantillo se conserva la humedad, lo que contribuye a que se produzcan condiciones favorables para la constitución de un buen suelo, el cual favorece el desarrollo normal de la planta.

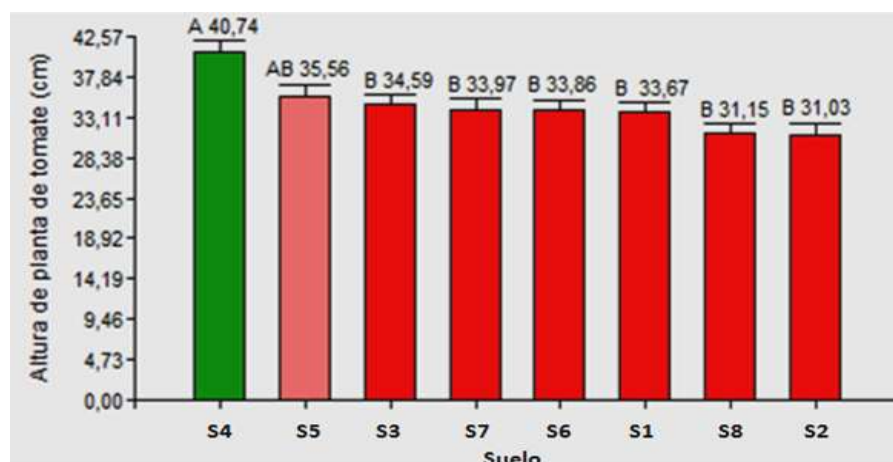


Figura 4.20. Promedio y prueba de Tukey al 5%, para la altura de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor uso del suelo. Cucaracha, 2013.

En la Figura 4.21 se evidencia que la SC con 51,0 cm aumento significativamente en relación a las demás soluciones nutritivas en las que se ha suprimido uno de los elementos esenciales. Los elementos -Cu, -Fe, -B, -Zn, -Mg y -Mn son estadísticamente iguales. Las soluciones -S, -K, -N y -P cm, son los elementos con menor disponibilidad en los suelos del predio Cucaracha.

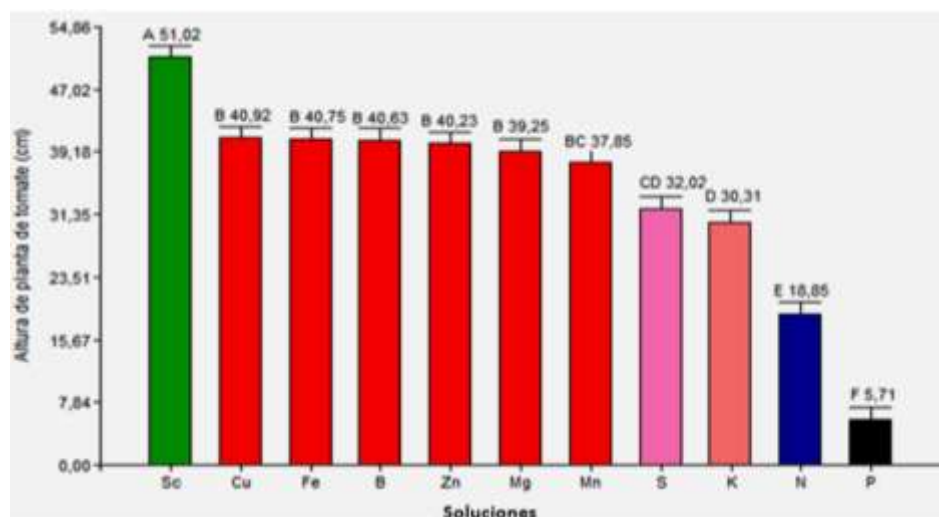


Figura 4.21. Prueba de Tukey para la altura de la planta indicadora a los 50 días de edad, para el factor soluciones. Cucaracha, 2013.

4.2.2.2. Aspecto de la planta indicadora

En la figura 4.22 se observa la apariencia del estado de crecimiento de tres unidades de suelo del predio Cucaracha, el S2 (cacao plano), el S8 (pasto escarpado) los que presentaron las peores características, mientras el S4 (bambú escarpado) presentó el mejor aspecto. En cada imagen se observa de izquierda a derecha las siguientes soluciones: SC, -N, -P, -K, -Mg, -S, -Zn, -Cu, -Mn, -B y -Fe.

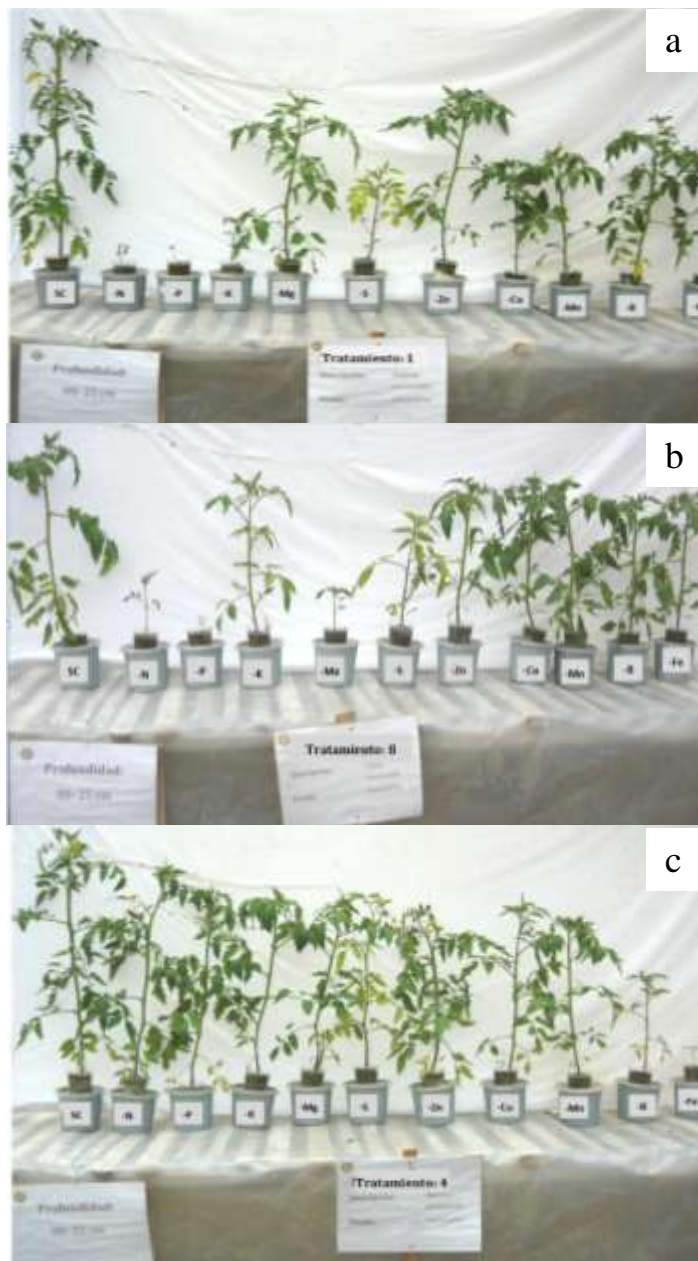


Figura 4.22. Vista general de las unidades de suelo cacao plano (a), pasto escarpado y bambú escarpado (b) (00-25 cm), a los 50 días del predio Cucaracha, 2013.

En la Figura 4.22, se puede evidenciar que la solución completa muestra la mejor apariencia y principales deficiencias son en fósforo, nitrógeno siguiéndole potasio y azufre.

La deficiencia de N se caracterizó porque las plantas se mostraron de un crecimiento lento, delgadas y achaparradas; típicamente con un color verde claro a amarillas en el follaje, concordando por lo manifestado por Rodríguez y Rodríguez, (2011).

La deficiencia de fosforo se caracterizó por un retardo en el crecimiento, las raíces se desarrollan poco y se produce enanismo en hojas y tallos; además se observó una coloración purpura. Puesto que el P es móvil en la planta, el síntoma de deficiencia ocurre en los tejidos más viejos (Hernández, 2002).

La principal sintomatología por deficiencia de potasio observada en la planta indicadora concuerda con lo manifestado por Padilla (2007), donde existió un amarillamiento que se manifiesta primeramente en los ápices y márgenes foliares adultos, continuando luego hacia el centro o base de la hoja.

En la deficiencia de azufre se observó que la lámina foliar se torno uniformemente amarilla o clorótica; presentándose la deficiencia primeramente en hojas jóvenes, ya que este elemento no se redistribuye fácilmente de las hojas viejas hacia las maduras, concordando con lo manifestado por Hernández, (2002).

4.2.2.3. Materia Seca de la Planta Indicadora

En el cuadro 4.6 se exponen los valores concernientes al peso de materia seca del predio Cucaracha, de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* Mill. cortadas a los 50 días. Los resultados son el promedio de tres repeticiones por solución nutritiva. Se notan valores que oscilan entre 0,01 para -P, en los suelos S2 (cacao plano), S3 (bambú plano), S4 (bambú escarpado), S5 (teca escarpado), S6 (pasto plano), S7 (pasto colinado) y 17,07 para la SC del suelo S7 (pasto colinado); respecto a los tratamientos de suelo los valores oscilan entre 7,05 y 9,24 g para los suelos S3 (bambú plano) y S4 (bambú escarpado).

Cuadro 4.6. Materia seca de la planta indicadora (g) a los 50 días de edad, en soluciones y suelos de los diferentes tratamientos, del predio Cucaracha, 2013.

Solución	Tratamiento								\bar{X}
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
Sc	13,71	12,62	12,72	15,63	10,93	12,71	17,07	13,95	13,67
N	1,1	2,32	1,27	1,83	1,26	1,55	0,66	2,66	1,58
P	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
K	2,16	3,91	5,99	9,15	4,6	4,47	5,68	8,22	5,52
Mg	12,37	7,07	12,31	14,09	10,23	10,29	12,3	8,53	10,90
S	3,04	4,28	4,68	4,49	4,19	7,28	5,13	6,36	4,93
Zn	11,97	9,97	6,56	9,16	10,26	11,32	9,31	14,61	10,40
Cu	8,67	12,94	8,6	11,03	10,96	13,47	11,13	11,15	10,99
Mn	17,55	11,67	9,23	12,59	6,36	13,02	6,95	12,22	11,20
B	15,51	8,35	6,58	11,64	10,36	10,55	7,28	11,57	10,23
Fe	6,34	13,65	9,65	11,97	13,09	14,3	9,93	11,93	11,36
\bar{X}	8,41	7,89	7,05	9,24	7,48	9,00	7,77	9,20	8,25

- **Solución –N**

En la solución nutritiva –N, los valores oscilaron entre 0,66 y 2,66 g, para los suelos S7 (pasto colinado) y S8 (pasto escarpado).

Todas las plantas presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –N es 8,65:1.

Sobre el S7 se observa que los pastos han absorbido el N imprescindible para el desarrollo de la planta. Las constantes lluvias a las que son expuestos en determinada época del año son la causa principal de la deficiencia de nitrógeno, el cual es lavado o lixiviado, disminuyendo considerablemente la fertilidad del suelo.

- **Solución –P**

En la solución nutritiva carente de fósforo los valores promedio de materia seca de planta, los valores fluctuaron entre 0,01 para los suelos S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 (cacao plano, bambú plano, bambú escarpado, teca escarpado, pasto plano, pasto colinado, pasto escarpado) y 0,07 g para el S1 (huerta escarpado).

La todas las plantas -P presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –P es 683,5:1.

Se observó claramente que todos los suelos en estudio son deficientes en P a excepción del S1, que también presenta un peso seco muy bajo, en relación a la SC. A pesar de ser suelos profundos, estas características nos contribuyen a que sus características químicas mejoren y que exista una alta disponibilidad del elemento.

- **Solución –K**

En solución nutritiva –K los valores promedio de peso de materia seca fluctuaron entre 2,16 y 9,15 g para los suelos S1 (huerta escarpado) y S4 (bambú escarpado), en su orden.

Todas las plantas -K presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –K es 2,47:1.

En suelos con pendiente pronunciada, sumado a ello la compactación por actividades ganaderas, hacen que en la época invernal, el agua, al escurrirse, quite partículas y nutrientes al suelo y los transporte a las zonas bajas, observándose deficiencias de K, en este caso en el bambú.

- **Solución –Mg**

En la solución –Mg los valores promedio de materia seca se encontraron entre 7,07 y 14,09 g de los suelos S2 (cacao plano) y S4 (bambú escarpado), en su orden.

En la solución –Mg todos los tratamientos presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Mg es 1,25:1.

El cultivo de bambú presentó deficiencias de este elemento, es así que en suelos con pendiente pronunciada y complementario a ello la compactación por actividades ganaderas, provoca que en época invernal, el agua, al escurrirse, quite partículas y nutrientes al suelo y los transporta a las zonas bajas.

- **Solución –S**

Para la solución nutritiva –S los valores promedio de materia seca oscilaron entre 3,04 y 7,28 g para los suelos S1 (huerta escarpado) y S6 (pasto plano), correspondientemente. En los suelos S2, S3, S4 y S5 (cacao plano; bambú plano, bambú escarpado y teca escarpado) se observó una ligera diferencia de pesos de materia seca con valores que fluctúan entre 4,28; 4,68; 4,49 y 4,19 g.

Todos los tratamientos presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –S es 2,77:1.

El uso del suelo ha influenciado mucho sobre el desgaste del S, ya que por muchos años ha existido una explotación de los distintos frutales (huerta escarpado), además cabe recalcar que el S es un elemento que se lixivia fácilmente, producto de las altas precipitaciones.

- **Solución –Zn**

En la solución nutritiva sin zinc los valores promedio de materia seca oscilaron entre 6,56 y 11,97 g para los suelos S3 (bambú plano) y S1 (huerta escarpado), en su orden. En los suelos S1 y S6 (huerta escarpado y pasto plano) se observa una ligera diferencia de pesos de materia seca con valores oscilan entre 11,97 y 11,32 g.

Todos los suelos presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Zn es 1,31:1.

El uso del suelo también ha influenciado sobre el desgaste nutricional del suelo, es así que por muchos años la intensa actividad ganadera ha jugado un papel sobre la disponibilidad de ciertos elementos, en este caso el Zn; no está de más destacar los problemas por lixiviación.

- **Solución –Cu**

En la solución nutritiva – Cu, los valores promedio de biomasa seca oscila entre 8,67 y 13,47 g, para los suelos S1 (huerta escarpada) y S6 (pasto plano), en su orden. En los suelos S1 (huerta escarpado) y S3 (bambú plano) se observó una ligera diferencia en el peso de materia seca de 8,67 y 8,60 g.

En todos los pesos de la solución –Cu, se observa un menor peso frente a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Cu es 1,24:1.

El uso del suelo ha influenciado mucho sobre el desgaste del Cu, ya que por muchos años ha existido una explotación de los distintos frutales (huerta escarpado), recalquemos las pérdidas producto de las altas precipitaciones, lo que ocasiona lixiviación.

- **Solución –Mn**

En la solución nutritiva carente de manganeso se observan valores de materia seca que fluctúan entre 6,36 y 17,55 g para los suelos S5 (teca escarpado) y S1 (huerta escarpado), en su orden. En los suelos S5 y S7 (teca escarpado y pasto colinado) que son los que posee el menor peso de materia seca se observa una ligera diferencia (6,36 y 6,95 g).

Todos los suelos en solución –Mn presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Mn es 1,22:1.

Es importante puntualizar que los suelos del predio Cucaracha, no presentaron síntomas notorios de deficiencia en Mn, sin embargo encontramos una ligera deficiencia de peso de materia seca en relación a la Sc, la misma que se explica que estos suelos han sufrido la pérdida de este elemento por lixiviación debido clima tan lluvioso en que se encuentran expuestos en época invernal.

- **Solución –B**

En la solución nutritiva carente de boro, los valores promedio de peso de materia seca se encontraron entre 6,58 y 15,51 g para los suelos S3 (bambú plano) y S1 (huerta escarpado); en su orden.

Todas plantas de los tratamientos de la solución –B presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –B es 1,33:1.

Es importante destacar que el B no es un elemento muy deficitario sobre los suelos del predio Cucaracha, sin embargo se observó el menor peso seco de la planta

indicadora, en el suelo perteneciente a bambú plano, que demuestra que si es un elemento indispensable en el desarrollo de este cultivo.

▪ Solución –Fe

En la solución nutritiva –Fe, los valores promedio de materia seca fluctuaron entre 6,34 y 14,30 g para los suelos S1 (huerta escarpado) y S6 (pasto plano); respectivamente.

Todos los suelos carentes de Fe presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –Fe es 1,20:1.

Se deduce que el Fe, es un elemento que no presenta un déficit sobre cada uno de los suelos, sin embargo el bajo peso de materia seca en la planta indicadora en el S1 se atribuye a los requerimientos nutricionales de la diversidad de cultivos y a la pérdida del elemento por causa de las intensas precipitaciones.

En el Anexo 8 se presenta el resumen del ADEVA de los valores de la biomasa seca de la planta indicadora a los 50 días de edad en el predio Cucaracha. En éste se evidencia diferencia significativa para los factores: soluciones nutritivas y usos de suelo y la interacción soluciones nutritivas y usos del suelo. El coeficiente de variación corresponde a 33,74 %, lo cual indica dispersión muy heterogénea de los valores de la variable en relación con su media.

En la figura 4.23, se observa que el peso seco de la planta de tomate en los grupos de suelos: S4 (bambú escarpado), S8 (pasto escarpado), S6 (pasto plano), S1 (huerta escarpado), S2 (cacao plano), S7 (pasto colinado) y S5 (teca escarpado) son estadísticamente iguales, siendo los dos primeros los que presentan las mayores pesos de biomasa seca (9,24 y 9,20 g). El S3 (bambú plano) difiere de todos los suelos anteriores ya que presentó el menor peso (7,05 g). Se deduce que en el S3, según los análisis físicos, existe un potencial redox bajo, se observa que el límite inferior del horizonte Ap (categoría pobre) y el comienzo de Bw (muy pobre) hay unas pequeñas manchas de color pardo rojizo. Hay un contenido pobre de oxígeno en el suelo ya que existe compactación, inundación y estancamiento de agua en los horizontes superficiales debido a la baja infiltración del agua en horizontes inferiores endurecidos. Sin embargo entre las propiedades químicas, destaquemos que pH_{H_2O} se ubica en un rango ligeramente ácido, una acidez total ($Al^{3+} + H^+$) en un rango medio, una CIC en un rango muy alta.

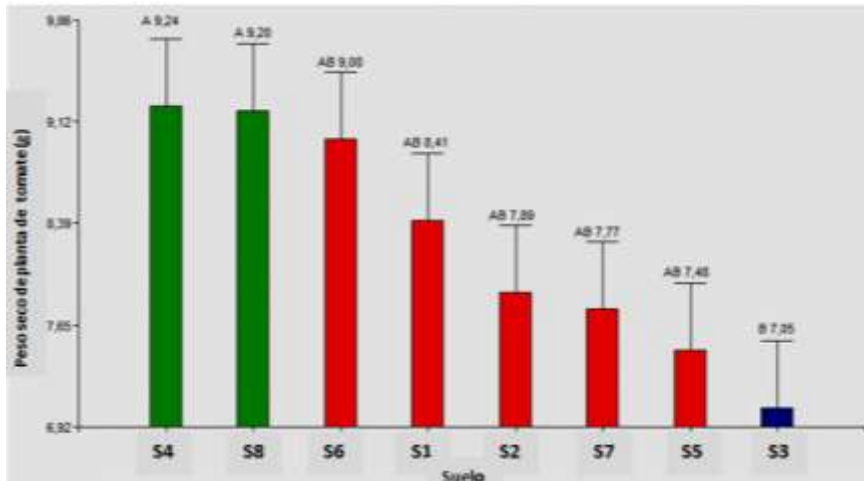


Figura 4.23. Promedio y prueba de Tukey al 5%, para el peso materia seca, de planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor uso de suelo, predio Cucaracha, 2013.

En la Figura 4.24, se observa que la SC aumento significativamente en relación a las demás soluciones nutritivas, en las que se ha suprimido uno de los elementos esenciales. Las soluciones de -Fe, -Mn, -Cu, -Mg, -Zn, y -B son estadísticamente iguales.

Los valores mayores de pesos de plantas fueron de 13,67 g, 11,36 g y 11,2 g correspondiente a las solución Sc, -Fe y -Mn, respectivamente y los menores pesos que fueron de 5,52 g, 4,93 g, 1,58 g y 0,02 g en las soluciones -K, -S, -N y -P (elementos deficientes), respectivamente. Los nutrientes son extraídos en un orden de importancia es así que los macronutrientes sobresalen sobre los micronutrientes, demostrando que cada cultivo toma nutrimentos dependiendo de su variedad y época de desarrollo.

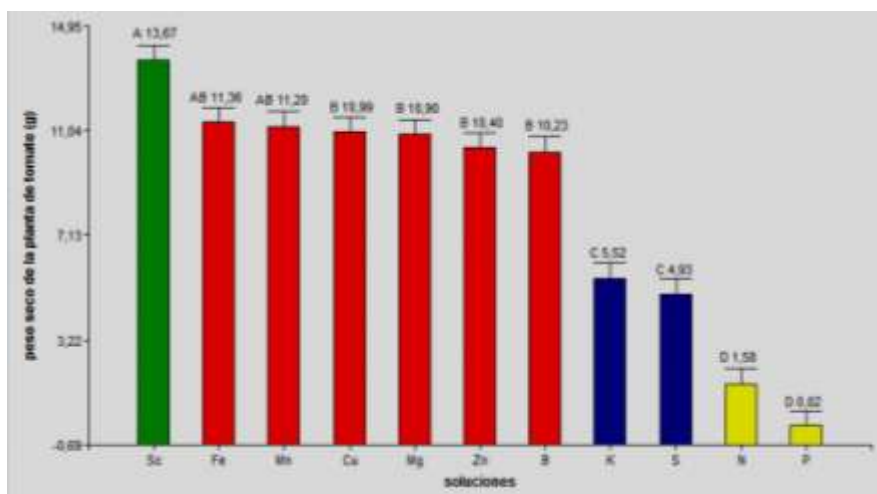


Figura 4.24. Promedio y prueba de Tukey al 5%, para el peso materia seca, de la planta de tomate a los 50 días de edad, para el factor soluciones, predio Cucaracha, 2013.

4.4. CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA Y LA EVALUACIÓN QUÍMICA

4.3.1. Predio Santa Marianita

En el Cuadro 4.7 se presentan los valores del coeficiente de correlación(r) entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora obtenidos en los suelos seis suelos de los tratamientos del predio Santa Marianita para las diferentes soluciones carentes de cada uno de los nutrientes y los correspondientes contenidos de la forma disponible del elemento extraído con la solución de Olsen Modificada y analizado en el laboratorio siguiendo los procedimientos rutinarios establecidos por la RELASE. Además, se muestra la probabilidad (valor p) asociado a la prueba de hipótesis de correlación nula entre las variables analizadas.

Cuadro 4.7. Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes (solución Olsen Modificado) de los seis tratamientos a 00-25 cm, predio Santa Marianita, 2013.

Análisis Biológico Peso Biomasa Seca	Análisis Químico Nutriente Disponible	Coefficiente de correlación (r)	P(>0,05)
- N	Nitrógeno	0,33	0,5261
- P	Fósforo	0,32	0,5358
- K	Potasio	0,45	0,3754
- Mg	Magnesio	-0,48	0,3338
- Fe	Hierro	0,35	0,4958
- Mn	Manganeso	0,15	0,7832
- Zn	Zinc	0,46	0,3583
- Cu	Cobre	0,14	0,7859

En el predio Santa Marianita los valores de r fluctúan entre -0,48 y 0,46; para los elementos -Mg y -Zn, respectivamente. Los elementos que presentan una correlación positiva son le -N, -P, -K, -Fe, -Mn, -Zn y -Cu, mientras que el elemento que presenta correlación negativa es el -Mg. La correlación entre los pesos de la biomasa seca y el valor del análisis químico no son significativas en las diferentes soluciones carentes de cada uno de los nutrientes .Por lo que se observó un coeficiente de correlación bajo.

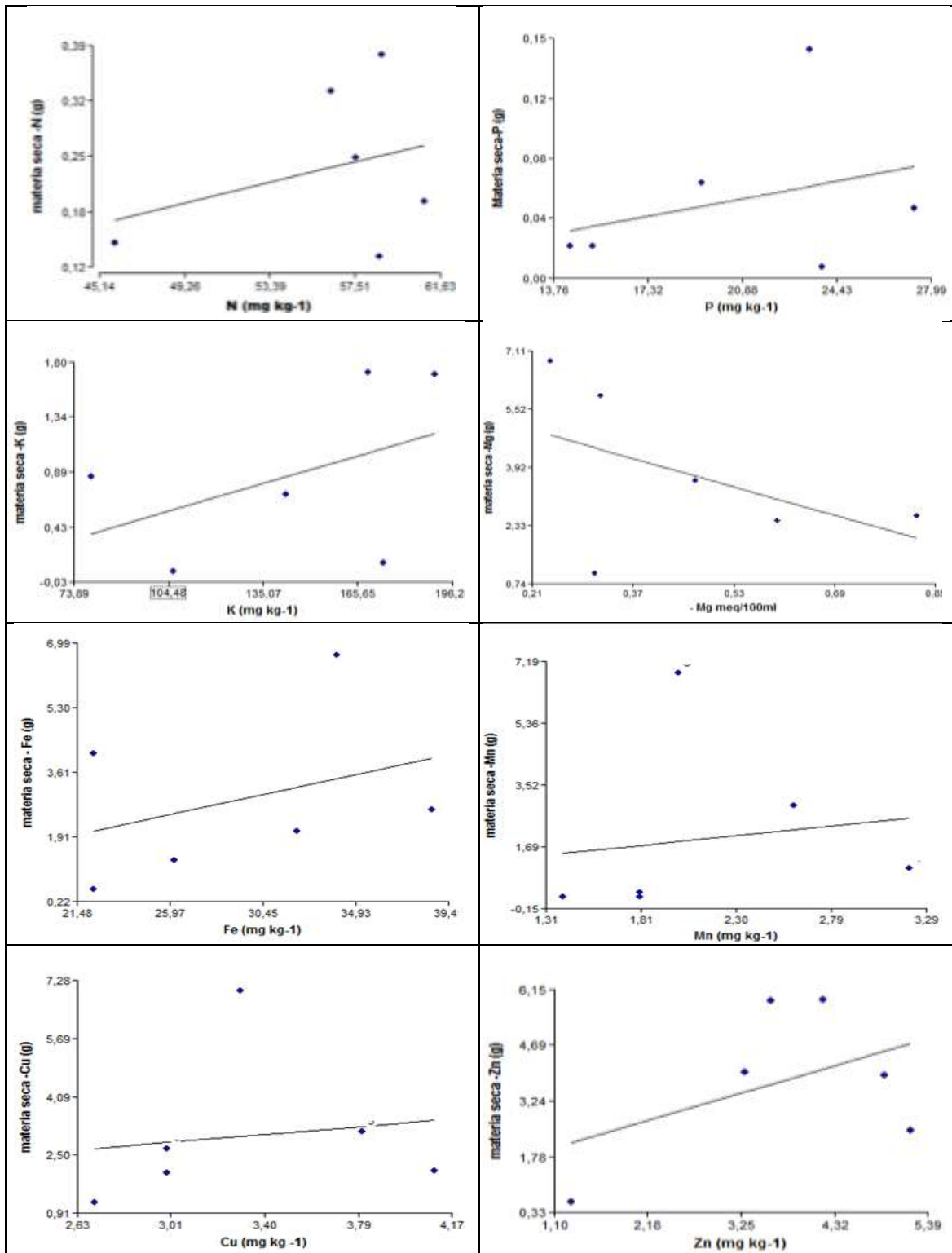


Figura 4.25. Diagramas de dispersión, en la correlación para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo del predio Santa Marianita, 2013.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de correlación (Cuadro 4.7) deducimos que el K, B, Zn fueron los únicos elementos que la solución extractora de Olsen Modificada logro extraer en buena proporción, en relación con la producción de biomasa seca de la planta indicadora tratada para este elemento. En el caso del P, N, Fe, no presentó correlación significativa 0,32; 0,33; 0,35, respectivamente.

Para los valores del análisis de correlación del Cu, Mn, la correlación es mínima entre los análisis químicos con la evaluación biológica ya que se encontraron coeficientes de correlación de 0,14; 0,15.

Sin embargo, la solución de Olsen Modificada al parecer no extrae eficientemente el Mg del suelo, en proporción similar al crecimiento de la planta indicadora en la evaluación biológica, por lo que la correlación es negativa.

4.3.2. Predio Cucaracha

En el Cuadro 4.8 se presentan los valores del coeficiente de correlación(r) entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora obtenidos en los ocho suelos de los tratamientos del predio Cucaracha para las diferentes soluciones carentes de cada uno de los nutrientes y los correspondientes contenidos de la forma disponible del elemento extraído con la solución de Olsen Modificada y analizado en el laboratorio siguiendo los procedimientos rutinarios establecidos por la RELASE. Además, se muestra la probabilidad (valor p) asociado a la prueba de hipótesis de correlación nula entre las variables analizadas.

Cuadro 4.8. Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes (solución Olsen Modificado) de los ocho tratamientos a 00-25 cm, predio Cucaracha, 2013.

Análisis Biológico Peso Biomasa Seca	Análisis Químico Nutriente Disponible	Coefficiente de correlación (r)	P(>0,05)
- N	Nitrógeno	0,36	0,3823
- P	Fósforo	-0,44	0,2790
- K	Potasio	-0,56	0,1461
- Mg	Magnesio	0,42	0,2968
- Fe	Hierro	0,01	0,9743
- Mn	Manganeso	0,28	0,4941
- Zn	Zinc	0,03	0,9528
- Cu	Cobre	0,11	0,7971

Los valores de r para el predio Cucaracha oscilan entre -0,56 y 0,42; para los elementos -K y -Mg, correspondientemente. Los elementos que presentaron una

correlación positiva son el -N, Mg, -Fe, -Mn, -Zn y -Cu, mientras que los elementos que mostraron correlación negativa es el -P y -K. La correlación entre los pesos de la biomasa seca y el valor del análisis químico no son significativos en las diferentes soluciones carentes de cada uno de los nutrientes. Se observó un coeficiente de correlación bajo.

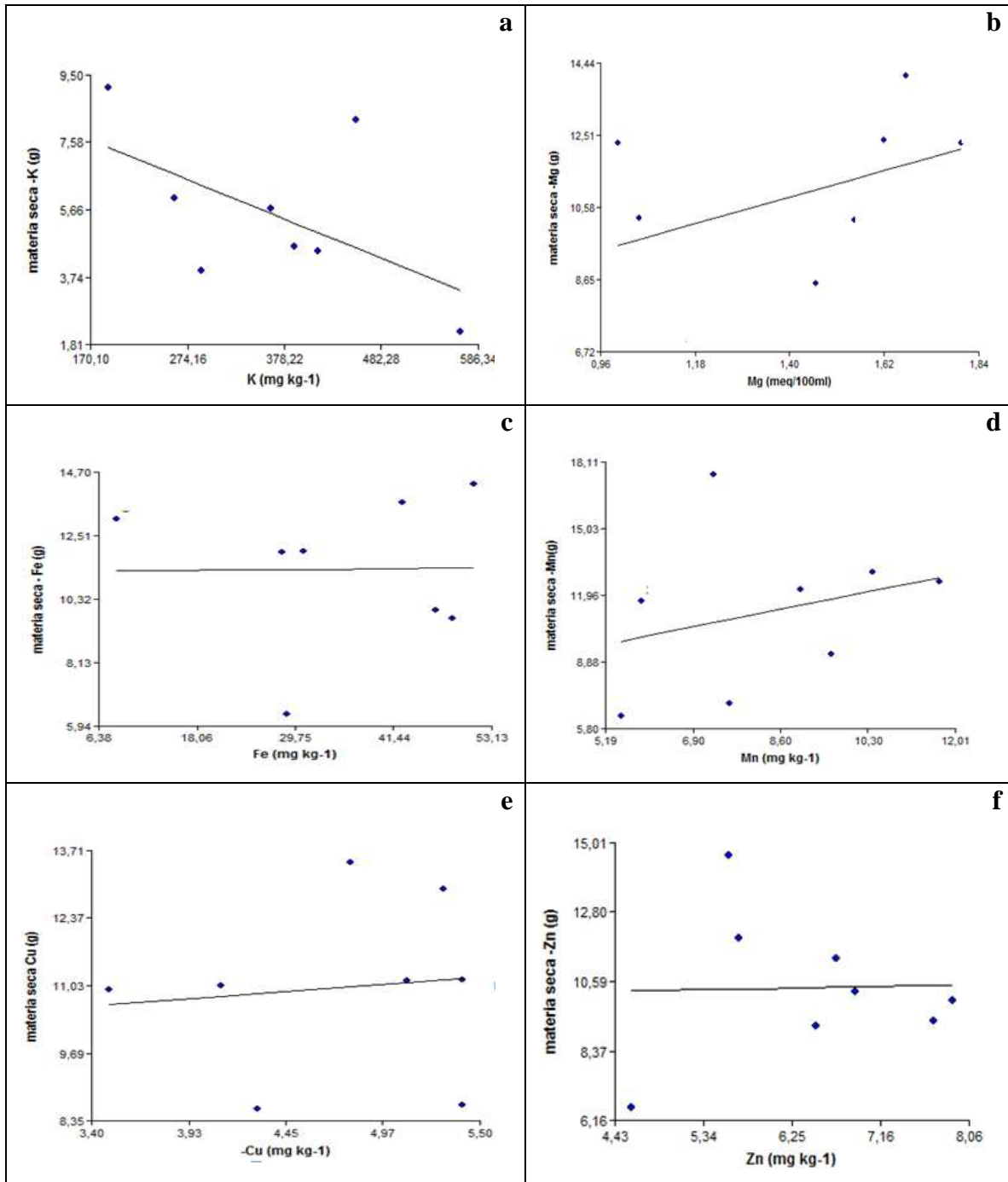


Figura 4.26. Diagramas de dispersión en la correlación de K (a), Mg (b), Fe (c), Mn (d), Cu (e) y Zn (f); para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo del predio Cucaracha, 2013.

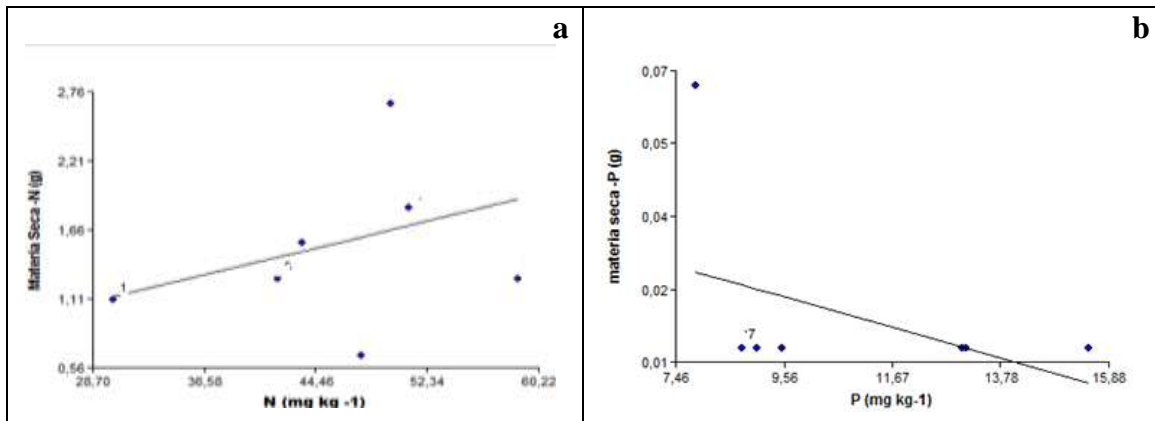


Figura 4.27. Diagramas de dispersión en la correlación de N (a) y P (b) para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo del predio Cucaracha, 2013.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de correlación (Cuadro 4.8) entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora de la evaluación biológica y los correspondientes contenidos de la forma disponible del elemento extraído con la solución de Olsen Modificada (análisis químico), el Mg fue el elemento que la solución extractora de Olsen Modificada logro extraer en buena proporción, en relación con la N, Mn, Cu, Zn y Fe los valores del análisis de correlación son bajos.

Sobre todo se destaca que la solución de Olsen Modificado al parecer no extrae eficientemente el K y P del suelo, en forma similar a la planta indicadora en la evaluación biológica, por lo que la correlación es negativa.

4.3.3. Correlación integrada de los dos predios

En el Cuadro 4.9. se presentan los valores del coeficiente de correlación (r) integradas, entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora obtenidos en los 14 unidades de suelos, del predio Santa Marianita y Cucaracha para las diferentes soluciones carentes de cada uno de los nutrientes y los correspondientes contenidos de la forma disponible del elemento extraído con la solución de Olsen Modificada y analizado en el laboratorio siguiendo los procedimientos rutinarios establecidos por la RELASE. Además, se muestra la probabilidad (valor p) asociado a la prueba de hipótesis de correlación nula entre las variables analizadas.

Cuadro 4.9. Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes (solución Olsen Modificado) de las 14 unidades de suelo a 00-25 cm, de predios Santa Marianita y Cucaracha 2013.

Análisis Biológico Peso Biomasa Seca	Análisis Químico Nutriente Disponible	Coefficiente de correlación (r)	P(>0,05)
- N	Nitrógeno	-0,29	0,3133
- P	Fósforo	0,45	0,1089
- K	Potasio	0,45	0,1036
- Mg	Magnesio	0,79	0,0008
- Fe	Hierro	0,28	0,3265
- Mn	Manganeso	0,81	0,0005
- Zn	Zinc	0,72	0,0040
- Cu	Cobre	0,73	0,0029

Los valores de r para las 14 unidades de suelo, oscilan entre -0,29 y 0,81; para los elementos -N y -Mn, correspondientemente. Los elementos que presentaron una correlación positiva son el -P, -K, -Mg, -Fe, -Mn, -Zn y -Cu, mientras que los elementos que presentan correlación negativa es el -N. La correlación entre los pesos de la biomasa seca y el valor del análisis químico no son significativos en las diferentes soluciones carentes de cada uno de los nutrientes. Se observó un coeficiente de correlación bajo, que va de bajo a alto.

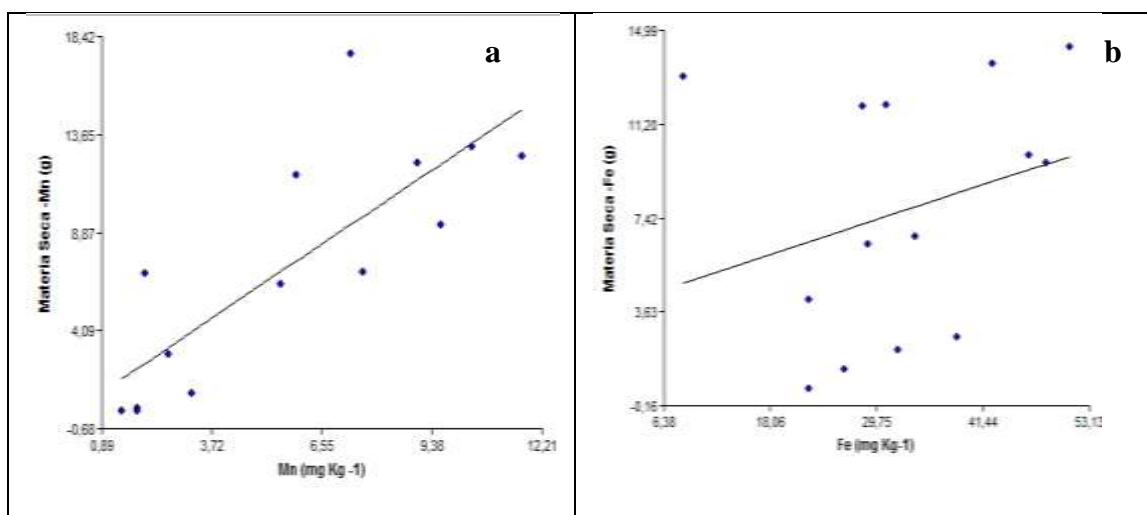


Figura 4.28. Diagramas de dispersión en la correlación integrada de Mn (a) y Fe (b) para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado en la evaluación química del suelo de los predios Santa Marianita y Cucaracha, 2013.

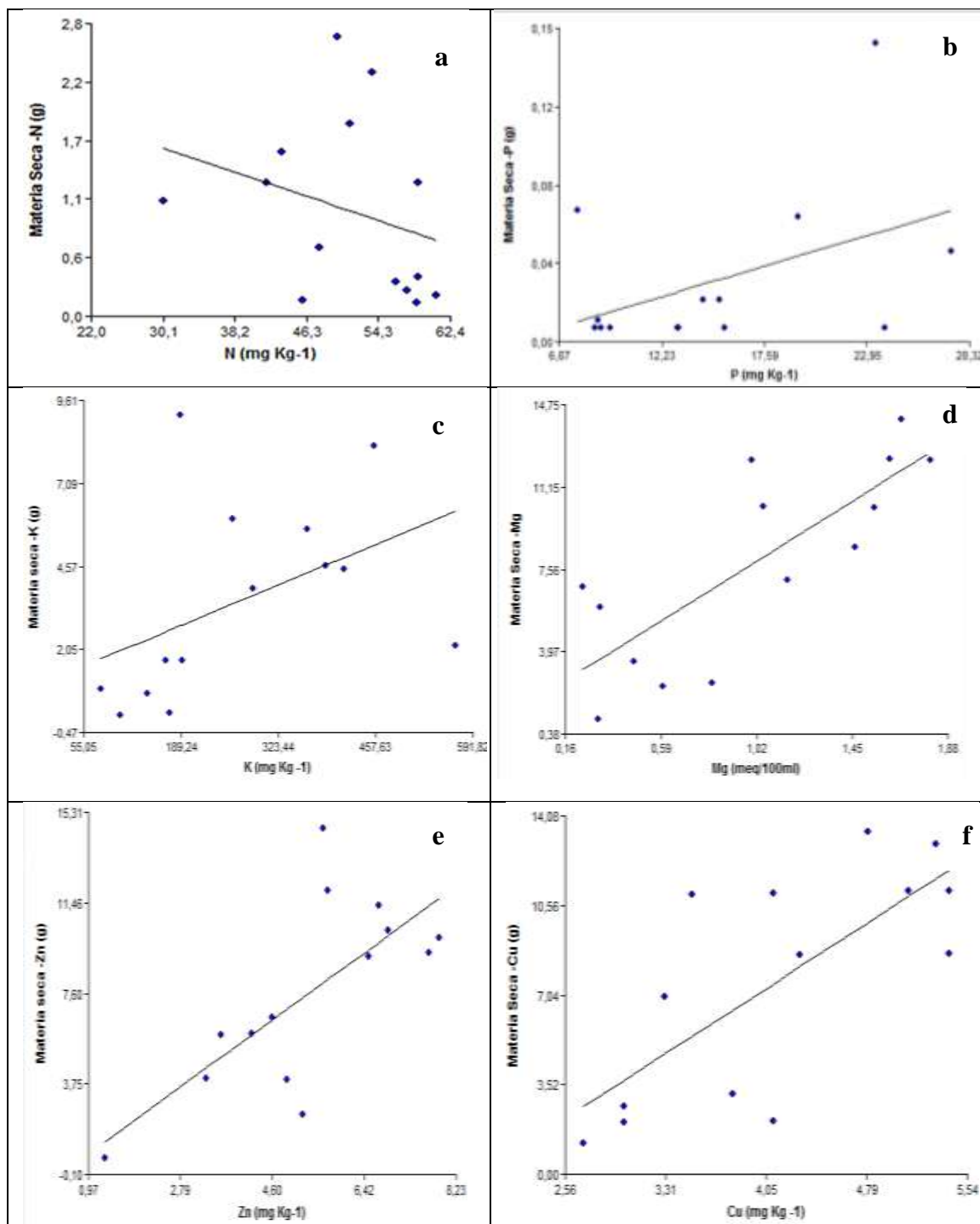


Figura 4.29. Diagramas de dispersión en la correlación integrada de N (a), P (b), K (c), Mg (d), Zn (e) y Cu (f); para el contenido de materia seca de la evaluación biológica y el nutriente extraído por Olsen Modificado, en la evaluación química del suelo de predios Santa Marianita y Cucaracha, 2013.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de correlación (Cuadro 4.9) entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora de la evaluación biológica y los correspondientes contenidos de la forma disponible del elemento extraído con la solución de Olsen Modificado (análisis químico), el Mg, Mn, Zn, Cu fueron los

elementos que la solución extractora de Olsen Modificada logro extraer en buena proporción, en relación con la producción de biomasa seca de la planta indicadora tratada para este elemento. El P y K fueron extraídos en menor proporción que los anteriores. En el caso del Fe y N, sus valores se ubican en una correlación baja e incluso negativa en el caso del nitrógeno.

Hay que destacar, que la solución de Olsen Modificada al parecer no extrae eficientemente el N, Fe, K y P, en forma similar a la planta indicadora en la evaluación biológica.

V. CONCLUSIONES

5.1. PREDIO SANTA MARIANITA

Características físicas, químicas y de fertilidad

- En tres de las seis unidades de suelo identificadas en el predio, las condiciones físicas del suelo en el horizonte superior (Ap) se ubicaron en el rango medio, a las unidades restantes les correspondió el rango de pobre.
- La reacción del suelo ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) en el horizonte Ap fue ácida en el 50% de las unidades; y, de mediana a ligeramente ácida en las restantes.
- La acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) se ubicó en el rango medio en el 50% de las unidades de suelo; y, en los rangos medio y bajo en las restantes.
- La CIC se ubicó en el rango alto y muy alto en el 83% de las unidades de suelo y medio en el 17% restante.
- Los contenidos disponibles (reportados por el laboratorio) de N se ubicaron en el rango alto, aquellos de P, Fe, Zn, B, K y Cu en el medio; y, los de Mg, Mn y S en el bajo.

Evaluación biológica de la fertilidad

- La planta indicadora evidenció que el P era el elemento más deficiente, seguido por el N, K, Mn y el S, no así para el Mg, Zn, Cu, B y Fe.
- En la unidad de suelo melina plano se registraron las mayores alturas y pesos de biomasa de la planta indicadora, los menores valores correspondieron a la unidad palma plano.

Correspondencia entre evaluación biológica y los contenidos nutricionales

- La correlación entre la biomasa seca de la planta indicadora versus los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución de Olsen Modificada reportados por el laboratorio, fue moderada para el K y Zn ($r =$

0,45 y 0,46, respectivamente), baja para el N, P, Fe, Mn y Cu; y, negativa para el Mg (-0,48).

5.2. PREDIO CUCARACHA

Características físicas, químicas y de fertilidad

- En cuatro de las ocho unidades de suelo identificadas en el predio, las condiciones físicas del suelo en el horizonte superior (Ap) se ubicaron en el rango pobre, a las unidades restantes les correspondió el rango de muy pobre.
- La reacción del suelo ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) en el horizonte Ap fue ligeramente ácida en el 50% de las unidades, medianamente ácida en el 37,5%; y, ácida en el 12,5%.
- La acidez cambiante ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) en el Ap de todas las unidades de suelo se ubicó en el rango medio, disminuyendo en el interior del perfil.
- La CIC se ubicó en el rango alto en todas las unidades del suelo y en las dos capas analizadas.
- Los contenidos disponibles (reportados por el laboratorio) de N, K y Cu se ubicaron en el rango alto, aquellos de Mg, Zn, B, Fe y Mn en el medio; y, los de S y P en el bajo.

Evaluación biológica de la fertilidad

- La planta indicadora evidenció que el P era el elemento más deficiente, seguido por el N, K y S, no así para el Mg, Zn, Cu, B y Fe.
- En la unidad de suelo bambú escarpado se registraron las mayores alturas y pesos de biomasa de la planta indicadora, los menores valores correspondieron a la unidad cacao plano.

Correspondencia entre evaluación biológica y los contenidos nutricionales

- La correlación entre la biomasa seca de la planta indicadora versus los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución de Olsen Modificada reportados por el laboratorio, fue media para el Mg ($r=0,42$), baja para Mn, N, Cu, Zn, Fe; y, negativa para el K y P ($-0,44$ y $-0,56$, respectivamente).

Correspondencia integrada de los dos predios

- La correlación entre la biomasa seca de la planta indicadora versus los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución de Olsen Modificada reportados por el laboratorio, fue elevada para el Zinc ($r=0,72$), Cu ($r=0,73$), Mg ($r=0,79$), Mn ($r=0,81$); media para P, K; baja para el Fe y negativa para el N ($-0,29$, respectivamente).

VI. RECOMENDACIONES

- La utilización de la solución extractora de Olsen Modificado merece ser revisada para el caso de los análisis químicos de laboratorio de los elementos disponibles que se realizan en el país, ya que los resultados de los análisis de laboratorio no guardan una aceptable correlación con aquellos de la evaluación biológica, en la perspectiva de establecer su validez, confiabilidad y aplicabilidad.

- Recomendar a la Red de Laboratorios de Análisis de Suelos del Ecuador (RELASE) pruebe diferentes soluciones extractoras para establecer la disponibilidad de los nutrientes en el suelo (suelos ácidos) y su correspondencia con diferentes métodos de evaluación biológica.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- 1) AGROESTRATEGIAS. 2012. Nutrición mineral de las plantas. MAIPÚ (En línea). Rosario, Argentina (Consultado noviembre 2013). Disponible en: <http://www.agroestrategias.com>.
- 2) ALVAREZ, D. 2011. El calcio en las plantas y sus beneficios. AGRITEC (En línea). Quito. Ecuador. (Consultado en noviembre de 2013). Disponible en: <http://www.agrytec.com>
- 3) ARIAS, M. 2008. Levantamiento predio Santa Marianita. "Marejal S.A.". Buena Fé, Ecuador. p. 1.
- 4) ASTURNATURA. 2013. Calculadora de coordenadas (En línea). 1p. Consultado en marzo 2013. Disponible en: <http://www.asturnatura.com>
- 5) AUCATOMA. B. 2012. Intercomparación en matrices de suelos y tejido vegetal de los laboratorios de RELASE. CINCAE. Cuenca, Ecuador. pp. 1-8.
- 6) BOLAN, N.; KANDASWAMY, K. 2005. pH. In: Hillel, D. (Ed.), Soils in the environment. Elsevier, Oxford, United Kingdom. pp. 197-202.
- 7) BORJA, M. 2009. Propuesta de desarrollo turístico en la parroquia Rosa Zárate, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. Tesis Ingeniería de Empresas Turística y Áreas Naturales. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Universidad Técnica Equinoccial. Campus Santo Domingo. p. 198.
- 8) BURNEO, P. 2012. Evaluación biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre andesita tratado con carbón vegetal, cal y nutrientes en el Sur de la Amazonia ecuatoriana. Tesis de Ing. Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. pp. 19-25.
- 9) CAJUSTE, L. 1986. "El fósforo aprovechable en los suelos", en Aguilar S., A., J. D. Etchevers B. y J. Z. Castellanos R., *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial No. 1. Chapingo, México. pp. 133-142.
- 10) CARRERA, G.; AUCATOMA. B.; VICUÑA. E. 2010. Ejercicio de intercomparación organizado por la red de laboratorios de análisis de suelos del Ecuador (RELASE). INIAP. Estación Experimental Litoral del Sur. Ecuador. XII Congreso de Ecuatoriano de la Ciencia de Suelos del Ecuador. UTE. Campus Santo Domingo. pp. 1-2.
- 11) CARRILLO, M.; CEDEÑO. J., ALDEAN. A., DAVILA. S. 2010. Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz. en Santo Domingo de los Colorados y Patricia Pilar. XII Congreso de Ecuatoriano de la Ciencia de Suelos del Ecuador. UTE. Campus Santo Domingo. pp. 1-8.
- 12) CASTRO, H.; GÓMEZ. M. 2003. El diagnóstico integral de la fertilidad del suelo a partir de indicadores analíticos. U.P.T.C. Tunja, Costa Rica. pp. 4-5.

- 13) DI RIENZO. J.; CASANOVES. F.; BALZARINI. M.; GONZALES. L.; TABLADA. M.; ROBLEDO. C. 2008. InfoStat. Versión 2008. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- 14) ESTRADA, J. 2004. Pastos y forrajes para el Trópico Colombiano. ASEUC. Manizales. Colombia. p.152.
- 15) FAGRO. 2010. Deficiencias de nutrientes (En línea). 1p. Consultado noviembre 2013. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy>
- 16) FITZ, P. 2011. Introducción a la ciencia del suelo. Trillas. México. México. p. 159.
- 17) GAINES, T.; MITCHEL, J. 1979. Chemical methods for soil and plant analysis. Tifton. University of Georgia. USA. p. 105.
- 18) GUAYLLAS, J.; VALAREZO. C. 1988. Estado nutricional de los suelos en Cañicapac y Ñamarin, mediante un método biológico. Tesis de Ing. Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 98
- 19) HERNÁNDEZ, R. 2002. Nutrición Mineral de las plantas. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Consultado 14 de enero de 2014. Disponible en <http://www.forest.ula.ve>
- 20) INIAP. 2013. Niveles de Interpretación de Análisis de Suelos. LSPA-EESC. Quito, Ecuador. p 1.
- 21) Villalta J., Quezada D. 2014. Efecto de las diferentes granulometrías de carbón vegetal y tensiones de humedad en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) bajo invernadero en la estación experimental la Argelia. Tesis Ing. Agrícola. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables.
- 22) KIRKBY, E.; RÖMBELD, V. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 68 (1). pp. 5, 6
- 23) LANLY, J. 2013. El suelo. FAO. Roma, Italia. Consultado 22 de noviembre de 2013. Disponible en <http://www.fao.org>
- 24) LOAIZA, G. 2013. Evaluación biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre granodiorita en el Sur de la Amazonia Ecuatoriana. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables. p. 108.
- 25) MCDONALD, L.; EVANGELOU, V.; CHAPPELL, M. 2005. Cation exchange In: Hillee, D. (Ed.), Soils in the environment. Elsevier, Oxford, United Kingdom. p. 181.

- 26) MENDOZA, O. 2013. Evaluación biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre arenisca cuarzosa, tratado con carbón vegetal, cal y nutrientes en San Francisco – El Panguí. c p. 126.
- 27) MERINO, J. s.f. Levantamiento planimétrico predio Cucaracha. Snt. Quinindé., Ecuador. 1 p.
- 28) OLIVEIRA, J.; AFIF, E.; MAYOR, M. 2006. Análisis de suelos y de plantas y recomendaciones de abonado. Universidad de Oviedo. Asturias, España. p. 53.
- 29) OPAZO, J.; FERNANDEZ, L.; Y CARRASCO. M. 1999. Ensayos biológicos en macetas con trébol subterráneo en suelos del secano costero. VI Región de Chile I. Metodología. Agricultura técnica (Chile). 59: 223-232
- 30) PADILLA, W. 2007. Manejo de la química y fertilidad de los suelos. Clínica Agrícola. Quito, Ecuador. Ed. 4. 327 p.
- 31) PADILLA, W. 2009. Métodos químicos para el análisis de suelos y foliar (en línea). Consultado 8 de diciembre de 2013. Disponible en <http://www.clinica-agricola.com>
- 32) PALOMINO, A. 2010. Manual Agricultura Alternativa. LEXUS, editores. Bogotá, Colombia. p. 65.
- 33) PARKER, D. 2005. Aluminum speciation. In: Hillel, D. (Ed.), Soils in the environment Elsevier, Oxford, United Kingdom. p. 50.
- 34) RAMOS, N. 2003. Evaluación del fósforo extraído con dos soluciones extractoras en 19 suelos del altiplano occidental de Guatemala. Tesis de Ing. Agr. San Carlos, Guatemala. Facultad de Agronomía. Universidad San Carlos de Guatemala. p. 119.
- 35) RODRÍGUEZ, H.; RODRÍGUEZ, J. 2011. Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación. Mundi prensa. México, México. 2da ed. p. 239
- 36) ROSAS, A. 2011. “Determinación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea y en el suelo en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.F.) en el cantón Quinindé”. Tesis Ing. Gestión Ambiental. Quevedo, Ecuador. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. p. 64
- 37) SÁNCHEZ, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A (en línea). Consultado 12 de enero de 2014. Disponible en: <http://www.agronegociosperu.org>
- 38) SANCHO, F.; CORDERO, A. 1984. Evaluación de la fertilidad de diez suelos de Pacífico seco de Costa Rica mediante la técnica del elemento faltante o aditivo. Agronomía Costarricense 8 (2):111-118.

- 39) SCHENKEL, G., BARHERLE, P. 1982. Identificación micronutrientes deficientes con ensayos de macetas. Método empleado con *Trifolium pratense*. Agricultura Técnica (Chile) 42(3): 199-201.
- 40) SMART. 2012. Nutrición Vegetal. USA (en línea). 1 p. Consultado 16 de noviembre de 2013. Disponible en: <http://www.smart-fertilizer.com>
- 41) SORIANO, M. 2004. Prácticas de diagnóstico y fertilidad de suelos. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. p. 123.
- 42) SUÁREZ, A., CALVACHE, M., JARAMILLO, R., MORALES, R. 2010. RECUPERACIÓN DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.) BAJO ESTRÉS POR DESBALANCE CATIONICO DE Ca, Mg y K CON EL USO DE DIFERENTES FUENTES DE Mg y K. LA CONCORDIA. XII Congreso de Ecuatoriano de la Ciencia de Suelos del Ecuador. UTE. Campus Santo Domingo. pp. 1-7.
- 43) TAIZ, L.; ZEIGER, L. 2006. Fisiología vegetal. Universitat Jaume-I. Sunderland. c. 1ra Ed. p. 120.
- 44) UNAL. 2013. Nutrición Mineral en las Plantas. Dirección Nacional de innovación Académica. Bogotá. Colombia (en línea). Consultado 19 de noviembre de 2013. Disponible en <http://www.virtual.unal.edu.co>
- 45) USDA. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Departament of Agriculture. Washington, United States. Eleventh Edition. p. 939.
- 46) VALAREZO, L. 2013. Influencia del uso de la tierra en la pendiente del terreno, sobre comportamiento hidrodinámico del suelo, en el sistema de riego solo en el Cantón Loja. Maestría en Riego Comunitario Andino. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. p.70.
- 47) VALAREZO, C.; INIGUEZ, M.; GUAYA, P.; VALAREZO, L. 1998. Condiciones físicas de los suelos de la región Sur del Ecuador. Una guía para proyectos de riego, drenaje, manejo y conservación de suelos. Loja, Ecuador. Ed. Universitaria. p. 227
- 48) VÁSCONEZ, G.; PINOCHET, D. 2012. Parámetros de fertilidad fosforada en suelos Ecuatorianos. XIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. SECS. Cuenca, Ecuador. pp. 1-10
- 49) VERA, R. 2003. Perfiles por país del recurso pastura/forraje en Ecuador. FAO. Quito, Ecuador. Consultado, diciembre 2013. Disponible en <http://www.fao.org>.
- 50) VILLALTA, J.; QUEZADA, D. Efecto de las diferentes granulometrias de carbón vegetal y tensiones de humedad en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) bajo invernadero en la estación experimental la Argelia. Tesis Ing. Agrícola. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de perfiles de las unidades de suelo en predio Santa Marianita y Cucaracha.

Anexo 1.1. Descripción de perfil unidad palma plano. Predio Santa Marianita.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: P1SM **Fecha:** 30/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo y José Salinas **Sitio:** Santa Marianita, Los Ríos

Altitud (m.s.n.m.): 185 **Coordenadas:** 673747 E; 9930865 N **Pendiente:** 0 %

Paisaje: planicie **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** cima

Uso Actual o cobertura vegetal: palma

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol;

Descripción individual de los horizontes o capas P1SM:

Ap 00 – 20 cm	Castaño oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granular y subangular medios y finos moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces abundantes, medias y finas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
AE 20- 40 cm	Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, medios y finos, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y muchas; sin reacción al HCl diluido; brusco y plano.
Bt 40 - 60 cm	Castaño muy oscuro (7.5YR 2.5/3) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, muy plástico, friable en húmedo, raíces finas, pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
BC 60-80 cm	Castaño muy oscuro (7.5YR 2.5/2) en húmedo; franco limoso al tacto; estructura subangulares, medios y finos, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
C 80-120 cm	Castaño muy oscuro (7.5YR 2.5/2) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura); adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.2. Descripción de perfil unidad palma colinado. Predio Santa Marianita.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: P2SM **Fecha:** 29/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Santa Marianita, Los Ríos

Altitud (m.s.n.m.): 176 **Coordenadas:** 672057 E; 9930985 N **Pendiente:** 18 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: palma

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas P2SM:

- Ap 00 – 35 cm **Castaño oscuro** (7.5YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces pocas, medias y finas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- Bw1 35- 60 cm **Pardo oscuro** (10YR 3/3) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- Bw2 60 - 90 cm **Castaño amarillento oscuro** (10YR 3/4) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, raíces pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- C 90-120 cm **Castaño amarillento oscuro** (10YR 3/4) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura); ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.

Anexo 1.3. Descripción de perfil unidad melina plano. Predio Santa Marianita.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: P3SM **Fecha:** 30/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Santa Marianita, Los Ríos

Altitud (m.s.n.m.): 173 **Coordenadas:** 673665 E; 9930926 N **Pendiente:** 0 %

Paisaje: planicie **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** cima

Uso Actual o cobertura vegetal: melina

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol;

Descripción individual de los horizontes o capas P3SM:

- Ap 00 – 20 cm **Castaño grisáceo muy oscuro** (10YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura masivo; adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces abundantes, finas, medias; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- AE 20- 40 cm **Pardo oscuro** (10YR 3/3) en húmedo; franco al tacto; estructura subangulares, medios, débil; adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; neto y plano.
- BW 40 - 60 cm **Castaño oscuro** (7.5YR 3/3) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo, raíces finas, pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- BC 60-80 cm **Pardo oscuro** (10YR 3/3) en húmedo; franco limoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- C 80-120 cm **Pardo oscuro** (10YR 3/3) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura); ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.4. Descripción de perfil unidad melina escarpado. Predio Santa Marianita.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: P4SM **Fecha:** 29/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Santa Marianita, Los Ríos

Altitud (m.s.n.m.): 150 **Coordenadas:** 672650 E; 9930860 N **Pendiente:** 43 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: melina

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No_____ cm fluctuación No_____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Alfisol

Descripción individual de los horizontes o capas P4SM:

- Ap 00 – 21 cm **Castaño muy oscuro** (7.5YR 2.5/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, pequeños, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces pocas y finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- Bt 21- 70 cm **Castaño oscuro** (7.5YR 3/3) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, grandes y medios, moderadamente desarrollados; muy adherente, muy plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- BC 70 - 100 cm **Castaño oscuro** (7.5YR 3/4) en húmedo, franco arcilla limoso al tacto; estructura subangulares, medios y finos, moderadamente desarrollados; muy adherente, muy plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- C 100-120 cm **Pardo amarillento oscuro** (10YR 4/4) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura); muy adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.5. Descripción de perfil unidad teca escarpado. Predio Santa Marianita.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: P5SM **Fecha:** 29/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Santa Marianita, Los Ríos

Altitud (m.s.n.m.): 187 **Coordenadas:** 673307 E; 9930883 N **Pendiente:** 47 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: teca

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm **Afloramientos rocosos:** No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No_____ cm fluctuación No_____ cm

Presencia de Sales o Álcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol;

Descripción individual de los horizontes o capas P5SM:

- Ap 00 – 20 cm **Castaño muy oscuro (7.5YR 2.5/2)** en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granular, finos, ligeramente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces abundantes, medias y finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- Bw1 20- 40 cm **Castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2)** en húmedo; franco al tacto; estructura subangulares, medios, ligeramente desarrollados; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces medias y pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- Bw2 40 - 60 cm **Pardo oscuro (10YR 3/3)** en húmedo, franco limoso-franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios, ligeramente desarrollados; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, raíces pocas, medias; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- BC 60-80 cm **Castaño amarillento oscuro (10YR 3/4)** en húmedo; franco limoso al tacto; estructura subangulares, medios, ligeramente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, raíces pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- C 80-120 cm **Pardo oscuro (10YR 3/3)** en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura); ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.6. Descripción de perfil unidad maíz plano. Predio Santa Marianita.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: P6SM **Fecha:** 29/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Santa Marianita, Los Ríos

Altitud (m.s.n.m.): 163 **Coordenadas:** 673475 E; 9930886 N **Pendiente:** 1 %

Paisaje: planicie **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** cima

Uso Actual o cobertura vegetal: maíz

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No_____ cm fluctuación No_____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol;

Descripción individual de los horizontes o capas P6SM:

Ap 00 – 20 cm	Castaño amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangular, finos, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces abundantes, finas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
AE 20- 40 cm	Castaño oscuro (7.5YR 4/3) en húmedo; franco al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; neto y plano.
BW 40 - 60 cm	Castaño muy oscuro (7.5YR 2.5/3) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo, raíces finas, pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
BC 60-80 cm	Pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios y gruesas, ligeramente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
C 80-120 cm	Castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura); ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.7. Descripción de perfil unidad huerta escarpado. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP1 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 153 **Coordenadas:** 6700100E; 14002 N **Pendiente:** 52 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: cítricos y plátano

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No_____ cm fluctuación No_____ cm

Presencia de Sales o Álcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP1:

- Ap 00 – 20 cm **Castaño grisáceo muy oscuro** (10YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granular, moderadamente desarrollados; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces finas, abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- Bw 20 - 40 cm **Pardo oscuro** (10YR 3/3) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangular, débilmente desarrollados; adherente, plástico, muy friable en húmedo; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- BC 40 - 65 cm **Castaño amarillento oscuro** (10YR 3/4) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, débilmente desarrollado, adherente, plástico, friable en húmedo, raíces muy pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- 2C1 65 - 90 cm **Castaño amarillento oscuro** (10 YR 3/6) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura), ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- 2C2 90 – 120 cm **Castaño amarillento oscuro** (10 YR 4/6) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura), ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.

Anexo 1.8. Descripción de perfil unidad cacao plano. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP2 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 164 **Coordenadas:** 670016E; 14056 N **Pendiente:** 0 %

Paisaje: planicie **Tipo de relieve:** terraza **Forma del Terreno:** cima

Uso Actual o cobertura vegetal: cacao

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Álcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP2:

- O 00 – (-5 cm) Capa orgánica.
- Ap 00 – 20 cm **Castaño oscuro** (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granular, pequeños, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces finas, muy abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- Bw 20 - 50 cm **Castaño muy oscuro** (7,5YR 2.5/2) en húmedo; al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces gruesas, finas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- BC 50 - 75 cm **Negro** (7,5 YR 2.5/1) en húmedo, arcillo limoso – franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios y moderadamente desarrollados, muy adherente, plástico, friable en húmedo, raíces pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- 2C1 75 - 90 cm **Castaño oscuro** (7,5 YR 3/4) en húmedo; arcillo limoso al tacto; masivo (sin estructura), muy adherente, plástico, friable en húmedo; raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- 2C2 90 – 120 cm **Castaño amarillento oscuro** (10 YR 4/4) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo (sin estructura), ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo; raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.9. Descripción de perfil unidad bambú plano. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP3 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 155 **Coordenadas:** 669248 E; 13622 N **Pendiente:** 0 %

Paisaje: altiplanicie **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** cima

Uso Actual o cobertura vegetal: bambú

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Álcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP3:

- O 00 – (-10 cm) Capa orgánica, estructura granular, débil de < 1cm; raíces finas y muy abundantes; límite brusco y plano.
- Ap 00 – 15 cm **Café muy oscuro** (10YR 2/2) en húmedo; franco al tacto; estructura subangulares, débiles y medianos, moderadamente desarrollados; adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces muy abundantes, finas, medianas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- Bw 15- 52 cm **Café muy oscuro** (10YR 2/2) en húmedo, pocas manchas redox; franco al tacto; estructura subangulares, débiles y medianos, moderadamente desarrollados; muy adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- Bc 60 - 80 cm **Castaño amarillento oscuro** (10 YR 3/6) en húmedo, franco limoso al tacto; estructura angulares débiles y medios; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, raíces pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- C3 80-120 cm **Castaño amarillento oscuro** (10 YR 4/4) en húmedo; limoso/franco al tacto; masivo (sin estructura); ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; no hay raíces; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.10. Descripción de perfil unidad bambú escarpado. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP4 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 148 **Coordenadas:** 669534 E; 13773 N **Pendiente:** 43 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: bambú

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP4:

O 00 – (-5 cm)	Capa orgánica.
Ap 00 – 15 cm	Castaño oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granulares, medianos de 2 mm, moderadamente desarrollados; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces finas y muy abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
Bw 15- 45 cm	Castaño oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; bloques angulares, débiles, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas, medianas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
B/c 45 - 80 cm	Castaño rojizo (2.5YR 4/4) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; bloques angulares, medios y desarrollo débil, adherente, plástico, friable en húmedo, raíces muy pocas, muy finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
C 80-120+ cm	Pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; bloques subangulares; medianos, débil, adherente, plástico, friable en húmedo; raíces muy finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.11. Descripción de perfil unidad teca escarpado. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP5 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 146 **Coordenadas:** 669341 E; 14092 N **Pendiente:** 60 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: teca

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Álcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP5:

- O 00 – (-10 cm) Capa orgánica.
- Ap 00 – 20 cm **Castaño oscuro** (10YR 4/3) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, débiles de 1 a 2 cm, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces muy abundantes, finas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- BwC 20- 60 cm **Castaño amarillento oscuro** (10YR 4/4) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura subangulares, débiles; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, finos; cutanes muy finos y pocos; raíces finas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
- C2 60 - 80 cm **Rojo amarillento** (5YR 5/6) en húmedo, franco arcilla al tacto; masivo (sin estructura); adherente, muy plástico, friable en húmedo, raíces pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- C3 80-120 cm **Rojo** (2.5YR 5/8) en húmedo; manchas rojas (10YR 2/4), pocas, pequeñas y nítidas; franco arcillo limoso al tacto; masivo (sin estructura); adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.

Anexo 1.12. Descripción de perfil unidad pasto plano. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP6 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 229 **Coordenadas:** 670477 E; 13964 N **Pendiente:** 0 %

Paisaje: planicie **Tipo de relieve:** terraza **Forma del Terreno:** cima

Uso Actual o cobertura vegetal: pasto saboya

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Álcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP6:

O 00 – (-5 cm)	Capa orgánica.
Ap 00 – 20 cm	Castaño oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granular, pequeños, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces finas, muy abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
Bw 20 - 50 cm	Castaño muy oscuro (7,5YR 2.5/2) en húmedo; franco tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces, finas y abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano.
BC 50 - 85 cm	Castaño oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo franco limoso al tacto; estructura subangulares, medios y moderadamente desarrollados, adherente, plástico, friable en húmedo, raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
2C 85 – 120 cm	Castaño amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo; franco limoso - limoso al tacto; masivo (sin estructura), ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido.

Anexo 1.13. Descripción de perfil unidad pasto colinado. Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP7 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 178 **Coordenadas:** 670075 E; 13596 N **Pendiente:** 36 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: pasto saboya

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No_____ cm fluctuación No_____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP7:

- Ap 00 – 20 cm Castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo arenoso al tacto; estructura granulares, medios, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces finas y muy abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- Bw 20 - 42 cm Castaño amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; franco arcillo arenoso al tacto; bloques subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas, y muchas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- BC 42 - 65 cm Castaño amarillento oscuro (10YR 3/6) en húmedo, franco limoso al tacto; bloques angulares, medios y moderadamente desarrollados, adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, raíces muy pocas, finas; sin reacción al HCl diluido; límite neto y plano.
- C 65 - 120 cm Castaño amarillento oscuro (10YR 4/6) en húmedo; franco limoso al tacto; masivo sin estructura; medianos, débil, adherente, plástico, muy friable en húmedo; raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido.

Anexo 1.14. Descripción de perfil unidad pasto escarpado Predio Cucaracha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

PROYECTO: CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Código: CP8 **Fecha:** 28/01/2014 **Autor:** Fernando Castillo, José Salinas **Sitio:** Cucaracha, Esmeraldas

Altitud (m.s.n.m.): 167 **Coordenadas:** 670641 E; 13806 N **Pendiente:** 42 %

Paisaje: colina **Tipo de relieve:** loma **Forma del Terreno:** ladera

Uso Actual o cobertura vegetal: pasto saboya

Condiciones de Humedad: húmedo **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Toba volcánica

Profundidad de la capa freática: profundidad No _____ cm fluctuación No _____ cm

Presencia de Sales o Alcalis: libre **Drenaje:** bueno

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): Inceptisol

Descripción individual de los horizontes o capas CP8:

- | | |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O 00 – (-2 cm) | Capa orgánica. |
| Ap 00 – 25 cm | Castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso al tacto; estructura granular, medios, moderadamente desarrollados; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo; poros muchos, muy finos; raíces finas, abundantes; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano. |
| Bw 25 - 45 cm | Castaño oscuro (7,5YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces finas y pocas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano. |
| BC 45 - 70 cm | Castaño oscuro (7,5YR 4/3) en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura subangulares, medios y moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; raíces finas y muy pocas; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano. |
| 2C2 90 – 120 cm | Castaño oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; masivo (sin estructura), ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; sin reacción al HCl diluido; límite brusco y plano. |

Anexo 2. Descripción de las muestras de suelo, con diferentes soluciones nutritivas. Los Ríos, 2013.

Tratamiento	Descripción	Soluciones nutritivas										
		SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
T1	Palma plano	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T1SMSC)	(T1SM-N)	(T1SM-P)	(T1SM-K)	(T1SM-Mg)	(T1SM-S)	(T1SM-Zn)	(T1SM-Cu)	(T1SM-Mn)	(T1SM-B)	(T1SM-Fe)
T2	Palma colinado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T2SMSC)	(T2SM-N)	(T2SM-P)	(T2SM-K)	(T2SM-Mg)	(T2SM-S)	(T2SM-Zn)	(T2SM-Cu)	(T2SM-Mn)	(T2SM-B)	(T2SM-Fe)
T3	Melina plano	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T3SMSC)	(T3SM-N)	(T3SM-P)	(T3SM-K)	(T3SM-Mg)	(T3SM-S)	(T3SM-Zn)	(T3SM-Cu)	(T3SM-Mn)	(T3SM-B)	(T3SM-Fe)
T4	Melina escarpado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T4SMSC)	(T4SM-N)	(T4SM-P)	(T4SM-K)	(T4SM-Mg)	(T4SM-S)	(T4SM-Zn)	(T4SM-Cu)	(T4SM-Mn)	(T4SM-B)	(T4SM-Fe)
T5	Teca escarpado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T5SMSC)	(T5SM-N)	(T5SM-P)	(T5SM-K)	(T5SM-Mg)	(T5SM-S)	(T5SM-Zn)	(T5SM-Cu)	(T5SM-Mn)	(T5SM-B)	(T5SM-Fe)
T6	Maíz plano	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T6SMSC)	(T6SM-N)	(T6SM-P)	(T6SM-K)	(T6SM-Mg)	(T6SM-S)	(T6SM-Zn)	(T6SM-Cu)	(T6SM-Mn)	(T6SM-B)	(T6SM-Fe)

Anexo 3. Descripción de las muestras de suelo, con diferentes soluciones nutritivas. Esmeraldas, 2013.

Tratamiento	Descripción	Soluciones nutritivas										
		SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
T1	Huerta escarpado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T1CSC)	(T1C-N)	(T1C-P)	(T1C-K)	(T1C-Mg)	(T1C-S)	(T1C-Zn)	(T1C-Cu)	(T1C-Mn)	(T1C-B)	(T1C-Fe)
T2	Cacao plano	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T2CSC)	(T2C-N)	(T2C-P)	(T2C-K)	(T2C-Mg)	(T2C-S)	(T2C-Zn)	(T2C-Cu)	(T2C-Mn)	(T2C-B)	(T2C-Fe)
T3	Bambú plano	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T3CSC)	(T3C-N)	(T3C-P)	(T3C-K)	(T3C-Mg)	(T3C-S)	(T3C-Zn)	(T3C-Cu)	(T3C-Mn)	(T3C-B)	(T3C-Fe)
T4	Bambú escarpado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T4CSC)	(T4C-N)	(T4C-P)	(T4C-K)	(T4C-Mg)	(T4C-S)	(T4C-Zn)	(T4C-Cu)	(T4C-Mn)	(T4C-B)	(T4C-Fe)
T5	Teca escarpado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T5CSC)	(T5C-N)	(T5C-P)	(T5C-K)	(T5C-Mg)	(T5C-S)	(T5C-Zn)	(T5C-Cu)	(T5C-Mn)	(T5C-B)	(T5C-Fe)
T6	Pasto plano	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T6CSC)	(T6C-N)	(T6C-P)	(T6C-K)	(T6C-Mg)	(T6C-S)	(T6C-Zn)	(T6C-Cu)	(T6C-Mn)	(T6C-B)	(T6C-Fe)
T7	Pasto colinado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T7CSC)	(T7C-N)	(T7C-P)	(T7C-K)	(T7C-Mg)	(T7C-S)	(T7C-Zn)	(T7C-Cu)	(T7C-Mn)	(T7C-B)	(T7C-Fe)
T8	Pasto escarpado	SN Completa	SN - N	SN - P	SN - K	SN - Mg	SN - S	SN - Zn	SN - Cu	SN - Mn	SN - B	SN - Fe
	Código	(T8CSC)	(T8C-N)	(T8C-P)	(T8C-K)	(T8C-Mg)	(T8C-S)	(T8C-Zn)	(T8C-Cu)	(T8C-Mn)	(T8C-B)	(T8C-Fe)

Anexo 4. Resumen del análisis de varianza para la altura de planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 50 días, predio Santa Marianita, 2013.

Fuentes de Variación	Cuadrados medios	p-valor
Factor A (soluciones)	618,18	0,0001**
Factor B (suelo)	647,86	0,0001**
Factor A*Factor B	65,19	0,0001**
Error	14,18	
Coeficiente de variación	23,16	

Anexo 5. Resumen del análisis de varianza para la altura de planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 50 días en predio Cucaracha, 2013.

Fuentes de Variación	Cuadrados medios	p-valor
Factor A (soluciones)	3730.59	0,0001**
Factor B (suelos)	303.97	0,0001**
Factor A*Factor B	115.99	0,0001**
Error	53.63	
Coeficiente de variación	21,34	

Anexo 6. Resumen del análisis de varianza para los valores de biomasa seca de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 50 días en predio Santa Marianita, 2013.

Fuente de variación	Cuadrados medios	p-valor
Factor A (soluciones)	90,34	0,0001**
Factor B (suelo)	50,79	0,0001**
Factor A * Factor B	8,83	0,0001**
Error	1,61	
Coeficiente de variación (%)	47,24	

Anexo 7. Resumen del análisis de varianza para los valores de biomasa seca de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 50 días en predio Cucaracha, 2013.

Fuente de variación	Cuadrados medios	p-valor
Factor A (solución)	483,52	0,0001**
Factor B (suelo)	22,87	0,0001**
Factor A * Factor B	13,68	0,0001**
Error	7,76	
Coeficiente de variación (%)	33,74	

Anexo 8. Análisis químico y físico de los dos primeros horizontes, de perfiles de suelo, predio Santa Marianita.

Cód. Lab.		Cód. Cam.		Análisis Mecánico % TFSA			Textura	Acidez total			pH		C.I.C	Cationes cambiables		
		Ao	Lo	Ac	Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)		H ⁺ (meq/100ml)	H ₂ O	KCl	meq/100ml	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml		
1318	P2SM Ap	62	29	9	FoAo	1,2	0,45	0,75	5,21	5,02	21,9	0,71	7,74	5,22		
1319	P2SM Bw1	62	30	8	FoAo	0,76	0,23	0,53	5,5	5,12	20,42	2,19	30,51	9,62		
1320	P4SM Ap	70	24	6	FoAo	0,39	0,13	0,26	6,12	5,86	27,96	3,22	22,82	9,18		
1321	P4SM Bt	62,4	32	5,6	FoAo	0,63	0,11	0,52	6,09	5,89	29,40	3,45	25,50	8,68		
1322	P5SM Ap	62	31,4	6,6	FoAo	0,52	0,15	0,37	5,98	5,49	44,04	3,09	22,71	8,89		
1323	P5SM Bw1	48	30,4	21,6	Fo	0,41	0,14	0,27	6,17	5,91	40,38	0,70	4,83	3,02		
1324	P6SM Ap	58	34,4	7,6	FoAo	1,3	0,56	0,74	5,21	5,07	15,66	1,98	6,84	3,43		
1325	P6SM AE	49	37,4	13,6	Fo	0,78	0,13	0,65	5,45	5,22	12,8	3,58	9,26	4,51		
1326	P3SM Ap	60,4	32	7,6	FoAo	1,04	0,33	0,71	5,63	5,47	17,4	0,70	5,00	4,01		
1327	P3SM AE	50	33,4	16,6	Fo	1,1	0,3	0,8	5,58	5,38	15,68	0,87	7,98	3,27		
1328	P1SM Ap	62	30,4	7,6	FoAo	1,39	0,55	0,84	5,13	5,00	19,1	0,69	5,33	2,99		
1329	P1SM AE	60,4	32	7,6	FoAo	0,78	0,11	0,67	5,4	5,22	23,4	0,71	7,74	5,22		

Cód. Lab.	Cód. Cam.	Textura	Acidez total		pH		C.I.C
			Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)	H ₂ O	KCl	meq/100ml
1318	P2SM Ap	Franco arenoso	Medio	Medio	Acido	Acido	Alta
1319	P2SM Bw1	Franco arenoso	Medio	Bajo	Acido	Acido	Alta
1320	P4SM Ap	Franco arenoso	Bajo	Bajo	Ligeramente Acido	Medianamente Acido	Muy alta
1321	P4SM Bt	Franco arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Medianamente Acido	Muy alta
1322	P5SM Ap	Franco arenoso	Medio	Bajo	Median. Acido	Acido	Muy alta
1323	P5SM Bw1	Franco	Bajo	Bajo	Ligeramente Acido	Medianamente Acido	Muy alta
1324	P6SM Ap	Franco arenoso	Medio	Medio	Acido	Acido	Alta
1325	P6SM AE	Franco	Medio	Bajo	Acido	Acido	Media
1326	P3SM Ap	Franco arenoso	Medio	Medio	Medianamente Acido	Acido	Alta
1327	P3SM AE	Franco	Medio	Medio	Medianamente Acido	Acido	Alta
1328	P1SM Ap	Franco arenoso	Medio	Medio	Acido	Acido	Alta
1329	P1SM AE	Franco arenoso	Medio	Bajo	Acido	Acido	Alta

Continuación...


 LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGÍA ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES		LASAB					
3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO							
Cód. Lab.	Cód. Cam.	Saturación (% peso)	Capacidad de Campo 1/10 atm.	Capacidad de Campo 1/3 atm.	Punto de Marchitez Permanente 15 atm.	Densidad Aparente (g/cm ³)	Agua aprovechable
515	P6SM Ap	66,67	51,72	47,36	19,19	0,87	32,53
516	P6SM AE	52,15	44,23	41,19	16,68	1,02	27,55
517	P5SM Ap	67,64	49,01	46,33	18,77	0,86	30,24
518	P5SM Bw1	58,60	49,43	45,88	18,59	0,96	30,84
519	P2SM Ap	55,87	51,28	47,91	14,36	0,98	36,92
520	P2SM Bw1	55,19	50,31	46,23	18,73	0,98	31,58
521	P1SM Ap	57,25	45,48	41,81	16,94	0,95	28,54
522	P1SM AE	51,81	44,08	40,66	16,47	1,00	27,61
523	P4SM Ap	49,22	43,79	42,50	17,22	1,09	26,57
524	P4SM Bt	63,23	45,18	44,19	17,90	0,90	27,28
525	P3SM Ap	54,68	46,83	43,10	17,46	0,99	29,37
526	P3SM AE	53,83	48,76	46,07	18,66	0,97	30,10





 Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc.
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 9. Análisis químico y físico de los dos primeros horizontes, de perfiles de suelo, predio Cucaracha.

 LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGÍA ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES		LASAB												
Provincia:	Esmeraldas	Fecha de ingreso:	03 de Febrero de 2014											
Cantón:	Quinindé	Fecha de egreso:	24 de marzo de 2014											
Parroquia:	Rosa Zarate	Responsable:	Fernando Castillo – José Salinas											
Sector o Proyecto:	Los Angeles - Cucaracha													
1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO														
Cód. Lab.	Cód. Cam.	Análisis Mecánico % TFSA			Textura	Acidez total			pH		C.I.C meq/100ml	Cationes cambiables		
		Ao	Lo	Ac		Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)	H ⁺ (meq/100ml)	H ₂ O	KCl		K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml
1302	CP5 Ap	64	22,4	13,6	FoAo	0,65	0,13	0,52	6,02	5,90	34,68	1,88	26,49	9,40
1303	CP5 BwC	70	20	10	FoAo	0,45	0,10	0,35	6,10	5,80	37,04	0,23	27,04	8,27
1304	PC3Ap	48	42	10	Fo	0,80	0,22	0,58	6,04	5,81	27,86	3,56	25,26	7,78
1305	PC3 Bw	44	32	24	Fo	0,65	0,15	0,50	6,14	5,83	35,80	3,59	27,12	8,98
1306	PC4 Ap	64	28	8	FoAo	0,70	0,14	0,56	5,78	5,46	37,96	2,9	24,21	8,95
1307	PC4 Bw	65	27	8	FoAo	1,49	0,13	1,36	6,00	5,79	32,48	1,53	28,13	7,94
1308	PC2 Ap	54	34,4	11,6	FoAo	1,46	0,08	1,38	6,12	5,91	38,60	3,52	27,47	10,0
1309	PC2 Bw	40	38	22	Fo	1,06	0,12	0,94	5,82	5,51	39,80	3,26	23,07	8,64
1310	PC1Ap	62	31	7	FoAo	1,29	0,05	1,24	6,16	5,86	35,40	3,76	29,91	9,76
1311	PC1 Bw	60	30	10	FoAo	0,96	0,11	0,85	6,03	5,79	43,10	3,55	26,53	8,49
1312	PC7Ap	60	18	22	FoAcAo	1,22	0,11	1,11	5,81	5,56	40,50	3,58	22,30	8,79
1313	PC7 Bw	58	18	24	FoAcAo	1,25	0,14	1,11	6,03	5,82	43,60	3,56	21,03	8,34
1314	PC8 Ap	52	34	14	Fo	0,80	0,10	0,70	5,57	5,31	42,14	2,72	21,65	7,78
1315	PC8 Bw	62	24	14	FoAo	0,71	0,1	0,61	5,88	5,45	44,70	1,73	24,12	7,06
1316	PC6 Ap	69	21	10	FoAo	0,6	0,12	0,48	5,8	5,36	40,80	3,45	19,43	8,07
1317	PC6 Bw	48	37	15	Fo	0,43	0,07	0,36	6,18	5,89	43,10	3,48	21,78	7,78

Continuación...

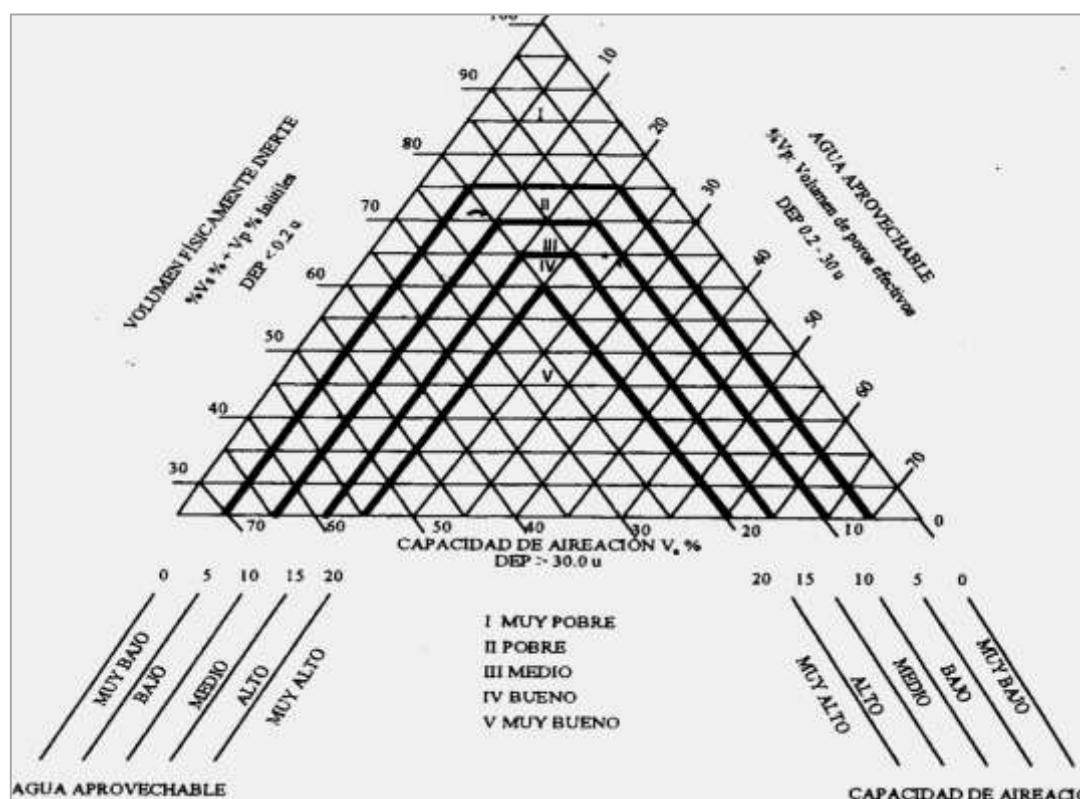
		LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES				LASAB	
2. INTERPRETACION DE RESULTADOS							
Cód. Lab.	Cód. Cam.	Textura	Acidez total		pH		C.I.C
			Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)	H ₂ O	KCl	meq/100ml
1302	CP5 Ap	Franco arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1303	CP5 BwC	Franco arenosa	Bajo	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1304	PC3Ap	Franco	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1305	PC3 Bw	Franco	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1306	PC4 Ap	Franco arenoso	Medio	Bajo	Acido	Median. Acido	Muy alta
1307	PC4 Bw	Franco arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1308	PC2 Ap	Franco arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1309	PC2 Bw	Franco	Medio	Bajo	Median. Acido	Median. Acido	Muy alta
1310	PC1Ap	Franco arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1311	PC1 Bw	Franco arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1312	PC7Ap	Franco arcillo arenoso	Medio	Bajo	Median. Acido	Median. Acido	Muy alta
1313	PC7 Bw	Franco arcillo arenoso	Medio	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta
1314	PC8 Ap	Franco	Medio	Bajo	Medianamente Acido	Acido	Muy alta
1315	PC8 Bw	Franco arenoso	Medio	Bajo	Medianamente Acido	Acido	Muy alta
1316	PC6 Ap	Franco arenoso	Medio	Bajo	Medianamente Acido	Acido	Muy alta
1317	PC6 Bw	Franco	Bajo	Bajo	Ligeramente Acido	Median. Acido	Muy alta

		LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES				LASAB	
3. RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO							
Cód. Lab.	Cód. Cam.	Saturación (% peso)	Capacidad de Campo 1/10 atm.	Capacidad de Campo 1/3 atm.	Punto de Marchitez Permanente 15 atm.	Densidad Aparente (g/cm ³)	Agua aprovechable
499	PC7 Ap	54,39	46,19	44,24	17,92	1,024	28,27
500	PC7 Bw	72,34	65,14	63,20	18,95	0,875	46,19
501	PC1 Ap	62,57	51,41	47,65	14,28	0,959	37,13
502	PC1 Bw	62,49	54,05	50,70	15,20	0,925	38,85
503	PC2 Ap	48,59	44,77	42,58	17,25	1,099	27,52
504	PC2Bw	49,14	44,80	42,81	17,34	1,105	27,46
505	PC4 Ap	86,55	47,29	44,69	18,10	0,922	29,19
506	PC4 Bw	51,87	49,23	47,32	14,18	1,099	35,05
507	PC6 Ap	49,02	41,36	38,19	15,47	1,071	25,89
508	PC6 Bw	40,85	37,40	35,81	14,51	1,131	22,89
509	PC3 Ap	46,88	41,96	39,38	15,95	1,120	26,01
510	PC3 Bw	55,18	53,25	52,34	15,69	1,091	37,56
511	PC8 Ap	48,08	44,25	42,79	17,56	1,096	26,69
512	PC8 Bw	54,49	50,76	46,72	14,09	0,991	36,66
513	PC5 Ap	61,32	52,95	51,19	15,35	0,967	37,60
514	PC5 BwC	67,74	53,99	50,67	15,19	0,902	38,80



Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 10. Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo (Valarezo et al, 1998, adaptado de Iluco, 1985).



Anexo 11. Resultados de altura de la planta indicadora, a los 50 días de edad, en las tres repeticiones de los seis suelos de los diferentes tratamientos del predio Santa Marianita, para cada solución nutritiva, 2013.

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S1					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	25,0	16,0	16,0	15,0	14,0	17,0
N	9,00	9,00	11,0	6,00	12,0	7,00
P	5,50	5,00	6,00	5,00	5,05	5,00
K	10,5	7,50	8,50	7,00	6,50	6,50
Mg	9,50	14,5	16,0	9,00	13,5	10,0
S	12,0	10,0	10,0	13,0	9,50	9,00
Zn	18,0	10,5	8,50	10,5	8,50	8,00
Cu	14,0	16,0	10,0	6,00	6,00	7,00
Mn	7,00	7,50	8,00	7,00	9,00	7,00
B	5,00	9,00	7,00	8,00	8,00	8,50
Fe	8,50	12,0	15,0	8,00	7,00	6,50

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S2					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	25,0	27,0	25,0	26,0	20,0	23,0
N	9,00	8,00	16,0	13,0	7,00	5,50
P	5,00	4,00	5,00	6,50	3,00	7,00
K	14,0	14,0	13,0	6,00	5,00	7,00
Mg	18,0	13,0	19,0	6,00	11,0	6,00
S	11,0	20,0	20,0	11,0	11,0	9,50
Zn	10,0	16,0	21,5	12,0	17,5	14,0
Cu	18,0	8,00	12,0	17,5	14,0	19,0
Mn	7,00	8,00	9,00	7,00	9,00	17,0
B	8,00	19,0	9,00	9,00	11,0	16,0
Fe	11,0	12,0	13,0	9,00	20,0	18,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S3					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	41,0	34,0	44,0	41,0	39,5	39,0
N	8,5	12,0	10,0	4,0	13,0	11,0
P	5,0	5,5	6,0	4,0	4,5,0	4,5
K	13,5	22,5	20,0	18,0	10,0	6,0
Mg	22,0	27,0	21,0	31,0	28,0,	31,0
S	18,0	20,0	17,0	28,0	23,0	22,0
Zn	19,0	19,0	20,0	22,0	23,0	23,0
Cu	21,0	29,0	19,0	35,0	24,0	37,0
Mn	28,0	33,0	30,0	10,0	6,0	20,0
B	33,0	38,0	38,0	20,0	23,0	5,0
Fe	34,0	23,0	41,0	14,0	17,5	22,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S4					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	26,5	24,0	28,0	29,0	27,0	27,5
N	12,0	8,00	7,00	16,5	8,00	9,00
P	10,0	7,00	6,00	6,00	6,50	6,50
K	9,00	8,00	11,2	6,30	7,50	11,5
Mg	15,0	19,0	19,0	21,0	20,0	17,0
S	7,00	9,00	20,5	18,0	15,0	14,0
Zn	19,0	20,0	17,0	19,5	19,0	12,0
Cu	17,0	16,0	13,0	14,0	22,5	14,5
Mn	10,0	15,0	10,0	5,50	15,0	19,5
B	7,50	14,0	18,0	18,0	8,50	17,0
Fe	13,0	13,0	15,0	13,0	5,50	14,5

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S5					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	28,0	24,5	37,0	33,0	38,0	25,0
N	14,0	12,0	13,0	7,00	9,00	9,00
P	6,00	6,50	6,50	4,00	7,00	5,00
K	20,0	16,0	12,0	5,00	7,50	7,50
Mg	19,0	18,5	21,0	7,50	16,5	15,5
S	22,0	23,0	23,5	10,0	8,50	8,50
Zn	26,0	30,0	22,0	19,0	14,0	16,0
Cu	15,0	15,0	11,0	10,0	14,0	13,0
Mn	14,0	8,00	18,5	14,0	10,5	8,00
B	18,0	16,0	20,0	16,0	6,00	14,0
Fe	20,0	12,0	9,00	7,50	8,00	8,50

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S6					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	37,0	31,0	34,0	31,5	27,0	24,5
N	10,0	10,0	14,0	10,0	5,00	8,00
P	6,50	5,50	6,00	4,00	9,00	5,00
K	10,5	19,5	8,50	7,00	6,00	5,00
Mg	27,0	27,0	28,0	31,0	10,0	5,00
S	13,0	31,0	25,0	6,00	11,0	7,00
Zn	23,0	21,0	30,0	8,00	7,00	13,0
Cu	27,0	28,0	27,0	6,00	12,0	6,00
Mn	6,00	9,00	12,0	14,0	18,0	12,0
B	9,00	14,0	13,0	14,0	12,0	11,0
Fe	8,00	23,0	9,0	21,0	9,00	17,0

Anexo 12. Resultados de altura de la planta indicadora, a los 50 días de edad, en las tres repeticiones de los ocho suelos de los diferentes tratamientos del predio Cucaracha, para cada solución nutritiva, 2013.

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S1					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	61,0	46,0	63,0	62,0	45,0	50,0
N	6,00	6,00	7,00	28,0	16,0	14,0
P	5,00	5,00	5,00	5,50	4,00	5,00
K	12,0	14,0	20,0	5,00	6,00	11,0
Mg	47,0	49,0	46,0	25,0	27,0	22,0
S	28,0	28,0	27,0	13,0	19,0	17,0
Zn	40,0	49,0	54,0	15,0	22,0	20,0
Cu	28,0	53,0	33,0	29,0	24,0	14,0
Mn	53,0	33,0	35,0	25,0	22,0	8,00
B	51,0	53,0	45,0	29,0	20,0	19,0
Fe	48,0	38,0	23,0	26,0	23,0	29,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S2					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	40,0	41,0	45,0	50,0	43,0	39,0
N	29,0	30,0	30,0	23,5	19,5	17,0
P	8,00	6,00	7,00	5,00	5,00	6,50
K	24,0	20,0	28,0	21,0	20,0	18,0
Mg	33,0	35,0	9,0	18,0	28,0	27,0
S	20,0	23,0	28,0	17,0	14,5	24,0
Zn	40,0	37,0	33,5	14,0	30,0	15,0
Cu	47,0	44,0	27,0	24,0	29,0	30,0
Mn	39,0	41,0	37,5	6,00	8,00	7,00
B	30,0	38,0	33,0	20,0	26,0	19,0
Fe	36,0	36,0	49,0	20,0	25,0	9,00

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S3					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	49,0	57,0	50,5	43,0	39,0	43,0
N	30,0	22,0	13,0	25,0	25,0	26,0
P	6,50	6,00	7,00	5,00	7,00	5,00
K	30,0	40,0	38,0	34,0	35,0	34,2
Mg	50,0	51,0	45,0	48,0	50,0	48,0
S	39,0	39,0	32,0	37,0	40,0	41,0
Zn	39,0	23,0	30,0	49,0	53,0	40,0
Cu	48,0	20,0	47,0	43,0	46,0	42,0
Mn	39,0	39,0	39,5	15,0	32,0	32,0
B	14,0	42,0	43,0	42,0	41,0	38,0
Fe	35,0	36,0	42,0	40,0	43,0	25,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S4					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	58,0	63,5	62,0	43,0	65,0	66,0
N	24,0	15,0	26,0	15,0	21,0	24,0
P	7,00	6,00	4,00	7,50	6,00	5,00
K	40,0	42,0	50,0	33,6	28,0	11,0
Mg	51,0	55,0	46,0	25,0	33,5	38,0
S	38,0	44,0	45,0	38,0	22,0	14,0
Zn	39,0	40,5	46,0	42,0	36,0	34,0
Cu	33,0	43,0	50,0	43,0	41,0	43,0
Mn	50,0	53,5	45,0	32,0	11,0	29,0
B	52,0	51,0	48,0	45,0	44,0	43,5
Fe	13,0	53,0	51,0	40,0	38,0	45,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S5					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	27,5	61,0	58,0	67,5	64,5	54,5
N	20,5	27,5	14,5	31,3	43,5	26,4
P	6,00	5,00	5,00	6,50	5,50	4,60
K	17,0	36,0	32,5	40,5	44,0	27,0
Mg	40,0	35,0	40,0	53,0	59,0	53,0
S	40,0	36,0	28,5	34,0	25,0	23,5
Zn	42,0	46,0	47,5	59,0	50,0	15,0
Cu	49,0	47,5	46,5	50,0	64,0	56,5
Mn	31,0	38,0	16,0	52,5	28,0	35,0
B	50,0	49,0	43,0	34,5	38,0	35,0
Fe	45,0	47,0	46,0	34,0	36,0	14,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S6					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	48,5	53,0	46,0	47,0	44,5	46,0
N	21,0	21,0	28,0	21,0	24,0	12,0
P	6,00	6,00	5,00	5,00	4,00	4,00
K	34,0	14,0	34,0	29,0	13,0	19,0
Mg	37,0	40,0	36,0	40,0	41,0	38,0
S	33,0	29,0	33,0	30,0	30,0	38,0
Zn	37,0	39,0	38,0	43,0	37,0	30,0
Cu	37,0	39,0	33,0	44,0	40,0	39,0
Mn	35,0	46,0	36,0	39,0	47,0	43,0
B	27,0	51,0	41,0	44,0	45,0	53,0
Fe	42,0	49,0	43,0	42,0	43,0	46,0

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S7					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	57,0	47,5	54,0	52,0	50,0	47,0
N	10,0	7,00	11,0	22,0	13,0	8,0
P	6,00	6,00	5,50	5,00	4,00	5,00
K	27,5	28,5	32,0	20,0	32,5	30,5
Mg	42,0	47,0	43,0	46,0	43,5	46,0
S	32,5	32,5	25,0	33,0	34,0	33,0
Zn	47,0	47,0	48,0	46,0	40,0	30,0
Cu	45,0	48,0	49,0	43,0	49,0	48,0
Mn	41,0	44,0	10,0	43,0	45,0	39,0
B	19,0	40,0	43,0	46,0	39,0	40,0
Fe	40,0	46,0	40,0	50,0	41,0	48,0

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S8					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	47,0	46,0	43,0	45,0	41,0	45,0
N	16,0	23,0	15,0	26,0	26,0	19,0
P	3,00	6,00	5,00	4,00	4,00	4,00
K	38,0	36,0	40,0	32,0	26,0	13,0
Mg	42,0	13,0	10,0	32,0	21,0	26,0
S	27,0	27,0	34,0	32,0	23,0	25,0
Zn	27,0	41,0	35,0	38,0	46,0	34,0
Cu	36,0	38,0	41,0	12,0	12,0	25,0
Mn	28,0	37,0	42,0	20,0	22,0	26,0
B	38,0	40,0	34,0	28,0	27,0	24,0
Fe	49,0	36,0	35,0	11,0	10,0	10,0

Anexo 13. Materia seca (g) de la planta indicadora en las tres repeticiones de suelos de los diferentes tratamientos del predio Santa Marianita, para cada solución nutritiva, 2013.

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S1					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	5,93	3,23	1,83	2,13	2,63	1,03
N	0,13	0,73	0,13	0,03	0,03	0,01
P	0,03	0,01	0,03	0,13	0,03	0,13
K	0,13	0,03	0,01	0,23	0,13	0,13
Mg	0,53	1,43	1,13	0,13	0,63	0,33
S	0,63	0,23	0,33	0,63	0,3	0,13
Zn	0,83	0,63	0,33	0,13	0,13	0,03
Cu	1,03	1,83	0,73	0,13	0,23	0,23
Mn	0,23	0,13	0,23	0,13	0,13	0,23
B	0,43	0,63	0,43	0,13	0,13	0,13
Fe	0,33	0,23	1,03	0,03	0,13	0,03

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S2					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	8,43	9,27	10,58	7,83	7,05	6,11
N	0,31	0,10	0,71	0,12	0,10	0,21
P	0,07	0,04	0,08	0,20	0,10	0,09
K	0,64	0,83	0,62	0,05	0,11	0,07
Mg	3,47	2,86	4,35	0,03	0,05	0,01
S	3,68	0,85	1,05	0,42	0,26	0,10
Zn	0,04	6,34	5,55	1,20	1,09	1,54
Cu	4,96	0,36	0,74	3,28	1,52	3,88
Mn	0,05	0,40	0,52	3,20	0,90	4,07
B	0,77	3,59	1,23	0,35	0,17	0,6
Fe	1,09	1,25	1,58	1,22	3,31	2,33

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S3					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	13,56	8,66	10,36	10,36	9,76	9,36
N	0,23	0,33	0,03	0,13	0,43	0,43
P	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
K	1,53	2,03	1,53	1,83	0,63	0,23
Mg	3,86	3,86	9,96	8,66	6,16	8,76
S	1,13	1,03	0,43	2,03	1,13	2,03
Zn	3,63	3,53	4,53	0,76	0,96	0,96
Cu	1,96	4,76	2,66	7,93	4,03	9,93
Mn	7,66	7,56	5,36	0,86	0,56	2,56
B	7,66	9,76	7,96	4,66	4,46	0,26
Fe	10,26	4,96	4,83	1,46	4,26	6,36

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S4					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	7,26	5,48	9,36	6,46	5,76	5,16
N	0,33	0,03	0,03	0,73	0,13	0,13
P	0,01	0,13	0,30	0,03	0,013	0,03
K	0,06	0,06	0,26	0,01	0,01	0,16
Mg	1,96	2,86	2,96	5,46	3,26	3,26
S	4,30	5,93	4,83	1,26	1,03	0,16
Zn	3,46	1,96	1,96	3,86	3,26	1,76
Cu	2,46	3,66	1,90	2,86	5,16	2,56
Mn	0,06	2,46	0,63	4,13	1,03	0,01
B	3,03	0,13	3,13	0,33	1,93	3,03
Fe	2,03	2,43	1,73	0,83	0,13	2,13

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S5					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	5,30	6,87	9,70	9,63	9,10	3,65
N	0,34	0,20	0,21	0,05	0,06	0,04
P	0,01	0,01	0,01	0,08	0,07	0,05
K	1,93	2,15	1,06	0,05	0,08	0,14
Mg	2,29	2,07	3,04	0,08	2,12	2,78
S	2,31	1,33	1,40	0,21	0,26	0,75
Zn	5,45	7,34	4,77	2,99	2,15	2,86
Cu	2,34	1,45	2,41	0,01	3,06	2,19
Mn	4,37	0,71	3,65	2,55	0,83	0,87
B	4,88	3,49	4,29	2,62	0,08	1,12
Fe	5,17	2,45	0,24	0,06	0,05	0,14

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S6					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	9,72	11,59	13,4	8,59	8,30	9,352
N	0,23	0,12	0,09	0,09	0,01	0,10
P	0,05	0,04	0,04	0,06	0,06	0,012
K	0,56	1,75	0,22	0,05	0,01	0,04
Mg	6,84	6,38	7,24	0,69	0,21	0,50
S	0,26	2,59	1,66	0,03	0,26	0,09
Zn	5,92	4,25	7,48	0,07	0,18	1,51
Cu	8,29	8,11	4,57	0,11	1,59	0,17
Mn	0,07	0,27	0,22	2,74	4,32	0,52
B	0,18	0,98	0,77	0,48	0,46	1,79
Fe	2,84	4,68	4,74	0,13	0,29	0,08

Anexo 14. Materia seca (g) de la planta indicadora en las tres repeticiones de suelos de los diferentes tratamientos del predio Cucaracha, para cada solución nutritiva, 2013.

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S1					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	17,87	11,21	12,04	9,79	13,56	13,85
N	0,74	0,82	1,73	0,01	0,01	0,30
P	0,02	0,01	0,17	0,01	0,01	0,01
K	1,68	1,91	2,90	0,55	0,41	1,79
Mg	9,72	12,59	14,81	6,36	5,85	4,79
S	4,25	3,04	1,82	3,43	2,51	2,32
Zn	9,58	13,38	12,95	6,40	7,60	3,27
Cu	6,86	13,22	5,93	1,38	5,48	8,79
Mn	20,49	19,06	13,11	0,48	6,71	8,39
B	15,14	15,32	16,08	3,56	3,91	7,07
Fe	10,63	7,87	0,51	10,83	6,07	7,70

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S2					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	11,33	13,87	12,67	9,12	14,67	13,85
N	2,44	2,2	2,31	3,87	1,37	1,83
P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K	4,45	2,64	4,64	2,26	2,27	2,01
Mg	8,68	10,99	1,54	10,7	8,41	1,61
S	9,89	1,21	1,74	2,40	0,47	0,67
Zn	10,8	9,81	9,29	3,33	9,80	2,86
Cu	15,58	14,93	8,32	9,11	5,39	4,66
Mn	11,54	11,35	12,11	0,29	0,31	0,28
B	8,11	8,24	8,71	4,02	8,44	2,37
Fe	13,45	12,16	15,33	0,31	11,08	5,63

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S3					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	14,7	11,17	12,29	16,23	10,1	10,62
N	2,44	1,32	0,04	1,43	1,11	1,24
P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K	4,24	8,16	5,57	8,95	4,96	5,91
Mg	12,12	12,93	11,88	11,23	11,58	13,33
S	5,24	4,85	3,96	7,24	7,02	5,02
Zn	9,26	4,25	6,18	10,75	11,2	12,63
Cu	13,48	10,9	1,41	8,45	7,54	1,45
Mn	10,26	4,96	12,46	9,63	8,6	9,85
B	8,44	1,98	9,31	8,66	8,62	9,69
Fe	8,67	9,21	11,07	6,30	13,15	13,42

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S4					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	16,96	12,86	17,06	14,16	13,06	11,66
N	3,13	0,33	2,03	2,43	1,73	0,83
P	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01
K	8,33	8,3	10,83	0,83	5,33	6,63
Mg	17,96	14,36	9,96	12,26	12,96	3,26
S	3,76	5,16	4,56	1,46	3,06	3,06
Zn	7,76	7,56	12,16	8,66	9,06	13,16
Cu	7,96	11,56	13,56	11,06	11,96	8,06
Mn	14,76	12,66	10,36	5,56	0,36	6,56
B	11,56	11,22	12,14	8,56	7,46	6,76
Fe	18,66	0,16	17,10	15,16	9,86	12,26

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S5					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	6,06	12,26	14,46	15,46	15,46	14,44
N	1,43	1,63	0,73	2,23	3,13	2,43
P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K	2,23	6,63	4,93	5,63	7,33	8,53
Mg	11,13	9,13	10,43	14,03	14,83	17,13
S	5,76	3,36	3,46	2,65	2,76	5,16
Zn	8,76	8,76	13,26	0,86	13,26	13,76
Cu	12,66	9,96	10,26	16,36	13,36	11,66
Mn	7,26	10,86	0,96	9,76	4,26	14,76
B	10,26	12,16	8,66	6,66	8,46	9,76
Fe	14,66	13,46	11,16	12,66	2,46	6,96

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S6					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	12,26	12,76	13,1	14,11	10,95	13,31
N	1,39	1,35	1,92	0,99	1,15	1,40
P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K	6,96	0,38	6,07	2,42	0,83	5,89
Mg	10,72	10,6	9,56	12,48	12,44	12,18
S	14,97	3,20	3,68	3,45	1,76	2,52
Zn	7,93	12,89	13,14	10,14	10,55	9,19
Cu	13,36	12,94	14,10	10,18	8,78	3,54
Mn	15,66	11,54	11,86	9,54	12,35	12,05
B	9,85	11,23	10,56	5,11	11,17	8,78
Fe	16,80	12,8	13,3	12,33	12,05	9,58

Continuación...

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S7					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	17,02	16,55	17,64	12,4	13,4	15,68
N	0,07	0,25	1,65	0,01	0,15	0,02
P	0,01	0,01	0,01	0,05	0,10	0,01
K	4,78	6,12	6,15	5,24	5,48	2,73
Mg	11,34	11,92	13,65	12,96	11,84	11,64
S	3,73	4,18	7,48	3,09	3,51	4,03
Zn	9,44	9,78	8,72	12,52	6,98	13,59
Cu	12,42	11,98	8,99	14,82	13,56	10,19
Mn	10,11	10,18	0,55	10,3	10,79	10,33
B	3,47	9,91	8,45	8,30	10,39	10,64
Fe	10,21	10,03	9,55	12,78	11,98	13,6

SOLUCIONES NUTRITIVAS	S8					
	00cm-25cm			25cm-50cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
SC	14,73	13,84	13,29	14,78	11,03	12,76
N	2,15	2,46	3,36	1,08	1,8	0,42
P	0,01	0,01	0,01	0,18	0,12	0,11
K	8,49	7,23	8,95	2,02	4,56	5,66
Mg	12,85	1,8	10,95	10,9	6,12	0,87
S	4,48	6,39	8,2	5,47	5,39	5,7
Zn	15,14	14,8	13,89	10,76	10,11	11,05
Cu	10,13	10,72	12,59	5,95	2,97	1,57
Mn	4,45	16,81	15,4	7,71	0,45	7,22
B	10,54	13,54	10,64	8,46	7,41	7,8
Fe	13,06	12,09	10,65	0,59	0,65	0,9

Anexo 15. Análisis químico de los 6 tratamientos de suelo del predio Santa Marianita en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.

Cód. Lab.		Cód. Campo	pH	Acidez intercambiable			CIC	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca _{MS}	Mg _{MS}	Fe	Mn	Cu	Zn
				Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)	meq/100 ml	ppm	ppm	ppm	meq/100ml	meq/100ml	ppm	ppm	ppm	ppm
957	T5SM-25	5.7	0.55	0.07	0.48	20.44	57,57	54,76	203,54	5,64	0,60	38,6	2,6	4,1	3,6	
958	T5SM-50	5.8	0.53	0.09	0.44	25.70	37,74	33,67	433,53	7,09	0,96	32,7	1,4	5,9	4,8	
959	T6SM-25	5.1	1.21	0.48	0.73	15.58	45,89	62,74	95,71	4,81	0,24	22,3	1,8	3,3	4,2	
960	T6SM-50	5.8	0.54	0.16	0.38	20.66	41,92	43,65	194,70	3,67	0,30	21,0	0,7	6,2	3,5	
961	T1SM-25	5.1	0.46	0.04	0.42	15.62	56,36	34,98	127,70	4,92	0,31	22,3	1,4	2,7	1,3	
962	T1SM-50	5.5	0.73	0.17	0.56	19.60	39,83	29,45	220,70	7,92	0,22	22,3	0,9	5,1	2,6	
963	T4SM-25	5.8	0.51	0.08	0.43	19.86	58,67	53,74	209,70	16,68	0,82	32,1	3,2	3,0	5,2	
964	T4SM-50	5.8	0.45	0.07	0.38	20.92	52,61	40,90	168,55	15,43	0,67	28,8	2,2	4,6	4,8	
965	T2SM-25	5.4	0.56	0.16	0.40	22.94	58,79	44,41	171,70	3,88	0,47	26,2	1,8	3,0	3,3	
966	T2SM-50	5.6	0.46	0.09	0.37	20.04	45,78	39,00	143,55	3,57	0,33	24,2	0,9	4,1	2,4	
967	T3SM-25	5.3	0.86	0.21	0.65	22.84	60,88	33,08	229,70	3,05	0,32	34,0	2,0	3,8	4,9	
968	T3SM-50	5.6	0.88	0.16	0.72	27.60	54,05	33,72	203,54	3,46	0,47	28,2	1,1	6,2	2,9	

Continuación...

2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS															
Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	Acidez Intercambiable			CIC meq/100 ml	N ppm	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	Ca ₂₅ meq/100ml	Mg ₂₅ meq/100ml	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
			Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)										
957	T5SM-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio	
958	T5SM-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Alto	Medio	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	
959	T6SM-25	Ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	
960	T6SM-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	
961	T1SM-25	Ácido	Bajo	Medio	Alta	Alto	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	
962	T1SM-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Medio	Medio	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	
963	T4SM-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	
964	T4SM-50	Medianamente ácido	Bajo	Medio	Alta	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	
965	T2SM-25	Ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	

966	T2SM-50	Medianamente ácido	Bajo	Medio	Alta	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio
967	T3SM-25	Ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio
968	T3SM-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Alto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio




Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 16. Análisis químico de los 8 tratamientos de suelo del predio Cucaracha en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.

LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS AGUAS Y BROMATOLOGÍA ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES														LASAB	
Provincia:		Esmeraldas			FECHA DE INGRESO:		5 de junio de 2013								
Cantón:		Quininde			FECHA DE EGRESO:		31 de octubre de 2013								
Parroquia:		Rosa Zarate			RESPONSABLE:		CUCABU CIA. LTDA.								
Sector o Proyecto:		La Unión													
1. RESULTADOS DE ANÁLISIS															
Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	Acidez intercambiable			CIC meq/100 ml	N ppm	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	Ca ₂₅ meq/100ml	Mg ₂₅ meq/100ml	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
			Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)										
941	T5C-25	6.1	0.48	0.10	0.38	36.54	48.76	29.91	468.53	12.17	1.55	8.5	5.5	3.5	6.9
942	T5C-50	6.0	0.75	0.08	0.67	38.16	37.63	17.28	433.53	13.00	1.60	8.5	3.6	4.6	4.7
943	T2C-25	5.9	0.49	0.07	0.42	23.34	53.61	35.58	348.54	10.31	1.16	42.5	5.9	4.3	7.9
944	T2C-50	6.0	0.54	0.06	0.48	27.04	30.90	29.20	518.53	19.95	1.97	30.8	3.2	5.9	6.7
945	T4C-25	5.9	0.65	0.07	0.58	29.30	51.07	20.41	227.70	11.86	1.65	30.8	11.7	4.1	6.5
946	T4C-50	6.0	0.65	0.08	0.57	33.54	37.30	18.76	214.70	9.27	1.01	19.6	5.7	5.4	4.7
947	T1C-25	6.0	0.50	0.07	0.43	33.66	30.13	18.00	683.52	13.00	1.62	28.8	7.3	5.4	5.7
948	T1C-50	6.0	0.57	0.07	0.50	37.60	38.29	25.31	903.53	9.27	0.93	23.6	4.0	6.4	4.8
949	T6C-25	5.8	0.65	0.07	0.58	23.70	43.47	30.08	498.53	8.75	1.05	51.0	10.4	4.8	6.7
950	T6C-50	6.2	0.81	0.07	0.73	33.44	38.84	21.72	588.52	11.45	1.12	25.5	3.6	5.9	5.7
951	T3C-25	5.6	0.62	0.12	0.50	23.02	58.79	21.84	313.54	18.81	1.08	48.4	9.6	4.3	4.8
952	T3C-50	5.8	0.70	0.12	0.58	23.58	38.95	20.36	903.53	18.19	1.06	34.7	3.8	5.1	3.5
953	T7C-25	5.7	0.81	0.07	0.74	27.36	47.65	20.07	438.53	9.48	1.00	46.5	7.6	5.1	7.7
954	T7C-50	5.7	0.60	0.09	0.51	31.16	46.22	19.14	493.53	10.20	1.14	43.9	9.0	5.6	2.5
955	T8C-25	5.8	0.55	0.07	0.48	43.44	49.75	20.75	548.52	12.17	1.46	28.2	9.0	5.4	5.6
956	T8C-50	5.8	0.62	0.08	0.54	40.66	37.08	18.59	513.53	10.20	1.09	16.4	3.4	5.6	6.8

Continuación...

		LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES											LASAB	
2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS														
Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	Acidez intercambiable		CIC meq/100ml	N ppm	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	Ca _{esp} meq/100ml	Mg _{esp} meq/100ml	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
			Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100 ml)	Al ³⁺ (meq/100 ml)										
941	T5C-25	Ligeramente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Medio
942	T5C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Medio
943	T2C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto
944	T2C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio
945	T4C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio
946	T4C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Bajo	Medio	Alto	Medio
947	T1C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio
948	T1C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio
949	T6C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
950	TC6-50	Ligeramente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio
951	T3C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Alto	Bajo	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio

		LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES											LASAB	
952	T3C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio
953	T7C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Alto	Bajo	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
954	T7C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Alto	Bajo	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
955	T8C-25	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Alto	Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio
956	T8C-50	Medianamente ácido	Medio	Medio	Muy Alta	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Medio





 Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 17. Análisis químico de los 6 tratamientos de suelo del predio Santa Marianita para B y S en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.

N° Muestr. Laborat.		Identificación del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm				
					NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
95040	T1 SM 0-25					6,60 B									0,60 M
95041	T1 SM 25-50					5,50 B									0,80 M
95042	T2 SM 0-25					9,00 B									0,70 M
95043	T3 SM 25-50					10,00 M									0,70 M
95044	T3 SM 0-25					8,10 B									0,90 M
95045	T3 SM 25-50					4,80 B									0,90 M
95046	T4 SM 0-25					6,60 B									0,70 M
95047	T4 SM 25-50					4,50 B									0,60 M
95048	T5 SM 0-25					6,40 B									0,50 M
95049	T5 SM 25-50					2,40 B									0,40 B
95050	T6 SM 0-25					6,60 B									0,50 M
95051	T6 SM 25-50					9,30 B									0,70 M

INTERPRETACION		
pH		Elementos
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Liger. Alcalino	M = Medio
PN = Presc. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
BC = Resisten. Cal		T = Tóxico (Bajo)

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo: agua (1,2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado		
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado		
	B = Curcúmina		

Anexo 18. Análisis químico para B y S de los 8 tratamientos de suelo del predio Cucaracha en las capas de 00 a 25 y 25 a 50 cm.

N° Muestr. Laborat.		Identificación del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm				
					NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
95052	T1 C 0-25					4,00 B									0,60 M
95053	T1 C 25-50					3,80 B									0,80 M
95054	T2 C 0-25					5,10 B									0,70 M
95055	T2 C 25-50					2,30 B									0,50 M
95056	T3 C 0-25					6,00 B									0,60 M
95057	T3 C 25-50					4,10 B									0,60 M
95058	T4 C 0-25					3,60 B									0,50 M
95059	T4 C 25-50					1,80 B									0,30 B
95060	T5 C 0-25					4,00 B									0,40 B
95061	T5 C 25-50					4,40 B									0,50 M
95062	T6 C 0-25					5,10 B									0,90 M
95063	T6 C 25-50					2,80 B									0,70 M
95064	T7 C 0-25					3,90 B									0,60 M
95065	T7 C 25-50					4,50 B									0,60 M
95066	T8 C 0-25					4,50 B									0,50 M
95067	T8 C 25-50					3,30 B									0,40 B

INTERPRETACION		
pH		Elementos
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Liger. Alcalino	M = Medio

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo: agua (1,2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado		
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado		

Anexo 19. Evaluación química de seis unidades de suelos predio Santa Marianita, 2013.

Unidad de suelo	Horizonte	pH		Acidez total ($\text{cmol}_e \text{kg}^{-1}$) $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$	C.I.C $\text{Cmol}_e \text{Kg}^{-1}$	Cationes cambiables $\text{cmol}_e \text{kg}^{-1}$		
		H ₂ O	KCl			K	Ca	Mg
S1	Ap	5,13	5,00	1,39	19,10	0,69	5,33	2,99
S1	AE	5,4	5,22	0,78	23,40	0,71	7,74	5,22
S2	Ap	5,21	5,02	1,20	21,90	0,71	7,74	5,22
S2	Bw1	5,5	5,12	0,76	20,42	2,19	30,5	9,62
S3	Ap	5,63	5,47	1,04	17,40	0,70	5,00	4,01
S3	AE	5,58	5,38	1,10	15,68	0,87	7,98	3,27
S4	Ap	6,12	5,86	0,39	27,96	3,22	22,8	9,18
S4	Bt	6,09	5,89	0,63	29,40	3,45	25,5	8,68
S5	Ap	5,98	5,49	0,52	44,04	3,09	22,7	8,89
S5	Bw1	6,17	5,91	0,41	40,38	0,70	4,83	3,02
S6	Ap	5,21	5,07	1,30	15,66	1,98	6,84	3,43
S6	AE	5,45	5,22	0,78	12,80	3,58	9,26	4,51

Anexo 20. Valores promedio de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez cambiante (H^+ y Al^{3+}) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm del predio Santa Marianita, 2013.

Unidad de suelo	$\text{pH H}_2\text{O}$		$\text{cmol}_e \text{kg}^{-1}$							
			$\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$		H^+		Al^{3+}		CIC	
	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm
S1	5,1	5,5	0,46	0,73	0,04	0,17	0,42	0,56	15,62	19,60
S2	5,4	5,6	0,56	0,46	0,16	0,09	0,40	0,37	22,94	20,04
S3	5,3	5,6	0,86	0,88	0,21	0,16	0,65	0,72	22,84	27,60
S4	5,8	5,8	0,51	0,45	0,08	0,07	0,43	0,38	60,88	54,05
S5	5,7	5,8	0,55	0,53	0,07	0,09	0,48	0,44	20,44	25,70
S6	5,1	5,8	1,21	0,54	0,48	0,16	0,73	0,38	15,58	20,66

Anexo 21. Valores promedio de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S y B disponibles en las capas de 00-25 y 25-50 cm en el predio Santa Marianita, 2013.

Unidad de suelo	N		P		K		Ca _{disp.}		Mg _{disp.}		Fe		Mn		Cu		Zn		S		B	
	ppm		ppm		ppm		cmol _c kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm	
	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm
S1	56,3	39,8	15,24	12,83	106,1	183,2	4,92	7,92	0,31	0,22	22,3	22,3	1,4	0,9	2,7	5,1	1,3	2,6	6,6	5,5	0,6	0,8
S2	58,7	45,7	19,34	16,99	142,5	119,2	3,88	3,57	0,47	0,33	26,2	24,2	1,8	0,9	3,0	4,1	3,3	2,4	9,0	10,0	0,7	0,7
S3	60,8	54,1	14,41	14,69	190,7	168,9	3,05	3,46	0,32	0,47	34	28,2	2	1,1	3,8	6,2	4,9	2,9	8,1	4,8	0,9	0,9
S4	58,6	52,6	23,41	17,82	174,1	139,9	16,6	15,4	0,82	0,67	32,1	28,8	3,2	2,2	3,0	4,6	5,2	4,8	6,6	4,5	0,7	0,6
S5	57,5	37,7	23,85	14,67	168,9	359,8	5,64	7,09	0,6	0,96	38,6	32,7	2,6	1,4	4,1	5,9	3,6	4,8	6,4	2,4	0,5	0,4
S6	45,9	41,9	27,33	19,07	79,44	161,6	4,81	3,67	0,24	0,3	22,3	21,0	1,8	0,7	3,3	6,2	4,2	3,5	6,6	9,3	0,5	0,7

Anexo 22. Evaluación química de ocho unidades de suelos predio Cucaracha, 2013.

Perfil	Horizonte	pH		Acidez total cmol _c kg ⁻¹		C.I.C	Cationes cambiabiles cmol _c kg ⁻¹		
		H2O	KCl	Al ³⁺ + H ⁺	Cmol _c Kg ⁻¹	K	Ca	Mg	
PC1	Ap	6,16	5,86	1,29	35,4	3,55	29,91	9,76	
PC1	Bw	6,03	5,79	0,96	43,1	3,58	26,53	8,49	
PC2	Ap	6,12	5,91	1,46	38,6	3,52	27,47	10	
PC2	Bw	5,82	5,51	1,06	39,8	3,26	23,07	8,64	
PC3	Ap	6,04	5,81	0,80	27,86	3,56	25,26	7,78	
PC3	Bw	6,14	5,83	0,65	35,8	3,59	27,12	8,98	
PC4	Ap	5,78	5,46	0,70	37,96	2,9	24,21	8,95	
PC4	Bw	6,00	5,79	1,49	32,48	1,53	28,13	7,94	
CP5	Ap	6,02	5,90	0,65	34,68	1,88	26,49	9,4	
CP5	BwC	6,10	5,8	0,45	37,04	0,23	27,04	8,27	
PC6	Ap	5,80	5,36	0,60	40,8	3,45	19,43	8,07	
PC6	Bw	6,18	5,89	0,43	43,1	3,48	21,78	7,78	
PC7	Ap	5,81	5,56	1,22	40,5	3,58	22,3	8,79	
PC7	Bw	6,03	5,82	1,25	43,6	3,56	21,03	8,34	
PC8	Ap	5,57	5,31	0,80	42,14	2,72	21,65	7,78	
PC8	Bw	5,88	5,45	0,71	44,7	1,73	24,12	7,06	

Anexo 23. Valores promedio de pH_{H2O}, acidez cambiabie (H⁺ y Al³⁺) y CIC de suelo en las capas de 00-25 y 25-50 cm del predio Cucaracha, 2013.

Unidad de suelo	pH _{H2O}		cmol _c kg ⁻¹							
			Al ³⁺ + H ⁺		H ⁺		Al ³⁺		CIC	
	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm
S1	6,0	6,0	0,50	0,57	0,07	0,07	0,43	0,50	33,66	37,60
S2	5,9	6,0	0,49	0,54	0,07	0,06	0,42	0,48	23,34	27,04
S3	5,6	5,8	0,62	0,70	0,12	0,12	0,50	0,58	23,02	23,58
S4	5,9	6,0	0,65	0,65	0,07	0,08	0,58	0,57	29,30	33,54
S5	6,1	6,0	0,48	0,75	0,10	0,08	0,38	0,67	36,54	38,16
S6	5,8	6,2	0,65	0,81	0,07	0,07	0,58	0,73	23,70	33,44
S7	5,7	5,7	0,81	0,60	0,07	0,09	0,74	0,51	27,36	31,16
S8	5,8	5,8	0,55	0,62	0,07	0,08	0,48	0,54	43,44	40,66

Anexo 24. Valores promedio de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S y B disponibles en las capas de 00-25 y 25-50 cm en el predio Cucaracha, 2013.

Unidad de suelo	N		P		K		Ca ^{disp.}		Mg ^{disp.}		Fe		Mn		Cu		Zn		S		B	
	ppm		ppm		ppm		cmol _c kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm	
	00-25 Cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 Cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm	00-25 cm	25-50 cm
S1	30,13	38,29	7,84	11,03	567,42	418,00	13	9,27	1,62	0,93	28,8	23,6	7,3	4	5,4	6,4	5,7	4,8	4,00	3,80	0,60	0,80
S2	53,61	30,90	15,50	12,72	289,34	430,45	10,31	19,95	1,16	1,97	42,5	30,8	5,9	3,2	4,3	5,9	7,9	6,7	5,10	2,30	0,70	0,50
S3	58,79	38,95	9,52	8,87	260,28	418,00	18,81	18,19	1,08	1,06	48,4	34,7	9,6	3,8	4,3	5,1	4,6	3,5	6,00	4,10	0,60	0,60
S4	51,07	37,30	8,89	8,17	189,02	178,23	11,86	9,27	1,65	1,01	30,8	19,6	11,7	5,7	4,1	5,4	6,5	4,7	3,60	1,80	0,50	0,30
S5	48,76	37,63	13,03	7,53	388,95	359,89	12,17	13	1,55	1,60	8,5	8,5	5,5	3,6	3,5	4,6	6,9	4,7	4,00	4,40	0,40	0,50
S6	43,47	38,84	13,11	9,46	413,85	488,56	8,75	11,45	1,05	1,12	51	25,5	10,4	3,6	4,8	5,9	6,7	5,7	5,10	2,80	0,90	0,70
S7	47,65	46,22	8,74	8,34	364,05	409,70	9,48	10,2	1,00	1,14	46,5	43,9	7,6	9	5,1	5,6	7,7	2,5	3,90	4,50	0,60	0,60
S8	49,75	37,08	9,04	8,10	455,36	426,30	12,17	10,2	1,46	1,09	28,2	16,4	9	3,4	5,4	5,6	5,6	6,8	4,50	3,30	0,50	0,40

Anexo 25. Vista general de unidades de suelo predios Santa Marianita y Cucaracha.



Figura 8.1. Unidades de suelo a) palma colinado, b) melina escarpado, c) teca escarpado, d) maíz plano (00-25 cm), predio Sta. Marianita, 2013.



Figura 8.2. Unidades de suelo a) huerta escarpado, b) bambú plano, c) teca escarpado, d) pasto plano, e) pasto colinado (00-25 cm), predio Cucaracha, 2013.

Anexo 26. Tríptico divulgativo entregado a los asistentes en el día de campo.

Instalación del experimento: le coloco sobre el mesón a todas las taríras, llenas con la solución en un volumen de 800 ml por cada recipiente, en los vasos plásticos se coloco 200 g de suelo.

Siembra y reposición de soluciones nutritivas: Se sembró dos semillas de tomate en cada vaso, luego de la emergencia se dejó una sola planta. La reposición de la solución nutritiva se hizo en base a las necesidades por evapotranspiración de las plantas.

Registro de datos: Cada 5 días se registraron la altura de las plantas, con la observación e identificación de las diferentes sintomatologías. Al término de las mediciones se llevaron las plantas a la estufa, para determinar peso de materia seca.

3.4 Diseño experimental
Diseño Bifactorial Completamente al Azar
Predio Santa Marianita
Número de unidades experimentales: 396
Número de tratamientos: 66 (11x6)
Número de repeticiones: 3
Predio Cucaracha
Número de unidades experimentales: 528
Número de tratamientos: 88 (11x8)
Número de repeticiones: 3

4. RESULTADOS

Figura 1. Prueba de Tukey en muestras de suelo 00-25 cm, para la planta tomate, a los 50 días para el factor solución, predio Santa Marianita, provincia de Los Ríos.

Figura 2. Prueba de Tukey en muestras de suelo 00-25 cm, para la planta tomate, a los 50 días para el factor suelo, predio Santa Marianita, provincia de Los Ríos.

Figura 3. Prueba de Tukey en muestras de suelo 00-25 cm, para la planta tomate, a los 50 días para el factor solución, predio Cucaracha, provincia de Esmeraldas.

Figura 4. Prueba de Tukey en muestras de suelo 00-25 cm, para la planta tomate, a los 50 días para el factor solución, predio Cucaracha, provincia de Esmeraldas.

5. CONCLUSIONES

Los suelos del predio Santa Marianita son deficientes en el P, N, K, Mn y el Mg, S, Zn, Cu, B, Fe presentan mejores características.

En Santa Marianita el mejor suelo corresponde al cultivo con Melina y Plano (S3) y el suelo más deficitario corresponde al cultivo de Palma y plano (S1).

En el predio Santa Marianita, el incremento de altura de planta de tomate es del 116.17% entre el S3 (Melina plano) y el S1 (Palma plano).

Los suelos del predio Cucaracha, son deficientes en P, seguidamente N, K y en un nivel medio el Cu, Fe, B, Zn, Mn, Mg, S.

En Cucaracha el mejor suelo corresponde al cultivo de Bambú y escarpado (S4), mientras que el suelo con mayores deficiencias corresponde al cultivo de Cacao y plano (S2), Pasto y escarpado (S8).

En el predio Cucaracha, el incremento de altura de planta de tomate es del 31.29% entre el S4 (Bambú escarpado) y el S2 (Cacao plano).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

DIA DE CAMPO DE LA TESIS:



"CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS"

Tesistas: Fernando Mauricio Castillo Cevallos
José Francisco Salinas Landy

Director: Ing. Miguel Villamagua

Loja-Ecuador
2013

Continuación...

<p style="text-align: center;">1. INTRODUCCIÓN</p> <p>El nivel de fertilidad de los suelos es uno de los factores que determinan el comportamiento y la productividad de los cultivos. En las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, encontramos suelos de origen volcánico los que reciben altas precipitaciones, por lo que se detecta degradación del suelo en zonas de explotación agrícola, situación que permite a los laboratorios de análisis químicos de suelos ofertar sus servicios, los cuales recomiendan insumos o fertilizantes químicos a los agricultores, los mismos que en muchas ocasiones no se relacionan con los requerimientos de nutrientes de los cultivos, que son específicos para cada sitio y época del año (Carrillo, et al. 2010).</p> <p>Debido a que los laboratorios de suelos del país, para evaluar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (fertilidad actual) realizan la extracción de estos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn) con la solución de Olsen Modificada (NaHCO₃ + EDTA + Superfloc), es necesario establecer la correspondencia de los resultados frente a un método de evaluación biológica, utilizando soluciones nutritivas a las cuales se les haya excluido uno de los nutrientes y monitorear el desarrollo de una planta indicadora (tomate) y su producción de biomasa.</p> <p>Este método se viene utilizando actualmente por los docentes-investigadores de la Universidad Nacional de Loja, en la perspectiva de establecer la confiabilidad de los resultados de los análisis de laboratorio de las diferentes regiones agroecológicas del país. Al respecto se citan los trabajos realizados por Guayllas y Valarezo (1988) en los suelos de Saraguro y por Bumeo y Valarezo (2012) en los suelos de un experimento de Panguitza (cantón Centinela del Cóndor) en los cuales sea aplicado cal, carbón vegetal y nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn y B); Mendoza y Valarezo (2013), evaluó la disponibilidad de macro y micro nutrientes de doce tratamientos de suelo tratados con carbón vegetal, cal y nutrientes en un experimento con dos especies arbóreas, en el cantón el Pangui.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>>Predio Santa Marianita, parroquia Buena Fé, Cantón Buena Fé, Provincia de los Ríos</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>>Predio Cucaracha, parroquia Rosa Zarate, Cantón Quindí, Provincia de Esmeraldas</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">2. OBJETIVOS</p> <p>2.1 Objetivo General</p> <p>Disponer de información sobre la correspondencia de los contenidos de nutrientes aprovechables de N, P, K, S, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B, analizados químicamente (extracción de Olsen Modificado) y la evaluación biológica mediante el método del elemento faltante, en dos unidades productivas seleccionadas de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas, como referentes para validar los análisis de suelos en el país.</p> <p>2.1 Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar las unidades de suelos de los predios: Santa Marianita, del cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos; y Cucaracha del cantón Quindí, provincia de Esmeraldas. • Evaluar biológicamente la fertilidad actual de las unidades de suelos de los predios seleccionados, mediante la técnica de elemento faltante. Desarrollado por Cowell (1980) y adaptado por Valarezo (1985). • Establecer la correspondencia entre la evaluación biológica y los contenidos nutricionales de las unidades de los predios seleccionados extraídos con la solución de Olsen Modificada. • Difundir los resultados obtenidos durante el proceso de investigación a las personas interesadas. <p style="text-align: center;">3. METODOLOGÍA</p> <p>3.1 Lugar de trabajo</p> <p>El muestreo se realizó en el predio Santa Marianita que se encuentra ubicada en la parroquia Buena Fé, del cantón Buena Fé, de la provincia de los Ríos y el predio Cucaracha en la parroquia Rosa Zarate, del cantón Quindí, de la provincia de Esmeraldas. La evaluación biológica se efectuó en la Estación Experimental "La Argelia", sector Los Molinos.</p> <p>3.2 Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • 924 vasos cilíndricos de plástico de 250 ml • 924 macetas (tarrinas), de plástico de 700 ml. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pipetas de 5 y 10 ml. • Balanza precisión 0,1 g. • Probetas 500 y 1000 ml. • Estufa. • Fundas de papel y de plástico • Barreno • Galones de plástico de 5 litros de capacidad • Regla • Marcadores y papeletas de identificación • Libreta de registro • GPS. <p>Caracterización de las unidades de suelos : con un mapa base de la finca se procedió caracterizar las unidades de los suelos a partir de las formas del terreno y cultivo. En cada unidad de suelos identificada se preparará una calicata y se describirá el perfil del suelo siguiendo las normas contenidas en la "Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos" de la FAO (1975).</p> <p>Evaluación biológica (muestreo): se tomaron muestras de suelo compuestas en seis unidades en el predio Santa Marianita y en ocho unidades de suelo en el predio Cucaracha, a dos profundidades de suelo (00-25 cm y 25 a 50 cm).</p> <p>Preparación del suelo: las muestras se secaron al aire libre y se procedió a triturar los terrones existentes, y se pesó 200 g de sustrato por muestra.</p> <p>Preparación de los recipientes: se perforó en forma circular las tapas de las tarrinas (700 ml), así mismo la base de los vasos (200 ml) y se le acoplo un pedazo de media nylon, sujeta con cinta y liga delgada en la base inferior del vaso.</p> <p>Preparación de soluciones nutritivas: la concentración de las soluciones nutritivas estuvo alrededor de 12 meq/l, las soluciones que se prepararon fueron las siguientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución nutritiva completa (SC) • Solución nutritiva menos (-N) • Solución nutritiva menos (-P) • Solución nutritiva menos (-K) • Solución nutritiva menos (-Mg) • Solución nutritiva menos (-S) • Solución nutritiva menos (-Zn) • Solución nutritiva menos (-Cu) • Solución nutritiva menos (-Mn) • Solución nutritiva menos (-B) • Solución nutritiva menos (-Fe)
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anexo 27. Planificación del evento de difusión de resultados (día de campo).

- Tipo de evento: Día de campo
- Tema: Correspondencia entre la evaluación química y biológica de la fertilidad actual de suelos de origen volcánico en dos unidades productivas de las provincias de los Ríos y Esmeraldas
- Lugar: Loja
- Participantes: Director tesis, tesistas, propietarios de los predios, estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica y Agrícola.
- Fecha: 4 de noviembre de 2013.



Figura 8.3. Difusión de resultados (día de campo)

Anexo 28. Tabla de interpretación de análisis utilizada en la actualidad (INIAP, 2013)

NIVELES PARA LA INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS *									
COSTA Y SIERRA	Muy Acido	Acido	Median. Acido	Ligeram. Acido	Prácticam. Neutro	Ligeram. Alcalino	Median. Alcalino	Alcalino	Neutro
pH	0,0-5,0	5-5,5	>5,5-6,0	>6-6,5	>6,5-7,5	>7,5-8,0	>8-8,5	>8,5	7,0
Siglas	M. Ac	Ac	Me Ac	L Ac	P N	L Al	Me Al	Al	N
Requieren Cal									
DISPONIBLES									
Nutriente	Unidad	COSTA				SIERRA			
		Bajo	Medio	Alto	Tóxico	Bajo	Medio	Alto	Tóxico
N	ppm	< 20.0	20.0-40.0	> 40		< 30.0	30.0-60.0	> 60.0	
P	ppm	< 10.0	10.0-20.0	> 20.0		< 10.0	10.0-20.0	> 20.0	
S	ppm	< 10.0	10.0-20.0	> 20.0		< 10.0	10.0-20.0	> 20.0	
K	meq/100ml	< 0.2	0.2-0.4	> 0.4		< 0.2	0.2-0.4	> 0.4	
Ca	meq/100ml	< 4.0	4.0-8.0	> 8.0		< 4.0	4.0-8.0	> 8.0	
Mg	meq/100ml	< 1.0	1.0-2.0	> 2.0		< 1.0	1.0-2.0	> 2.0	
Cu	ppm	< 1.0	1.0-4.0	> 4.0		< 1.0	1.0-4.0	> 4.0	
Fe	ppm	< 20.0	20.0-40.0	> 40.0		< 20.0	20.0-40.0	> 40.0	
Mn	ppm	< 5.0	5.0-15.0	> 15.0		< 5.0	5.0-15.0	> 15.0	
Zn	ppm	< 2.0	2.0-7.0	> 7.0		< 2.0	2.0-7.0	> 7.0	
B	ppm	< 0.50	0.5-1.0	1	> 1.0	< 1.0	1.0-2.0	> 2.0	> 4
Cl	ppm	< 17.0	17.0-34.0	> 34.0		< 17.0	17-34	> 34.0	
M.O.	%	< 3.0	3.0-5.0	> 5		< 3	3.0-5.0	> 5	
Siglas		B	M	A	T	B	M	A	T
DISPONIBLES									
Nutriente	Unidad	COSTA			SIERRA				
		Bajo	Medio	Tóxico	Bajo	Medio	Tóxico		
Al+H	meq/100ml	< 0.5	0.5-1.5	> 1.5	< 0.5	0.5-1.5	> 1.5		
Al	meq/100ml	< 0.3	0.3-1.0	> 1.0	< 0.3	0.3-1.0	> 1.0		
Na	meq/100ml	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0		
Siglas		B	M	T	B	M	T		
DISPONIBLES									
Nutriente	Unidad	COSTA				SIERRA			
		No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino	No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino
C.E	mmhos/cm	z	2.0-4.0	>4.0-8.0	>8.0	< 2.0	2.0-4.0	4.0-8.0	> 8.0
Siglas		NS	LS	S	MS	NS	LS	S	MS

* Dpto. Manejo de Suelos y Aguas - Estación Experimental Santa Catalina - INIAP (modificado 28-02-2011)

Anexo 29. Ubicación de los predios.

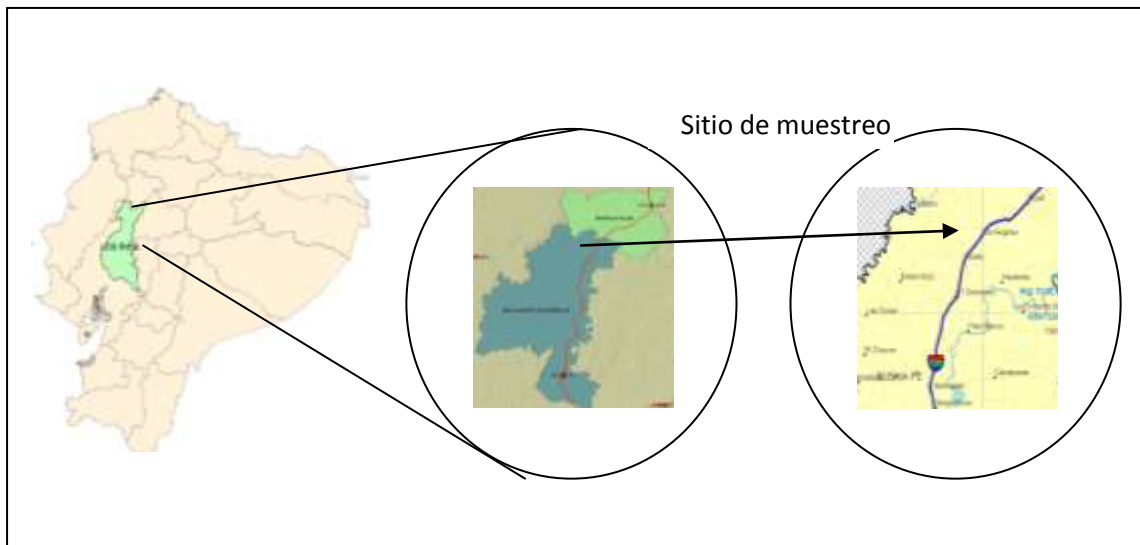


Figura 8.4. Ubicación predio Santa Marianita (provincia Los Ríos, cantón Buena Fe, parroquia Buena Fe).

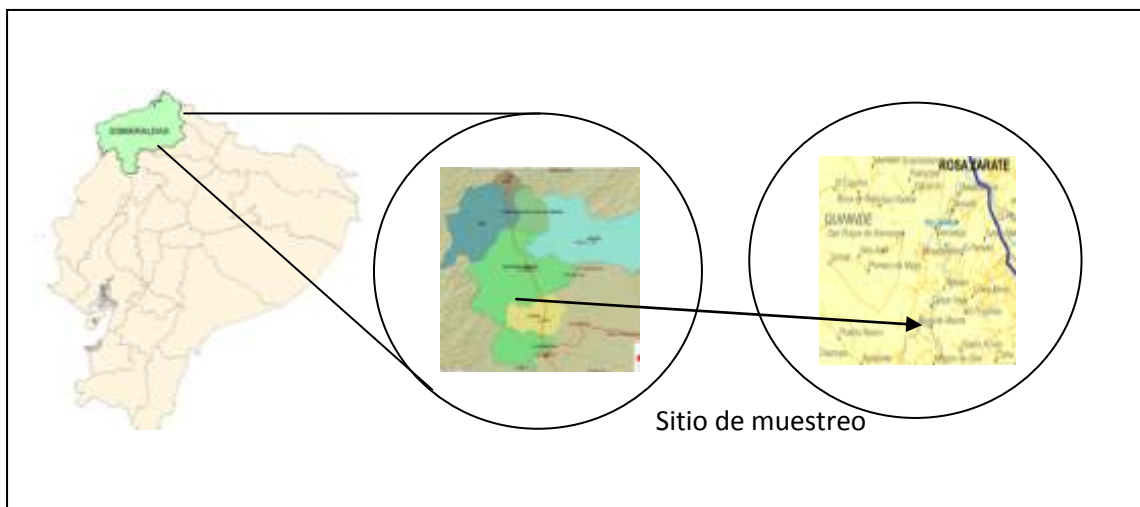


Figura 8.5. Ubicación predio Cucaracha (provincia Esmeraldas, cantón Quinindé, parroquia Rosa Zarate).