



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD  
ACTUAL DE UN SUELO, DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL  
SISTEMA DE RIEGO LA ERA, CANTÓN CATAMAYO”.

Tesis de Grado Previa a  
la Obtención del Título  
de Ingeniero Agrícola

**AUTOR:**

*Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca*

**DIRECTOR:**

*Ing. Miguel Ángel Villamagua, M. Sc.*

LOJA- ECUADOR

2016

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Miguel Ángel Villamagua, M. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DEL ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE UN SUELO, DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA ERA, CANTÓN CATAMAYO”**; cuyo autor es el señor egresado Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca, previo a la obtención de Ingeniero Agrícola, ha sido revisado desde su inicio hasta su culminación; por lo tanto autorizó su presentación, para su correspondiente calificación.

Loja, 28 de Enero de 2016



Ing. Miguel Ángel Villamagua, M. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

### CERTIFICAN:

Que se han incorporado las sugerencias emitidas por los miembros del Tribunal de la Tesis **EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE UN SUELO, DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA ERA, CANTÓN CATAMAYO** de autoría del señor Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca, egresado de la Carrera de Ingeniería Agrícola.

Loja, 28 de enero de 2016

Edison Ramiro Vázquez, Ph.D.  
**PRESIDENTE**

Ing. Omar Ojeda Ochoa, M.Sc  
**VOCAL**

Ing. Pablo Álvarez Figueroa, M.Sc  
**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo, **Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca** declaro ser autor 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 acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Autor:** Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca.

**Firma:** .....

**Cédula:** 1104895840

**Fecha:** 28 de Enero de 2016

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE UN SUELO, DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA ERA, CANTÓN CATAMAYO”**, como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrícola, autorizó al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera, para el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización en la Universidad Nacional de Loja, a los veintiocho días del mes de Enero del año dos mil dieciséis, firma el autor.

**Firma:** .....

**Autor:** Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca

**Número de cédula:** 1104895840

**Dirección:** Loja – Barrio Isidro Ayora

**Correo Electrónico:** geoz18@hotmail.com

**Teléfono celular:** 0994138117

**Director de Tesis:** Ing. Miguel Ángel Villamagua, M. Sc.

**Tribunal de Grado:** Dr. Edison Ramiro Vásquez, M. Sc.

Ing. Omar Ojeda Ochoa, M. Sc.

Ing. Pablo Álvarez Figueroa, M. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables y de manera muy especial a la carrera de Ingeniería Agrícola, con toda su planta docente por haberme formado como profesional para el servicio de la sociedad.

Mi agradecimiento al Ing. Miguel Ángel Villamagua Mg. Sc. director de la presente investigación por su valioso aporte y orientación. Y al Ing. Carlos Valarezo por sus valiosos conocimientos y guiarme hasta la culminación del trabajo investigado.

Al tribunal calificador Dr. Ramiro Vásquez, Ing. Omar Ojeda, Ing. Pablo Álvarez por su asesoría y ayuda desinteresada.

De igual manera agradezco la colaboración de la Ing. Diana Iñiguez, Lcda. Julita González, Lcda. Charito Torres, Ing. Fabián Macas, Ing. Lucia Quichimbo, por brindarme sus conocimientos en el transcurso de mi tesis.

Finalmente a mis amigos del grupo juvenil Divino Niño por su apoyo durante la realización de la fase de campo también a mis amigos de estudio de la promoción 2009-2014 y a todos quienes de una u otra forma participaron y apoyaron en la elaboración de la presente investigación, les expreso mi gratitud.

**EL AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por estar siempre presente y cuidarme en todas las adversidades de mi vida. A mis amados padres Lucia y Wilman quienes con su amor y comprensión supieron llevarme por el camino del éxito y darme la oportunidad de alcanzar mis metas, a mi querido hermano Jonathan por ser quien me da ánimo y estar pendiente de mí, a mi segundo hermanito que es el motivo mucha alegría en mi familia.

**EL AUTOR**

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	.ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Los nutrientes esenciales para las plantas.....	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.....	7
2.2.5. Magnesio.....	7
2.2.6. Azufre.....	8
2.2.7. Zinc.....	9
2.2.8. Cobre.....	9
2.2.9. Hierro.....	10
2.2.10. Manganeso.....	10
2.2.11. Boro.....	11
2.2.12. Molibdeno.....	12
2.3. Propiedades químicas del suelo.....	13
2.3.1. Importancia del análisis del suelo.....	13
2.3.2. Reacción del suelo: pH.....	13
2.4. Diagnóstico de la fertilidad del suelo.....	14



2.4.1.	Fertilidad actual y potencial de un suelo.....	15
2.5.	Sistemas de clasificación de suelos.....	15
2.6.	Soluciones extractoras para la evaluación de la disponibilidad de nutrientes. ....	16
2.6.1.	Principios generales .....	16
2.6.2.	Soluciones extractoras .....	16
2.6.3.	Solución extractora Mehlich I.....	16
2.6.4.	Solución extractora Mehlich III.....	17
2.6.5.	Morgan modificado.....	17
2.6.6.	Extracción con DPTA.....	17
2.6.7.	Solución extractora Olsen.....	17
2.6.8.	Solución extractora Olsen Modificada.....	18
2.6.9.	Solución extractora Bray.....	18
2.7.	Utilización de la solución olsen modificada en el Ecuador.....	18
2.7.1.	La red de laboratorios de suelos en el Ecuador (RELASE).....	19
2.8.	Método biológico para la evaluación de la fertilidad.....	20
2.9.	Trabajos relacionados.....	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1.	Sistema de riego La Era, ubicación política y geográfica.....	24
3.2.	Características biofísicas del sistema de riego La Era.....	24
3.2.1.	Relieve.....	24
3.2.2.	Fisiografía.....	24
3.2.3.	Geología.....	24
3.2.4.	Suelo.....	24
3.2.5.	Clima.....	25
3.2.6.	Clasificación bioclimática y ecológica.....	25
3.3.	Características de la serie La Era según el estudio de suelos del INERHI , (1984).....	25
3.4.	Características y uso actual de las parcelas seleccionadas para la evaluación biológica y química de la fertilidad.....	26
3.5.	Localización del ensayo de evaluación biológica.....	27
3.6.	Materiales y equipos.....	27
3.7.	Metodología.....	28
3.7.1.	Caracterización física de las unidades de suelos.....	28
3.7.2.	Evaluación biológica de la fertilidad del suelo.....	28

3.7.3.	Diseño Experimental para los seis predios seleccionados de la serie La Era. ....	28
3.7.4.	Preparación de soluciones nutritivas.....	30
3.7.5.	Análisis de la fertilidad química en el laboratorio.....	33
3.7.6.	Correspondencia entre la evaluación biológica y los análisis químicos del laboratorio.....	33
3.7.7.	Difusión de los resultados.....	34
4.	RESULTADOS.....	35
4.1.	Características físico químicas de las parcelas seleccionadas de la serie La Era..	35
4.2.	Uso de maíz + zarandaja.....	35
4.2.1.	Condiciones físicas .....	35
4.2.2.	Condiciones químicas.....	35
4.2.3.	Fertilidad actual .....	35
4.3.	Uso de Caña.....	35
4.3.1.	Condiciones físicas .....	35
4.3.2.	Condiciones químicas.....	36
4.3.3.	Fertilidad actual.....	36
4.4.	Uso de Pimiento.....	36
4.4.1.	Condiciones físicas .....	36
4.4.2.	Condiciones químicas.....	36
4.4.3.	Fertilidad actual .....	36
4.5.	Uso de Yuca.....	37
4.5.1.	Condiciones físicas .....	37
4.5.2.	Condiciones químicas.....	37
4.5.3.	Fertilidad actual .....	37
4.6.	Uso del Pasto .....	37
4.6.1.	Condiciones físicas .....	37
4.6.2.	Condiciones químicas.....	37
4.6.3.	Fertilidad actual .....	38
4.7.	Uso de Huerta .....	38
4.7.1.	Condiciones físicas .....	38
4.7.2.	Condiciones químicas.....	38
4.7.3.	Fertilidad actual .....	38
4.8.	Evaluación biológica de la fertilidad del suelo.....	41
4.9.	Altura de la Planta indicadora.....	41

4.9.1.	Solución nutritiva completa .....	41
4.9.2.	Solución –N .....	41
4.9.3.	Solución –P .....	42
4.9.4.	Solución –K .....	42
4.9.5.	Solución –Mg.....	42
4.9.6.	Solución –S.....	43
4.9.7.	Solución – Zn.....	43
4.9.8.	Solución – Cu .....	43
4.9.9.	Solución – Mn.....	44
4.9.10.	Solución – B .....	44
4.9.11.	Solución – Fe .....	44
4.9.12.	Aspecto de la planta indicadora .....	47
4.10.	Materia Seca de la Planta Indicadora.....	48
4.10.1.	Solución –N .....	48
4.10.2.	Solución –P.....	49
4.10.3.	Solución –K .....	49
4.10.4.	Solución –Mg.....	49
4.10.5.	Solución –S.....	49
4.10.6.	Solución –Zn.....	50
4.10.7.	Solución –Cu .....	50
4.10.8.	Solución –Mn.....	50
4.10.9.	Solución –B .....	51
4.10.10.	Solución –Fe .....	51
4.11.	Correspondencia entre la evaluación biológica y la evaluación química de la fertilidad del suelo. ....	55
5.	DISCUSIÓN.....	59
5.1.	Características físico químicas de las parcelas seleccionadas de la serie La Era. ....	59
5.2.	Pautas para mejorar la fertilidad del suelo de la Serie La Era con referencia a la Evaluación biológica. ....	60
5.2.1.	Uso de maíz + zarandaja.....	60
5.2.2.	Uso de caña.....	60
5.2.3.	Uso de pimiento.....	61
5.2.4.	Uso de yuca.....	62
5.2.5.	Uso de pasto.....	62

5.2.6.	Uso de huerta. ....	63
5.3.	Correspondencia entre la evaluación biológica y la evaluación química de la fertilidad del suelo. ....	63
6.	CONCLUSIONES.....	65
7.	RECOMENDACIONES.....	66
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	67
9.	ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Ubicación, uso actual y características físicas del terreno de las parcelas seleccionadas.....	26
<b>Cuadro 2.</b> Factores y niveles de estudio dentro del diseño bifactorial completamente al azar. La Era, 2015.....	29
<b>Cuadro 3.</b> Tipos de sales y las cantidades expresadas en gramos para preparar las soluciones madres 1N de los macroelementos.....	30
<b>Cuadro 4.</b> Concentración de la solución nutritiva y cantidades de sales expresadas en gramos para la preparación de un litro de la solución madre de micronutrientes. ....	31
<b>Cuadro 5.</b> Volúmenes de las soluciones madre que se necesitó para 1 L en las diferentes soluciones nutritivas.....	31
<b>Cuadro 6.</b> Características químicas de la capa de 00-25 cm en los seis sitios de la serie La Era. ....	39
<b>Cuadro 7.</b> Contenido de elementos disponibles en la capa de 00-25 cm de los seis tipos de uso de suelo, serie La Era (extracción con la solución de Olsen Modificada).....	40
<b>Cuadro 8.</b> Condiciones físicas de la capa de 00-25 cm en los seis sitios de la serie La Era, de diferentes usos.....	40
<b>Cuadro 9.</b> Altura promedio de la planta indicadora (cm) a los 60 días después de la germinación, en los suelos de los diferentes tratamientos, del predio La Era. ....	45
<b>Cuadro 10.</b> Porcentaje de altura promedio de la planta indicadora (%) a los 60 días después de la germinación, en los diferentes usos de suelo, serie La Era. ....	45
<b>Cuadro 11.</b> Cuadro de interpretación.....	45
<b>Cuadro 12.</b> Confrontación de los rangos entre; la evaluación biológica (altura de la planta) y el análisis químico para los seis usos de suelo, serie La Era. ....	46
<b>Cuadro 13.</b> Materia seca de la planta indicadora (g) a los 60 días de edad, en seis usos de suelo de la serie La Era.....	51
<b>Cuadro 14.</b> Porcentaje de peso de la materia seca (%) en los seis usos de suelo, serie La Era, en relación a la solución completa. ....	52
<b>Cuadro 15.</b> Comparación de rangos de los resultados entre la evaluación biológica (materia seca) y el análisis químico para los seis usos de suelo, serie La Era. ....	52
<b>Cuadro 16.</b> Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes extraídos con la solución Olsen Modificada) de los seis usos en la capa de 00-25 cm. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del invernadero en la Estación Experimental La Argelia.....	27
<b>Figura 2.</b> Promedio de altura de la planta de tomate y prueba de Tukey al 5% a los 60 días de edad, para el factor uso del suelo.....	46
<b>Figura 3.</b> Promedio de la altura de la planta de tomate y prueba de Tukey al 5% a los 60 días de edad, para el factor soluciones.....	47
<b>Figura 4.</b> Deficiencias de nutrientes (N, P y S).....	47
<b>Figura 5.</b> Vista general de dos usos de suelo: yuca y maíz+zarandaja a los 60 días.....	48
<b>Figura 6.</b> Promedio de la materia seca de la planta indicadora y prueba de Tukey p a los 60 días de edad para el factor nutritivas.....	53
<b>Figura 7.</b> Promedio y prueba Tukey al 5%, la materia seca de la planta de tomate a los 60 días de edad, para el factor soluciones.....	53
<b>Figura 8.</b> Vista general del uso de caña que posee menor peso en materia seca según el análisis de varianza aplicando la prueba Tukey.....	54
<b>Figura 9.</b> Síntomas de deficiencia en la planta indicadora ( <i>solanum lycopersicum</i> ) con los suelos de La Era.....	54
<b>Figura 10.</b> Corte de la planta indicadora y secado de la misma para determinar la materia seca.....	54
<b>Figura 11.</b> Correlación entre; el nitrógeno, fosforo, potasio y el peso de la biomasa seca.....	56
<b>Figura 12.</b> Correlación entre; el magnesio, hierro, azufre y el peso de la biomasa seca.....	57
<b>Figura 13.</b> Correlación entre; el manganeso, zinc, cobre y el peso de la biomasa seca.....	58

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Terminología usada en la descripción de los síntomas de las plantas.....	71
<b>Anexo 2.</b> Descripción de perfiles del suelo en predio La Era.....	72
<b>Anexo 3.</b> Análisis físicos químicos realizados por el INERHI 1981.....	74
<b>Anexo 4.</b> Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo (Valarezo et al, 1998).....	75
<b>Anexo 5.</b> Resultados de altura de la planta indicadora, a los 60 días de edad, en las cuatro repeticiones (R) de los seis suelos.....	76
<b>Anexo 6.</b> Materia seca (g) de la planta indicadora en las cuatro repeticiones (R) de 6 suelos del predio La Era.....	78
<b>Anexo 7.</b> Resumen del análisis del análisis de varianza para la altura de la planta de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) a los 60 días en el predio La Era.....	80
<b>Anexo 8.</b> Análisis de varianza entre las soluciones nutritivas y altura de la planta aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).....	80
<b>Anexo 9.</b> Análisis de varianza entre los usos del suelo y altura de la planta aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).....	80
<b>Anexo 10.</b> Resumen del análisis del análisis de varianza para los valores de biomasa seca de la planta de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) a los 60 días en el predio La Era.....	80
<b>Anexo 11.</b> Análisis de varianza entre las soluciones nutritivas y peso seco de la planta aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).....	81
<b>Anexo 12.</b> Análisis de varianza entre los usos del suelo y peso seco de la planta, aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).....	81
<b>Anexo 13.</b> Análisis químico de los 6 tratamientos de suelo de la Serie La Era.....	82
<b>Anexo 14.</b> Análisis físico de los 6 tratamientos de suelo de la serie La Era.....	94
<b>Anexo 15.</b> Tríptico divulgativo entregado a los asistentes en el día de campo.....	95
<b>Anexo 16.</b> Planificación del evento de difusión de resultados (día de campo).....	97
<b>Anexo 17.</b> Evaluación Biológica del cultivo de Caña.....	97
<b>Anexo 18.</b> Evaluación Biológica del cultivo de Pasto.....	98
<b>Anexo 19.</b> Evaluación Biológica del Huerto familiar.....	98
<b>Anexo 20.</b> Evaluación Biológica del cultivo de maíz+zarandaja.....	98
<b>Anexo 21.</b> Evaluación Biológica del cultivo de yuca.....	99
<b>Anexo 22.</b> Evaluación Biológica del cultivo de pimiento.....	99

**“EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA  
FERTILIDAD ACTUAL DE UN SUELO, DESARROLLADO  
SOBRE ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA ERA,  
CANTÓN CATAMAYO”**



## RESUMEN

La aplicación de fertilizantes sin considerar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la falta de restitución de nutrientes que han extraído los cultivos, dan como resultado la baja fertilidad de los suelos<sup>1</sup>. Con estos antecedentes, se planteó disponer información sobre la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo, mediante el método biológico y el análisis químico estableciendo una correspondencia entre los dos métodos. En la metodología y los resultados se consideró la referencia del estudio detallado de suelos realizada por el INERHI (1984), y actualizando esta información se concluye que son suelos de clase pobre, pH desde ligeramente alcalino a prácticamente neutro, la C.I.C. se encontró en el rango medio, la materia orgánica varía desde alto y bajo y la suma de bases totales del rango medio a muy alto. Para evaluar biológicamente la disponibilidad de los elementos N, P, K, Mg, S, Zn, Cu, Mn, B y Fe, se utilizó plantas indicadoras de tomate, con la técnica del elemento faltante utilizando la solución nutritiva completa y soluciones nutritivas carentes de uno de los elementos en evaluación. Al final del experimento muestran que el N, P y S resultaron ser los elementos con mayor deficiencia. La correlación entre la biomasa seca y los elementos disponibles del análisis químico del suelo fue: elevada para el -N y -S ( $r= 0,9$ ), moderada para los elementos -Cu y -Mg ( $r= 0,7$ ); baja para el -K, -Mn, -Zn, -P y -Fe.

**Palabras clave:** Serie La Era, evaluación biológica, soluciones nutritivas, correlación.

---

<sup>1</sup> Entrevista con el Sr. Wilman Delgado, productor del sistema de riego La Era

## ABSTRACT

Fertilizer application without considering the availability of nutrients in the soil and the lack of restitution of nutrients crops have been extracted, resulting in low soil fertility.<sup>2</sup> With this background, it is proposed to have information on the availability of essential nutrients in the soil, through biological method and chemical analysis by correlating the two methods. In the methodology and results, the detail soil study reference conducted by the INERHI (1984) was considered, and updating this information, it is concluded they are: poor-class soils, pH slightly alkaline to practically neuter, the C.I.C. was found in the mid-range, organic matter ranges from high and low and the sum of total bases of midrange to very high. To biologically assess the availability of the elements N, P, K, Mg, S, Zn, Cu, Mn, B and Fe, tomato indicator plants was used, with the technique of missing element using the complete nutrient solution and the nutrient solutions lacking of one element in evaluation. At the end, the experiment show that the N, P and S proved to be the most deficient elements. The dry biomass correlation and available elements resulting of the chemical analysis was high for -N and -S ( $r = 0.9$ ), moderate for -Cu and -Mg ( $r = 0.7$ ) elements; low for the -K, -Mn, -Zn, -P and -Fe.

**Keywords:** La Era Series, biological evaluation, nutrient solutions, correlation.

---

<sup>2</sup> Interview with Mr. Wilman Delgado farmer of the irrigation system "La Era".

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Sistema de riego La Era ubicado en la parroquia El Tambo del cantón Catamayo, provincia de Loja, cubre una superficie de 456 ha, en el cual se practica una agricultura minifundista con uso del suelo intensivo en la producción de cultivos de ciclo corto: tomate, pimiento, pepino, maíz y yuca.

La baja fertilidad de los suelos debido a la falta de restitución de los nutrientes y la erosión hídrica producto del manejo inadecuado del agua, han generado bajos rendimientos de los cultivos.

La aplicación de fertilizantes por parte del agricultor, se realiza sin suficiente sustento científico técnico ya que no se consideran las reales disponibilidades de nutrientes en el suelo y los requerimientos de los cultivos. Por otro lado, se duda que el análisis químico de la fertilidad actual del suelo (disponibilidad de nutrientes) utilizando la solución extractora de Olsen Modificada, oficialmente utilizada en el país por la RELASE (Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador), refleje el real estado de los nutrientes disponibles en el suelo, por lo que la Universidad Nacional de Loja, ha emprendido una serie de investigaciones en los suelos de varios ecosistemas del país, con la finalidad de encontrar la correlación entre los contenidos extraídos por la referida solución, expresados en rangos: bajo, medio y alto, y, la evaluación biológica, aplicando el método del elemento faltante, que se utiliza el tomate de mesa como planta indicadora, en experimentos de invernadero, cuya técnica ha sido adaptada por Valarezo (1988) y probado por Guayllas y otros investigadores.

De las cinco series de suelo del Sistema de Riego La Era, para la presente investigación, contando con el asesoramiento de un equipo de especialistas se consideró viable evaluar química y biológicamente la fertilidad de la Serie La Era, por ser la más extensa, tomando en consideración seis tipos de uso de suelo.

El objetivo general de la investigación fue: disponer de información sobre el estado de la disponibilidad de los nutrientes esenciales en el suelo: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B) y zinc (Zn), mediante el método del elemento faltante en seis unidades productivas seleccionadas en la serie La Era y el análisis químico (extracción de Olsen modificado).

Los objetivos específicos en la presente investigación fueron:

- Caracterizar física y químicamente los suelos seleccionados en la Serie La Era desarrollado sobre andesita.
- Evaluar biológicamente la fertilidad actual del suelo de la serie La Era.
- Establecer la correspondencia entre la evaluación biológica y los contenidos de los nutrientes disponibles.
- Difundir los resultados a los productores de La Era.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Los nutrientes esenciales para las plantas.**

La actividad de las plantas depende de la energía solar, el oxígeno, el agua, el dióxido de carbono y los nutrientes. La concentración de los nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas depende de la naturaleza química del suelo, de la descomposición de la materia orgánica y del aporte de los fertilizantes a través del agua (Calle, 2008).

Actualmente se admite que las plantas pueden contener hasta 60 elementos, de los cuales 16 de ellos (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn y Cl) son considerados esenciales para su normal desarrollo, mientras que otros 4 (Na, Si, Co y V) son considerados solo esenciales para algunas de ellas. Todos estos elementos desempeñan funciones muy importantes en las plantas, y cuando están presentes en cantidades insuficientes, pueden producirse graves alteraciones y reducirse notablemente el crecimiento de las mismas. De los 16 elementos esenciales, los 3 primeros son suministrados mayoritariamente por el aire y el agua, mientras que los 13 restantes son aportados por el suelo. Estos elementos nutritivos suministrados por el suelo se pueden clasificar en macro- y microelementos. Los macroelementos son el N, P, K, Ca, Mg y S y como microelementos, elementos traza u oligoelementos se encuentran el Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn, y Cl (Fernández, 2015).

Según Hillel (2005), cuando las concentraciones de nutrientes no son suficientes para las plantas aparecen síntomas distintos de deficiencia visual. Deficiencias extremas pueden provocar la muerte de la planta. Las concentraciones de nutrientes se consideran excesivo o tóxicos cuando el crecimiento de la planta y el rendimiento son reducidos. La planta también absorbe muchos elementos no esenciales presentes en la solución del suelo. Por ejemplo exceso de  $Al^{3+}$  produce un suelo ácido que puede reducir el rendimiento de la planta.

### **2.2. Funciones de los elementos minerales y síntomas de deficiencia.**

Las sales minerales son las suministradoras de los elementos nutritivos que las plantas requieren para el desarrollo de su ciclo vital, y son incorporadas a través de las raíces. Estas sales en su mayoría proceden de las rocas de la litosfera, las cuales y a través de muy diversos

procesos de meteorización se van degradando lentamente hasta convertirse en compuestos solubles. En el agua del suelo, estos compuestos se disocian en mayor o en menor grado en cationes y aniones, pudiendo mantenerse libres en la disolución o fijarse eléctricamente a las partículas coloidales. Es necesario indicar que, el nitrógeno, no es constituyente de las rocas. Su presencia en el suelo y en las aguas naturales se debe a la descomposición de diversos compuestos orgánicos nitrogenados, de origen animal o vegetal, y la fijación del nitrógeno atmosférico por determinados microorganismos o, en menor proporción, por descargas eléctricas y su posterior arrastre en el suelo (Navarro, 2014).

La disponibilidad de nutrientes, el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes están influenciada por el balance agua-aire-temperatura del suelo y otros factores bióticos y abióticos. Los nutrientes de las proximidades de las raíces y más exactamente de los pelos absorbentes muy finos que llevan las raicillas, son absorbidos en forma indiscriminada por lo que en la planta se encuentra una lista extensa. Pero ello no quiere decir, que se constituyan en elementos metabólicos para su normal desarrollo (Iñiguez, 2010).

Para identificar un desorden nutricional es describir el síntoma con términos seguros y claros. Cuando se observa un desorden, se deberá determinar que parte de la planta u órgano está afectado (Resh, 2001).

### **2.2.1. Nitrógeno**

Iñiguez (2010), manifiesta que el nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de la clorofila, tiene un papel en el proceso de la fotosíntesis. La falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo utiliza la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones metabólicas como la absorción de nutrientes.

Las plantas absorben el nitrógeno bajo las formas amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) y nítrica (nitrito  $\text{NO}_2^-$  y nitrato  $\text{NO}_3^-$ ). La absorción de la forma iónica nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) es la predominante, ya que en condiciones normales es la más abundante y se mueve libremente en la solución suelo, en tanto en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) es adsorbida ampliamente por los coloides del suelo, a más de que si no es absorbida, rápidamente pasa a las formas de  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ .

Una deficiencia de nitrógeno, produce vegetación raquítica, con hojas pequeñas y de color amarillento (clorosis) por una disminución de clorofila. Otra deficiencia de nitrógeno extrema, incide en los bordes de las hojas con una coloración anaranjada a violácea en las hojas viejas, dado que este nutriente se mueve con facilidad a las hojas jóvenes y produce plantas con un crecimiento lento, con menos hijuelos, con menor número de hojas (Iñiguez, 2010).

### **2.2.2. Fósforo**

Según Iñiguez (2010), las funciones del fósforo en los cultivares se resumen así: actúa en la floración, fructificación y formación de semillas, contrarresta el efecto producido por el exceso de nitrógeno que retarda la madurez de las plantas, interviene en el desarrollo de las raíces y actúa sobre la calidad de forrajes.

Las plantas absorben la mayor parte del fósforo bajo las formas de iones ortofosfatos  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  (monovalente) y  $\text{PO}_4\text{H}^-$  (divalente), y en pequeñas cantidades en forma de fosfatos orgánicos solubles.

La deficiencia de fósforo ocasiona un desarrollo débil de la planta tanto en el sistema radicular como de la parte aérea, hojas de menor tamaño con nervios poco pronunciados y coloración azul verdosa oscura con tintes bronceados o púrpuras, la deficiencia severa ocasiona áreas necróticas en las hojas, frutos y tallos.

### **2.2.3. Potasio**

El potasio es el catión más abundante en el citoplasma, las plantas requieren potasio para desarrollar su máxima actividad catalizadora, favorece no solo a la síntesis de glúcidos a partir de monosacáridos, sino también sus movimientos en la planta. El enzima sacarosa-sintetasa, que cataliza la síntesis de sacarosa, es activada por  $\text{K}^+$  (García y García, 2013).

Si bien es cierto que la mayoría de los suelos contienen miles de kilogramos de potasio, solo una pequeñísima parte está disponible para las plantas, generalmente alrededor del 1%. Desde el punto de vista de la disponibilidad para la planta se clasifican las formas químicas de  $\text{K}^+$  así:

- *Potasio no disponible*; se encuentra formando parte de las estructuras cristalinas de algunos minerales primarios como feldspatos y micas principalmente y minerales secundarios como arcillas tipo 2:1.
- *Potasio lentamente disponible*: El  $K^+$  generalmente se fija entre las unidades cristalinas de las arcillas silicatadas tipo 2:1 fundamentalmente montmorillonita e illita, proceso que ocurre con expansión al humedecerse y contracción al secarse. Sin embargo, esta forma de potasio fijado se encuentra en equilibrio con las formas disponibles, actuando como un depósito de potasio, lentamente disponible y adquiriendo importancia por su magnitud.
- *Potasio rápidamente disponible*: Está constituido por el potasio intercambiable retenido en las arcillas y la materia orgánica, más el potasio que se encuentra en la solución del suelo.

La concentración de  $K^+$  en la solución suelo permanece constantemente, de tal manera que cuando la planta absorbe  $K^+$  de la solución suelo disminuye su concentración.

Debido a que el  $K^+$  no se mueve mucho en el suelo, es vital mantener una fertilidad de  $K^+$  adecuada en el mismo. A diferencia del nitrógeno y otros nutrientes, el  $K^+$  tiende a permanecer en el lugar que se coloca el fertilizante. Si el  $K^+$  llega a moverse, lo hace por difusión en un movimiento lento y a corta distancia en las películas de agua que rodean las partículas del suelo. Las raíces de las plantas por lo general entran en contacto con menos del tres por ciento del suelo en el cual crecen de modo que el suelo debe estar bien suplido con  $K_2O$  para asegurar la disponibilidad de  $K^+$  en cada etapa de desarrollo hasta la cosecha.

Los síntomas de deficiencia de  $K^+$  asimilable se expresan en formas diversas: existe un retraso en el crecimiento de la planta, cuando la deficiencia se agudiza se produce quemado o fogueo en los bordes de las hojas, el sistema radicular presenta un escaso desarrollo, los tallos son débiles. El potasio es muy móvil dentro de la planta y se acumula con facilidad en las zonas de mayor actividad vegetativa. Por eso cuando hay escases se traslada con facilidad a las hojas jóvenes, por cuyo motivo las deficiencias se manifiestan en primer lugar en las hojas viejas (Iñiguez, 2010).



#### **2.2.4. Calcio**

Es absorbido por las plantas fundamentalmente bajo la forma de  $\text{Ca}^{++}$ , después del potasio es el elemento básico más abundante que existe en la planta. Este elemento puede actuar en las plantas bajo dos formas: como componente estructural de paredes y membranas celulares y como cofactor de varias enzimas. El calcio es muy importante para el desarrollo de las raíces, en las cuales ejerce una triple función: multiplicación celular, crecimiento celular y neutralización de los hidrogeniones. Muchos investigadores consideran que la alteración del sistema radicular es un síntoma corriente de la deficiencia de este elemento.

Otras funciones atribuidas al calcio son: regular la absorción de nitrógeno; actuar sobre la translocación de hidratos de carbono y proteínas en el interior de la planta; neutralizar los ácidos orgánicos que se pueden originar en el metabolismo vegetal. Está demostrada la influencia favorable en la formación de nódulos en las leguminosas, como cofactor enzimático son conocidos los efectos termo estabilizadores del calcio en las  $\alpha$ -amilasas. También actúa como activador de fosfatasa, ATPasas y fosfolipasas (García y García, 2013).

Herrera (2007), indica que el calcio es un elemento inmóvil en la planta y su deficiencia se manifiesta en las hojas jóvenes, brotes y zona de crecimiento de la raíz. Las hojas jóvenes de los brotes, principalmente del terminal, se mal forman, se rizan, se doblan por el ápice (hojas ganchudas) y al final muere la yema terminal. En las hojas jóvenes ya desarrolladas, aparecen clorosis marginales amplias, las raíces se gelifican y mueren.

#### **2.2.5. Magnesio**

El magnesio se encuentra en la clorofila, de la que depende la actividad fotosintética de la planta. Participa en la formación y acumulación de reservas de hidratos de carbono y azúcares. El magnesio es absorbido por las plantas como catión  $\text{Mg}^{++}$ , lo cual se verifica ampliamente en la solución del suelo y posiblemente en una menor extensión por el proceso de intercambio de contacto. El suelo contiene en general grandes cantidades de magnesio, aunque en forma muy poco soluble por lo que lo importante es el contenido de magnesio en el suelo en la forma cambiable o asimilable.

Los problemas de carencia de magnesio pueden producirse en:

- suelos demasiado ácidos con pH muy bajo,
- suelos demasiado ricos en potasio cambiante (ión  $K^+$ ), por lo que se denomina “antagonismo de iones”. La relación  $K^+/Mg^{++}$  expresada en meq/100 g, debe estar comprendida entre 0.2 y 0.3. Cuando esta relación es de 0.5, podría producirse falta de magnesio por antagonismo del ión  $K^+$ . También la relación de 0.1, por el contrario produce carencias de K.
- suelos demasiado ricos en iones  $Ca^{++}$ , por la misma razón anterior. Recordemos que cuando hablamos de cationes de cambio si la relación  $Ca^{++}/Mg^{++}$ , expresada en meq/100 g es mayor de 10 se puede producir una carencia de Mg, por lo que esta relación debe estar alrededor de 5.
- Suelos sódicos (Guerrero, 2000).

Según Herrera (2007), el magnesio es móvil en la planta y su carencia se manifiesta en las hojas viejas. Se produce clorosis internervial típica de hoja vieja que en muy raras ocasiones manifiesta necrosis. El ápice y los márgenes de la hoja pueden curvarse hacia arriba, las hojas no se secan.

#### **2.2.6. Azufre**

El azufre forma parte de los aminoácidos azufrados (cistina y metionina) que se encuentran en las proteínas, también, forma parte de las componentes de las enzimas. Las plantas toman el azufre como anión sulfato  $SO_4^{2-}$ . El suelo contiene una cantidad total de azufre muy variable, entre 0,1-0,8%. Son los suelos arenosos los que tienen más bajo contenido, y los ricos en materia orgánica los que contienen más. La cantidad de azufre en forma asimilable depende, sobre todo, de la riqueza en humus y de la actividad biológica de los suelos (Guerrero, 2000).

El azufre llega al suelo desde el aire, en la lluvia y el agua de riego, y en la materia orgánica. Ayuda a la liberación de los nutrientes en el caso de un alto contenido de calcio en el suelo, porque baja el pH. Además, promueve la formación de nódulos en las raíces de las leguminosas. La deficiencia de azufre produce según plantas pequeñas y enclenques, tallos delgados, hojas amarillentas, muy similares a la coloración que toman cuando carecen de nitrógeno, esta coloración comienza en las hojas superiores (Graetz, 2010).

### **2.2.7. Zinc**

La función del zinc en las plantas es la de un activador de las enzimas enolasa, aldolasa, decarboxilasa, oxalacética, lecitinasa, cistena, deshidropeptidasa y dipeptidasa glicil glicinasa. El zinc es necesario para producir clorofila e hidratos de carbono.

El zinc es absorbido por las raíces de las plantas como catión  $Zn^{++}$  y puede ser también tomado bajo la forma de un complejo molecular de agentes queláticos tales como DTPA (Iñiguez, 2010).

Las carencias de Zinc suelen ser inducidas por un exceso de cal o por una riqueza elevada en  $P_2O_5$  (antagonismo de iones) (Guerrero, 2000). Según Herrera (2007), el zinc es bastante inmóvil en la planta, apareciendo su deficiencia en las hojas adultas. Se observan clorosis internervial y manchas de crecimiento rápido que ocupan los entrenervios, invadiendo a veces los nervios. Debido a la disminución en la síntesis de auxinas, se produce acortamientos de entrenudos, microfilia y engrosamiento de la hoja. En los estados finales, las hojas pueden necrosarse en los bordes y en el ápice.

### **2.2.8. Cobre**

La mayor parte de las funciones de cobre como nutrimento de las plantas se basan en la participación de cobre enzimáticamente fijado en las reacciones redox, en las que los enzimas de cobre reaccionan directamente con el oxígeno molecular. La oxidación en células vivas, por tanto, es catalizada por el cobre y no por el hierro. En los suelos, la cantidad de cobre es variable, pudiendo oscilar por lo general entre 5 y 50 ppm. Normalmente se halla como  $Cu^{2+}$ , en su mayor parte como constituyente de las estructuras cristalinas de los minerales primarios que todavía no han sufrido el proceso de edafización, y de los minerales secundarios.

De todos los micronutrientes, la deficiencia de Cu es la más difícil de diagnosticar, debido a la interferencia de otros elementos (P, Fe, Mo, Zn, S, etc). La falta de Cu afecta mucho más al crecimiento reproductivo (formación de granos semillas y frutos) que al crecimiento vegetativo (García y García, 2013).

El cobre es inmóvil en la planta, por lo que su insuficiencia aparece en hojas jóvenes y brotes. Estos aparecen blanqueados de modo permanente (blanqueo apical), pasando a un color ceniza

y apareciendo como secos y blandos. Las hojas situadas inmediatamente bajo el ápice frecuentemente no pueden permanecer erguidas (Herrera, 2007).

### **2.2.9. Hierro**

Sirve de agente catalítico para activar la formación de la clorofila y proteínas por lo que es un elemento clave de diversas reacciones de óxido reducción. Actúa en la respiración y reducción de nitratos y sulfatos. El contenido de hierro en el suelo puede ser toxico, y en niveles muy bajo limita la productividad fotosintética.

El hierro es absorbido por las raíces de las plantas en forma iónica  $Fe^{++}$  y como sales orgánicas complejas. También es absorbido por las hojas cuando se aplican pulverizaciones foliares de sulfato de hierro y moléculas orgánicas de hierro, llamados quelatos (Iñiguez, 2010).

El hierro es inmóvil en la planta, por lo que su deficiencia aparece en hojas jóvenes y en los brotes. Aparece clorosis internervial severa en las hojas jóvenes y en los brotes, los nervios principales, y también los secundarios permanecen verdes sobre el fondo limbar amarillo. En condiciones extremas, aparecen necrosis y quemaduras en los márgenes y ápice foliar, pudiendo las hojas en formación presentar malformaciones (Herrera, 2007).

García y García (2013), manifiestan que aunque la deficiencia puede tener lugar tanto en suelos ácidos como alcalinos, es quizás mucho más común en los calizos, como consecuencia de una clorosis inducida por la cal. Además de un elevado pH disminuye la disponibilidad de hierro, fuertes concentraciones de calcio en la disolución del suelo pueden no solo disminuir la absorción de hierro en estos suelos, sino que existen pruebas también de la falta de actividad del hierro en el interior de la planta debido a la abundancia de calcio y fósforo.

### **2.2.10. Manganeso**

El manganeso (Mn) interviene en el desarrollo de la clorofila y en los sistemas enzimáticos vegetales. En el suelo, el manganeso se lava de los suelos ácidos bien drenados porque la oxidación y la acidez aumentan la solubilidad. El manganeso disuelto se desplaza hacia posiciones más húmedas y/o más alcalinas, donde precipita en partículas pequeñas, endurecidas y de color oscuro llamadas nódulos o concreciones (Herrera, 2007).

El Mn interviene en la síntesis de proteínas, ya que participa en la asimilación del amonio. Sustituye al Mg como cofactor en sistemas enzimáticos relacionados con reacciones redox, descarboxilaciones, hidrolisis y la transferencia de energía. Influye en la formación de azúcares. Aumenta la disponibilidad de fósforo y calcio; y, acelera la germinación las semillas y madurez de las plantas (Iñiguez, 2010).

El manganeso es absorbido por la planta bajo la forma de  $Mn^{2+}$  y como quelato, por tanto por su sistema radicular como por las hojas directamente. Por esta vía es aplicado frecuentemente en pulverizaciones para corregir deficiencias. Las necesidades cuantitativas de las plantas en manganeso son relativamente pequeñas, pero varían, más que en cualquier micronutriente.

Aunque no se puede considerar como regla general, los primeros síntomas de la deficiencia de manganeso suelen observarse en las hojas jóvenes. Aparecen bajo la forma de decoloraciones, que van desde verde pálido a amarillo, o manchas cloróticas entre las nerviaciones. Las hojas, en cuanto a tamaño y forma, no difieren de las normales (García y García, 2013).

Según Herrera (2007), el manganeso es inmóvil en la planta, apareciendo la deficiencia en las hojas jóvenes, con manchas cloróticas esparcidas por la hoja que progresan a necrosis interne viales.

#### **2.2.11. Boro**

El boro es absorbido por las plantas casi en su totalidad como  $H_3BO_3$  o  $B [OH]_3$  sin disociar a pH cercano a 7. A valores de pH mayores el  $H_3BO_3$  acepta iones hidroxilo del agua y forma un anión borato tetraédrico.

El B debe considerarse como un elemento formativo de las estructuras vegetales, bajo cuya falta no transcurre normalmente la ordenación y el desarrollo completo de varios tejidos. La diferenciación de las células es también restringida por un abastecimiento insuficiente de boro (Alcantar et al., 2008).

Es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico, es importante en la formación de proteínas y ayuda a estimular la formación de la floración de cultivos (Sánchez, 2010).

Los síntomas que se manifiestan, son por lo general, diferentes, y dependen del cultivo, pero las características más comunes se concretan a una disminución del crecimiento, las hojas jóvenes presentan color verde pálido, tienden a retorcerse y finalmente mueren, cesando el crecimiento terminal (Navarro G, 2000).

El boro es muy poco móvil en la planta, por lo que su deficiencia aparece en hojas jóvenes. Las hojas de la yema terminal se vuelven de color verde claro en su base, desprendiéndose finalmente por esta zona. El crecimiento ulterior origina hojas retorcidas, abarquilladas y frágiles; finalmente, se necrosan los puntos vegetativos, muriendo la yema terminal y la parte apical del tallo. Por otra parte los órganos carnosos se pudren internamente (necrosis interna) (Herrera, 2007).

### **2.2.12. Molibdeno**

El molibdeno es vital para ayudar a las leguminosas a formar sus nódulos, que intervienen en la fijación simbiótica del nitrógeno, además ayuda a convertir las formas inorgánicas de fósforo a formas orgánicas (Sánchez, 2010).

El molibdeno es absorbido por la planta como ión molibdato ( $\text{MoO}_4^-$ ), en su máximo estado de oxidación. En el transporte de larga distancia el Mo es relativamente móvil en el xilema y en el floema. A diferencia de otros micronutrientes el Mo puede ser absorbido en cantidades considerablemente altas, sin que se presenten síntomas de toxicidad para la planta.

En las plantas superiores solamente se han reportado unas cuantas enzimas que contienen Mo como cofactor. En esas enzimas el Mo tiene funciones tanto estructurales como catalíticas y, en general, participa en reacciones de óxido reducción (Alcantar et al., 2008).

La deficiencia de molibdeno en tomate se muestra en las hojas muy jóvenes con un color amarillo-pálido entre nervaduras, los bordes se rizan hacia arriba en forma de tubo, los nervios secundarios no permanecen verdes, las necrosis empiezan en las zonas amarillas y los bordes de las hojas nuevas terminales, para acabar por todas las hojas que se acorchan.

## **2.3. Propiedades químicas del suelo.**

### **2.3.1. Importancia del análisis del suelo.**

Según Iñiguez (2010), el análisis de la fertilidad de los suelos, que comenzó como un arte hace muchos años, a través del tiempo se ha convertido en una técnica científica, altamente especializada. Su importancia radica en que mediante su veracidad y uso adecuado es posible mantener la actividad agropecuaria en forma altamente eficiente y con el mayor rendimiento económico.

El análisis de fertilidad del suelo tiene importancia en las siguientes situaciones:

- Mapeo de suelos con miras a evaluar la fertilidad natural y establecer un plan de fertilización para instalar cultivos, o plantaciones ya establecidas.
- Mapeo de suelos para evaluar problemas especiales como: acidez, salinidad, micro nutrientes y otros.
- Caracterización del suelo para el establecimiento de ensayos experimentales de fertilización orgánica e inorgánica.
- Evaluar el efecto de la aplicación de diversos fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

### **2.3.2. Reacción del suelo: pH**

La reacción del suelo se mide por la actividad de iones hidrogeno, la cual se expresa en términos de pH. El pH es el logaritmo negativo de la actividad de iones hidrogeno. Esta forma de expresión se utiliza para evitar el uso de decimales o exponentes. El pH del suelo es uno de los parámetros más usados en el análisis de los suelos por reflejar las características fundamentales del suelo (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

La medición de la reacción del suelo (pH) permite inferir acerca de la probable disponibilidad de macro y micro nutrientes, la cantidad de carbonato de calcio o de aluminio intercambiable presente (Alcantar et al., 2008).

El pH del suelo depende de diversos factores: la estación del año, las prácticas del cultivo, el horizonte muestreado, el contenido hídrico en el momento de muestreo, la técnica para determinar el pH, incluyendo los factores que intervienen en la formación del suelo.

Los procesos de lavado eliminan bases de suelo y, por lo tanto, tienden a provocar, con el tiempo, un descenso en el pH. Los fertilizantes que contienen azufre o nitrógeno acidifican el suelo, y producen, en pocos años, efectos apreciables. Cuando el pH es demasiado bajo, la aplicación de cal permite subirlo y, por el contrario, en suelos básicos puede conseguirse un descenso mediante la aplicación de yeso. En casi todos los suelos es posible lograr un descenso de pH mediante la aplicación de azufre que, una vez oxidado por los microorganismos, forma ácido sulfúrico.

#### **2.4. Diagnóstico de la fertilidad del suelo**

El éxito en el manejo de la fertilidad del suelo depende en gran medida de la oportunidad y precisión con que se aplique un programa de diagnóstico del estado nutrimental. En el caso de los cultivos anuales este diagnóstico se hace midiendo en el suelo su potencial para abastecer de nutrientes a las plantas; en el caso de cultivos permanentes el diagnóstico comprende la observación del estado nutrimental de la planta, pero también incluye el suelo y su potencial.

La fertilidad del suelo es un concepto amplio que no necesariamente significa lo mismo para todas las personas. La versión moderna más aceptada incluye tres tipos de fertilidad: la química, la física y la biológica. Un enfoque adecuado del diagnóstico involucra a los tres tipos, aunque por lo general se privilegia el primero.

El diagnóstico de los aspectos químicos de la fertilidad se ocupa de recabar información del potencial que posee un suelo para abastecer en tiempo y en la forma química aprovechable de los nutrientes que requiere un cultivo, de nutrientes que requiere un cultivo.

De esta forma, el diagnóstico de la fertilidad del suelo permite identificar problemas de carácter nutrimental, así como no nutrimentales, que pudiesen estar afectando, o que pudiesen afectar en el futuro, el crecimiento y desarrollo de un cultivo. No debe olvidarse que los problemas nutrimentales son sólo una parte del conjunto de factores que el técnico y el productor deben mantener bajo control, si se aspira a obtener rendimientos cercanos a los máximos probables de un cultivo de interés (Alcantar et al., 2008).



### **2.4.1. Fertilidad actual y potencial de un suelo.**

La fertilidad actual del suelo, es una de las principales herramientas para la planificación agrícola el cual representa el análisis químico del suelo para diagnosticar las condiciones de los macro y micro nutrientes. De lo señalado se desprende que el análisis del suelo permite apreciar las características potenciales de fertilidad natural para dar la respectiva recomendación de fertilización (Iñiguez, 2010).

Fertilidad es el potencial que un suelo tiene para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas. Esa disponibilidad de los elementos nutritivos por el sistema radical puede ser inmediata, constituyendo la fertilidad activa y representada por los nutrientes en forma soluble de fácil absorción por las raíces. Otros elementos nutritivos que no son de inmediata utilización por las plantas, como los que forman parte de los minerales primarios y secundarios y algunas combinaciones orgánicas, representan la fertilidad potencial de un suelo. La producción de cultivos depende de muchos casos de la transformación de las formas potenciales a las formas activas (fertilidad actual). Además, la disponibilidad de nutrientes para las plantas puede ser aumentada al añadir fertilizantes al suelo, los cuales poseen uno o más de los elementos esenciales para el crecimiento y rendimiento de las plantas (Casanova, 2005).

### **2.5. Sistemas de clasificación de suelos**

La clasificación de suelos es el agrupamiento de los diferentes suelos en categorías, de acuerdo a criterios de diagnóstico. El concepto central de las categorías se define mediante características diferenciables. El sistema de clasificación de suelos constituye la base de la leyenda del mapa de suelos en el levantamiento de un área. Para los diferentes propósitos de los levantamientos de suelos, se requieren clases que pueden ser agrupadas y subdivididas o reagrupadas que permitan el mayor número y la mejor precisión posible de predicciones acerca de las propuestas al manejo y la manipulación. Consecuentemente, no solamente una sino muchas clasificaciones es posible derivar de la taxonomía básica. La flexibilidad en las clases del sistema taxonómico se logra con el uso de las fases. Estas se clasifican para subdividir los taxa de acuerdo a las necesidades prácticas de los propósitos particulares de un levantamiento o su interpretación. El U.S.D.A (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) Soil Taxonomy y el Sistema Francés son jerárquicos, con un número limitado de categorías

altamente generalizadas en el nivel superior y un gran número de categorías específicas en la base. Estos sistemas se corresponden de la siguiente manera:

<b>U.S.D.A. Soil Taxonomy</b>	<b>Taxonomía Francesa</b>
Orden	Clase
Suborden	Subclase
Gran grupo	Grupo
Subgrupo	Subgrupo
Familia	Familia
Serie	Serie
	Tipo
(Fase)	(Fase)

La Fase en el U.S.D.A. Soil Taxonomy, se basa en propiedades no inherentes al sistema taxonómico, sino más bien pertinentes al uso agrícola de suelo. Es una unidad de mapeo y no una unidad de clasificación. (Valarezo C. , 2004, págs. 27-28).

## **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**

### **2.6.3. Solución extractora Mehlich I**

El agua es una de las soluciones extractoras, como también la mezcla de ácido clorhídrico 0.05 N con ácido sulfúrico 0.025 N (muy usada en Carolina del Norte y conocida como Mehlich 1) (León, 1981)

Las soluciones extractoras existentes extraen en su mayoría las pequeñas cantidades del nutrimento de la solución del suelo (factor intensidad), que está en equilibrio con el nutrimento de la fase sólida del suelo (factor capacidad). En el último caso, las soluciones extractoras extraen solo parte de este nutrimento.

#### **2.6.4. Solución extractora Mehlich III**

Esta solución es utilizada para la determinación de B y S ya que se adapta muy bien a suelos ácidos de los trópicos. Está compuesta por 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 (Murillo et al., 2010).

#### **2.6.5. Morgan modificado**

La solución extractora de Morgan modificado está compuesta por 1N NaOAc, 0.54N HOAc, 0.00013 M DTPA (ácido dietilentriamina penta-acético) a pH 4.8. En una relación de suelo solución de 0.1:0.2 tomando como referencia al autor de Jane y Wolf, 1984 (Cabalceta, 2010).

#### **2.6.6. Extracción con DPTA**

Solución 0.05 M de ácido dietilentriamina penta-acético 0.01 M de  $\text{CaCl}_2$  y 0.1 M de trietanolamina ajustada a pH 7.3 con HCl. La extracción se realiza agitando durante dos horas 10 g de suelo con 20 ml de solución donde en el extracto se determina el Hierro (Fe) y el Cobre (Cu) por absorción atómica (Torres y Hernández, 1988).

#### **2.6.7. Solución extractora Olsen**

El método de extracción de Olsen 0.5 N  $\text{NaHCO}_3$  ajustada a pH 8.5 con una solución de 0.1 N de NaOH para la extracción del fósforo en el suelo (Tucunango, 1976).

La solución  $\text{NaHCO}_3$  (Olsen) se ha utilizado para suelos con un amplio rango de pH, desde ácido hasta alcalino. La solución extractora de Olsen generalmente ha servido para indicar el estado de disponibilidad de P y de K (Díaz y Hunter, 1982).

### **2.6.8. Solución extractora Olsen Modificada**

La solución extractora de Olsen Modificada de 0.5 N de  $\text{NaHCO}_3$ , 0.01M EDTA con 0.5 g de superfloc 127 para preparar 10 litros de solución, ha sido utilizada para la determinación de  $(\text{NH}_4^+)$ , P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn.

La determinación de los elementos metálicos se los realiza haciendo las lecturas directamente del filtrado original en el espectrofotometro de absorción atómica con la lámpara correspondiente al elemento.

Los patrones especiales para la espectrometría de absorción atómica pueden obtenerse directamente de las campañas proveedoras de reactivos químicos. La concentración de esos patrones es generalmente de 1000 ug/ml del elemento, y de estos se pueden preparar los patrones de trabajo (RELEASE, 2013).

### **2.6.9. Solución extractora Bray**

La solución Bray I contiene HCl 0.025 N y  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03 N. El HCl lleva parte del fósforo a la solución; el  $\text{NH}_4\text{F}$  induce a la formación de iones complejos con el hierro y el aluminio solubles, impidiendo que el fósforo sea precipitado de nuevo. El fosforo extraído por la solución Bray I presenta una buena correlación con la respuesta de los cultivos en la mayoría de los suelos jóvenes, sean ácidos o alcalinos. Una solución extractora más enérgica, como Bray II (HCl 0.1 N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N) da buenos resultados en suelos antiguos y ácidos, pero en suelos calizos o que han recibido aplicaciones de fosfatos minerales, proporciona estimaciones demasiado elevadas. Una solución alcalina que contenga  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  o  $\text{K}_2\text{CO}_3$  es más efectiva para extraer el fósforo disponible de suelos alcalinos (Thompson y Troeh, 2002).

## **2.7. Utilización de la solución olsen modificada en el Ecuador**

La Red de Laboratorios de suelos del Ecuador utiliza la solución extractora de Olsen Modificada, considerada como la más idónea para la determinación de los diferentes elementos nutritivos en los suelos, que por su origen poseen características muy especiales.

Se asume que 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 nutrimento absorbido y la cantidad de nutrimento extraído del suelo por varios cultivos.

Los estudios de correlación realizados en el Ecuador, hasta el momento, han demostrado que la solución extractora de Olsen modificada, ha alcanzado grados altos de correlación con las respuestas de las plantas, en los diferentes elementos que son analizados en el extracto de suelo, razón por la cual este extractante está actualmente siendo usado en Agrobiolab (Padilla, 2015).

### **2.7.1. La red de laboratorios de suelos en el Ecuador (RELASE).**

La red de laboratorios de análisis de suelos y tejidos vegetales, se organizó para garantizar la confidencialidad de los resultados, condiciones de seguridad, acciones correctivas, en segundo lugar se estableció el método de ensayo y los parámetros a determinar en los laboratorios y con los resultados evaluar la confiabilidad mediante las pruebas estadístico Q-Dixon (eliminación datos discrepantes), la distribución de medias repetidas, prueba de Cochran, Prueba de Grubbs.

En los análisis de suelos, más del 70% de los laboratorios en los análisis de Materia Orgánica, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, y Zinc entregan resultados satisfactorios. En el caso del pH el 55% de los laboratorios de análisis satisfactorio, el 36% cuestionable y el 9% no satisfactorio. En el caso de micronutrientes para el Zn el 88%; Fe 75%, Cu 62% y Mn 50% de los laboratorios entregan datos confiables. (Carrera et al., 2010).

Los avances de la RELASE es uniformizar un método de extracción para procesar las muestras enviadas por la RELASE de manera tal que sus resultados fuesen comparables entre laboratorios, y se ha conseguido romper los mitos y tabúes que existían en y entre los laboratorios sobre los procedimientos que cada uno utilizaba, uniéndolos en un frente común para la discusión de sus problemas y la mejora de su calidad. En los logros de la RELASE se establece como método oficial el uso de Olsen modificado para las intercomparaciones y se distribuye protocolo definitivo. Este método de Olsen Modificado se utiliza para las siguientes determinaciones:  $\text{NH}_4$ , P, K, Ca y Mg.

## **2.8. Método biológico para la evaluación de la fertilidad.**

El método utilizado para la determinación experimental de los elementos esenciales para las plantas ha estado basado en el empleo de las llamadas disoluciones nutritivas. Fue empleado, ya a principios del siglo XIX, por J. Woodmard para estudiar el proceso nutritivo de las plantas de menta y, posteriormente, ampliamente utilizado por los grandes filósofos vegetales alemanes del siglo XIX, J. Sachs y W.Knop. La planta se cultiva de tal modo que sus raíces se encuentran sumergidas en un recipiente que contiene un medio nutritivo líquido, formado por una disolución acuosa de diversas sales, la cual es renovada una vez agotada. Para lograr un buen crecimiento de la raíz y una normal absorción de los nutrientes, es necesario proporcionarle un buen sistema de aireación, y que la disolución contenga todos los elementos requeridos por la planta en forma conveniente y en proporciones adecuadas (Navaro, G, 2003, pág. 149).

La técnica es rápida, eficiente y efectiva en la evaluación de la fertilidad del suelo; involucra el uso de ciertos procedimientos analíticos e interpretaciones para determinar el estado de distintos nutrientes a fin de corregirlo, y además para demostrar mediante procedimientos usados en el invernadero la efectividad de 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.

Plantas de sorgo, arroz, trigo, girasol, maíz, rábano o tomate han sido usadas como plantas indicadoras en esta técnica, donde el sorgo parece ser una de las mejores; es sensible a la mayoría de las deficiencias, crece rápido, tiene semillas pequeñas y crece bien en un amplio rango de condiciones climáticas (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

El principio del método biológico consiste en que la planta indicadora que es el tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) crece en un suelo contenido en vasos de 250 ml que están en contacto con la solución nutritiva en una maceta 700 ml.

El fondo de la maceta cilíndrica se lo elimina y se reemplaza por gasa. Las raíces que llegan al fondo de la maceta atraviesan el tejido de nylon y tiene acceso a la solución nutritiva que se

encuentra en una maceta más grande de 600 ml, en la cual descansa la primera con ayuda de la misma tapa a la cual se ha perforado en forma de anillo.

Cuando la provisión de uno o más nutrientes en el suelo es baja, las plantas testigo no sufrirán ninguna deficiencia en tanto en cuanto los nutrientes deficientes en el suelo se encuentren ampliamente presentes en la solución nutritiva.

Sin embargo cuando uno de los elementos esenciales está ausente tanto en el suelo como en la solución nutritiva, la planta manifestará un crecimiento subóptimo.

La evaluación completa de la fertilidad del suelo requiere de trece soluciones nutritivas diferentes, una de ellas será la que contenga todos los elementos esenciales y, doce soluciones nutritivas en cada una de ellas ausente uno de los doce elementos esenciales (Guayllas, 1988).

## **2.9. Trabajos relacionados.**

Guayllas (1988), evaluó el estado nutricional de los suelos provenientes de Cañicapac y Ñamarim, perteneciente al cantón Saraguro, mediante el método biológico con la técnica del elemento faltante, empleando plantas indicadoras de tomate (*Solanum lycopersicum*) y trigo (*Triticum vulgare*), en donde los resultados indican que el N y P son los elementos deficientes en Cañicapac, y los mejores promedios de altura de la 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 con 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), evaluó la fertilidad del suelo proveniente de Panguintza, del cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe, tratado con carbón vegetal, cal y nutrientes. En esta investigación concluyeron que el N, P y B resultaron ser los elementos deficientes en los suelos de los doce tratamientos del experimento de campo. Además la correlación de biomasa seca y los correspondientes contenidos de los nutrientes extraídos con la Solución de Olsen Modificada es muy baja y hasta negativa, con excepción para el K y Mg ( $r=0.68$  y  $0.56$ ). Lo que recomienda 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.

Mendoza (2013), realizó el experimento de la evaluación biológica que se estableció bajo un invernadero del sitio Los Molinos de la Estación Experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, donde se investigó la fertilidad de doce tratamientos de suelo desarrollado sobre arenisca cuarzosa en el Pangui, después de haber sido tratado con carbón vegetal, cal y nutrientes, en una plantación de pachaco y arabisco, utilizando tomate de mesa como planta indicadora donde se concluye que el N, B, K y P resultaron ser los elementos deficientes. Además se ha determinado la disponibilidad de los elementos N, P, K, CA, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn mediante la extracción de Olsen Modificado donde el N no presentó correlación significativa ( $r=0,21$ ) entre el peso de la materia seca de la evaluación biológica con la concentración del nutrimento disponible del análisis químico; mientras que el fósforo manifestó una fuerte correlación ( $r=0,88$ ); el K, Mg y Zn mostraron una moderada correlación ( $r= 0,63$ ;  $r= 0,52$  y  $0,49$ ); y finalmente las correlaciones para el Fe, Mn y Cu fueron negativas, en el orden de  $-0,73$ ,  $-0,62$  y  $-0,59$ .

Loaiza (2013), evaluó la fertilidad de doce tratamientos instalado en un suelo desarrollado sobre granodiorita en el cantón Zamora, después de 18 meses de haber sido tratado con carbón vegetal, cal, nutrientes, en una plantación de pachaco y melina, utilizando como planta indicadora el tomate de mesa, donde concluye que el B, N y P, reflejaron ser los elementos mayormente deficientes, el Zn, Mn y Cu se encuentran en niveles altos; mientras que los otros elementos Mg, Fe, S y K se ubican en un rango de medio a bajo. La correlación entre la biomasa seca y los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución extractora de Olsen Modificado es muy baja y en algunos casos negativa, con excepción del Cu y K ( $r=0,52$  y  $0,53$  respectivamente).

Alemán (2013), evaluó la fertilidad del suelo de la quinta experimental Punzara utilizando dos especies de pastos ray grass (*lolium perenne*) y treból blanco (*trifolium repens*) y concluye que el N y S, presentaron ser los elementos nutritivos más deficientes en los suelos de todos los tratamientos del experimento de Punzara. Presentaron un limitado crecimiento de la planta indicadora, el P, K y Mg resultaron ser los elementos que no afectaron al crecimiento de las plantas indicadoras en los suelos de todos los potreros del experimento de Punzara. La correlación biomasa seca y los correspondientes contenidos de los nutrientes extraídos con la



solución de Olsen Modificada no alcanzó a extraer los nutrientes en la misma proporción que la planta indicadora excepto para el K y P ( $r= 0.0$  y  $0.68$  respectivamente).

Salinas y Castillo (2014), realizaron la evaluación biológica de la fertilidad actual de los suelos de origen volcánico en dos unidades productivas de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas empleando como planta indicadora tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), concluyendo que los suelos de la provincia de los Ríos en el predio Santa Marianita es el P, el elemento más deficiente seguido por el N, K, Mn y el S. 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 ( $r=0.46$  y  $0.46$ , respectivamente), baja para el N, P, Fe, Mn y Cu.

En la provincia de Esmeraldas en el predio la Cuchara se concluye que el P es el elemento más deficiente, seguido por el N, K y S, el Mn también presentó déficit considerable tanto en el crecimiento como en la producción de biomasa. 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 finalmente el K y P presentaron una correlación negativa.

Castillo y Villavicencio (2015), realizaron la evaluación química y biológica de la fertilidad actual del suelo del experimento del cultivo en callejones de *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp, y comportamiento del cultivo de maíz en la sexta rotación concluyen que la evaluación biológica en las capas de 00-25 y 25-50 cm, se evidenció deficiencia de P, seguido del N, K y Mn. La correlación entre el contenido de la forma aprovechable de uno de los elementos extraídos con la solución Olsen Modificada versus la materia seca de la planta indicadora de la evaluación biológica de la fertilidad del suelo fue negativa para N, P, K y Fe ( $r=-0.12$ ,  $-0.07$ ,  $-0.07$ ,  $-0.59$ ,  $-0.21$  respectivamente).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Sistema de riego La Era, ubicación política y geográfica.**

El Sistema de riego La Era se encuentra en la parroquia el Tambo, cantón Catamayo, siendo sus límites: al norte con el cantón Loja, al sur con el río Catamayo, al este con la parroquia Malacatos y al oeste con la cabecera cantonal de Catamayo.

Se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas:

---

#### **Coordenadas Métricas**

---

9545020 y 9542018 m Norte

689636 y 685558 m Este

---

(Medina, 2006).

#### **3.2. Características biofísicas del sistema de riego La Era.**

##### **3.2.1. Relieve**

El relieve lo conforman terrenos muy escarpados con pendientes promedio del 8 al 30%, terrazas pequeñas y lomas muy pronunciadas.

##### **3.2.2. Fisiografía**

Fisiográficamente el área corresponde al gran paisaje Sierra Volcánica Baja, atravesada por quebradas profundas con un relieve irregular configurada por un conjunto de lomas y depresiones (Cuenca, 2015).

##### **3.2.3. Geología**

Geológicamente la zona de estudio se encuentra en la formación Loma Blanca (oligoceno, mioceno, inferior) caracterizada por un aglomerado basal recubierto por tobas aglomeríticas y flujos de lava (Mora y Aguirre, 1994).

##### **3.2.4. Suelo**

Los suelos que predominan en la zona de estudio son: textura Franco Arcillosa (FoAc), arcillosa (Ac), Franco (Fo), Arcillo-Arenoso (Ar-Ao) y Franco Arcillo Arenoso (FoAcAo). Los

suelos corresponden al tipo Udipsammes del orden Entisol, suborden Psammets, del gran grupo Ustipsammets, Subgrupo Typic (Entisol) (Mora y Aguirre, 1994).

### 3.2.5. Clima

Es un clima seco, en los que la evaporación excede la precipitación la temperatura promedio es 24.6 °C y la precipitación es 403.3 mm, en el periodo de 1990-2010 tomado de la estación climatológica de Catamayo. Hay dos temporadas bien marcadas: la seca, de julio a septiembre, y la húmeda, de octubre a mayo (Cuenca, 2015).

### 3.2.6. Clasificación bioclimática y ecológica

Dentro de esta zona el tipo de climas según Köppen es Estepa o semiárido, conformado con lluvias en el verano meteorológico, se caracteriza porque las máximas precipitaciones ocurren en el verano meteorológico, este tipo de clima se da por la influencia del bajo relieve y las corrientes marinas: fría de Humboldt y el fenómeno de El Niño (Reinoso y González, 2003).

“De acuerdo al mapa ecológico del Ecuador, en base a las formaciones vegetales de L.R Holdridge tiene una precipitación media anual de 500 mm, una humedad relativa de 68% se encuentra en la formación Bosque Seco Premontano” (Abendaño y Morocho, 1992).

### 3.3. Características de la serie La Era según el estudio de suelos del INERHI , (1984)

- ✓ **Superficie:** 62.9 ha
- ✓ **Clasificación taxonómica:** Typic ustropept arcilloso muy fino isothermico.
- ✓ **Localización:** Se ubica en dos sectores, al norte junto a la población de La Era y frente a la quebrada San Agustín.
- ✓ **Relieve:** El relieve es fuertemente ondulado de forma irregular, con pendientes que oscilan entre 12- 40%
- ✓ **Uso actual de la Tierra:** Actualmente en el sistema de riego La Era se cultivan: maíz, frejol, yuca, tomate, pimiento, zarandaja, caña; y se encuentran algunos frutales especialmente cítricos y algunos pastos.
- ✓ **Características de la serie**
  - a) Perfil profundo (1 m y más), de textura arcillosa.

- b) Se identifica horizontes Ap y Bs, estructurados en bloques subangulares, medianos, moderada; consistencia en húmedo firme, y adherente plástica en mojado.
- c) Los colores en húmedo van de pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en las capas superficiales, a pardo amarillento (10 YR 5/5) más adelante: es notoria la presencia de moteados de hierro, sobresalientes abundantes y gruesos.

### 3.4. Características y uso actual de las parcelas seleccionadas para la evaluación biológica y química de la fertilidad.

**Cuadro 1.** Ubicación, uso actual y características físicas del terreno de las parcelas seleccionadas.

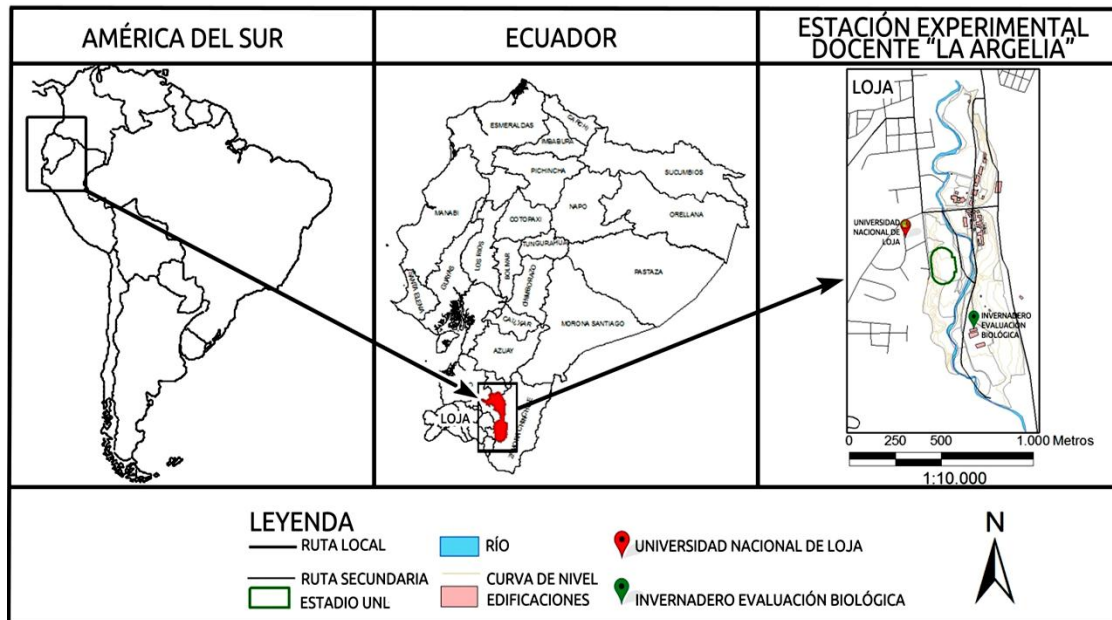
<b>Parcela</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Propietario</b>	<b>Uso del terreno</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Pendiente</b>
		<b>del terreno</b>			<b>del terreno</b>
					<b>(%)</b>
<b>1</b>	688751m N	Sra.	Maíz+zarandaja	3104	40
	688761m N	Erminea			
	9544274m E	Armijos			
	9544238m E				
<b>2</b>	688908m N	Sr. Augusto	Caña	1878	45
	688986m N	Cano			
	9544063m E				
	9544082m E				
<b>3</b>	688724m N	Sr.	Pimiento	2928	30
	688776m N	Humberto			
	9543920m E	Carrión			
	9543833m E				
<b>4</b>	688772m N	Sr. Diego	Yuca	1408	35
	688750m N	Armijos			
	9544136m E				
	9544170m E				
<b>5</b>	688682m N	Sr.	Pastos	6262	40
	688692m N	Humberto			
	9543876m E	Carrión			
	9543806m E				
<b>6</b>	688793m N	Sra.	Huerta	1849	30
	688837m N	Enriqueta			
	9543912m E	González			
	9543862m E				

### 3.5. Localización del ensayo de evaluación biológica.

La evaluación biológica se realizó en el invernadero metálico ubicado en el sector Los Molinos de la estación Experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, a 3 Km al sur de la ciudad de Loja, en las siguientes coordenadas geográficas.

- 700144 m Oeste
- 9554274 m Sur
- Altitud: 2125 m.s.n.m.

Según la clasificación de Holdridge, “La Argelia” corresponde a una zona de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB) (Salinas y Castillo, 2014).



**Figura 1.** Localización del invernadero en la Estación Experimental La Argelia.

### 3.6. Materiales y equipos.

264 tarrinas de plástico de 700 ml, 264 vasos plásticos de 250 ml, semillas de tomate riñón, 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, GPS, soluciones nutritivas, espectrofotómetro UV-V de absorción atómica, cilindros Kopecky.

### **3.7. Metodología**

#### **3.7.1. Caracterización física de las unidades de suelos**

Según la resolución del proyecto de suelos del Sistema de riego La Era, realizado por el INERHI en 1984, existen cinco tipos de serie que son: Casharuro, Jorupe, La Era, Algarrobligo y San Agustín. Debido a la gran extensión del sistema de riego La Era, se dispuso investigar la disponibilidad de nutrientes para la serie La Era en una pendiente de 30-45%, añadiendo los usos de suelos existentes en esta serie: maíz+zarandaja, caña, pimiento, yuca, pastos y huerta familiar.

En base a esta investigación se tomó la información de la calicata realizada en la serie La Era y los análisis físicos y químicos realizados por la misma institución (Anexo 3).

En las parcelas seleccionadas de la serie la era a una profundidad de 00-25 cm se tomaron muestras alteradas para los seis usos de suelo y se enviaron al laboratorio de suelos, foliares y aguas (AGROCALIDAD) y se determinó: La textura, C.I.C., pH, Materia Orgánica, conductividad eléctrica, Porcentaje de Saturación de Bases y la determinación de los macro y micro nutrientes.

También se tomaron por triplicado muestras inalteradas, con los anillos Kopecky de 100 cm<sup>3</sup>, para la determinación en el laboratorio de la porosidad total, capacidad de campo a 1/10 y 1/3 de atmosfera, punto de marchitez permanente y la densidad aparente.

#### **3.7.2. Evaluación biológica de la fertilidad del suelo**

#### **3.7.3. Diseño Experimental para los seis predios seleccionados de la serie La Era.**

Se trabajó con un diseño bifactorial completamente al azar (11 x 6) y con cuatro repeticiones una profundidad de 25 cm.

**Cuadro 2.** Factores y niveles de estudio dentro del diseño bifactorial completamente al azar. La Era, 2015.

FACTOR	NIVELES
<b>A. Solución Nutritivas</b>	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>B. Uso del suelo: Serie La Era</b>	1:Cultivo de maíz + zarandaja
	2:Cultivo de caña
	3:Cultivo de pimiento
	4:Cultivo de yuca
	5:Pastos
	6:Huerta

✓ **Especificaciones del ensayo**

- Área total del ensayo: 44 m<sup>2</sup>
- Área útil del ensayo: 16,8 m<sup>2</sup>
- Número total de unidades experimentales: 264
- Número de repeticiones: 4

✓ **Modelo aditivo lineal**

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

**Dónde:**

**y<sub>ijk</sub>** = Una observación cualquiera bajo el efecto del tipo de pendiente del terreno, soluciones nutritivas

**μ:** es la general media,

**α<sub>i</sub>:** es el efecto del i-ésimo nivel del factor soluciones nutritivas

**β<sub>j</sub>:** 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 de la solución nutritiva y del j-ésimo nivel del factor uso del suelo.

**pk:** es el efecto del error experimental

**$\epsilon$ ijk:** efecto de error experimental para el componente interacción.

✓ **Variables evaluadas:**

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

### 3.7.4. Preparación de soluciones nutritivas.

Las soluciones nutritivas se prepararon a partir de las soluciones madres, que fueron diluidas apropiadamente.

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

**Cuadro 3.** Tipos de sales y las cantidades expresadas en gramos para preparar las soluciones madres 1N de los macroelementos.

<b>Sales utilizadas</b>	<b>Peso molecular (g)</b>	<b>Cantidad de 1 L Sol 1N (g)</b>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	236	118
KNO <sub>3</sub>	101	101
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136	136
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	120	120
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174	87
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	246	123
Mg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	202	101
CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	218	109
NaCl	58	58



**Cuadro 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
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,81	500	1	0,5
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86	500	1	0,5
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,22	50	1	0,05
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,16	40	1	0,04
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0,04	20	1	0,02
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> FeN <sub>2</sub> NaO <sub>8</sub> (EDTA Fe)	32,75	5000	1	5

La concentración de estas soluciones madre es de 1 ml de solución para 1 litro de agua destilada. Cada solución nutritiva fue preparada en galones de 10 litros, empleando el Cuadro de volúmenes de las soluciones madre.

**Cuadro 5.** Volúmenes de las soluciones madre que se necesitó para 1 L en las diferentes soluciones nutritivas.

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

#### ✓ Preparación de las muestras de suelo

Las muestras de suelo se proceden a secar al aire y sin contacto directo al sol, luego se tritura los agregados y se pasa por el tamiz de 2,5 mm, una vez preparado el suelo se pesa por cuadruplicado 200 g para los seis usos de suelo almacenándolos en fundas plásticas.

✓ **Preparación de los recipientes.**

En los vasos plásticos de 250 ml, se les recortó el fondo y en su lugar se colocó un pedazo de tejido nylon sujeta con cinta y liga delgada, con la finalidad de soportar los 200 g de suelo y puedan atravesar las raíces hacia la solución nutritiva.

En la tapas de las tarrinas de 700 ml se procedió a recortar en forma circular del tamaño del diámetro de los vasos que contienen el suelo, asegurando que el fondo del vaso este en contacto con la solución nutritiva de la tarrina.

✓ **Instalación del experimento**

Cuando se tiene las soluciones madre, las tarrinas, las tapas perforadas, los vasos con la media nylon, los 200 g de suelo con sus réplicas y las semillas de tomate, se llevó todos los materiales al invernadero y se colocó las tarrinas sobre el mesón separadas por cada uno de los tratamientos colocando la etiqueta en la tarrina y en el vaso con sus respectivas repeticiones siguiendo el diseño experimental. En las tarrinas se añadió los 600 ml de solución nutritiva, se colocó la tapa perforada y se introdujo el vaso plástico que contiene los 200 g de suelo, tratando de que el vaso este en contacto con la solución nutritiva a una profundidad de 1 cm.

✓ **Siembra y raleo de la planta indicadora**

Para asegurar la germinación en cada vaso se sembró tres semillas de tomate variedad Micaela en cada vaso que contiene suelo, previamente se dejó un tiempo de 24 horas para que, la solución nutritiva por efecto de la capilaridad ascienda y humedezca todo el suelo, una vez geminadas las semillas se realizó el raleo y se seleccionó una planta.

✓ **Reposición de la solución nutritiva**

Se repuso la solución nutritiva de acuerdo a la evapotranspiración del cultivo donde se mantuvo un volumen de reposición de 25 ml pasando dos días durante las cuatro primeras semanas y 40 ml en las últimas semanas, esto es provocado por el mayor desarrollo de las plantas y también con las características climáticas en las que se encontraba el ensayo.

✓ **Registro del crecimiento y peso seco de la planta**

A los 40 días se realizó el registro de crecimiento de las plantas para realizar el informe de la tercera visita de campo y a los 60 días se midió la altura de las plantas y el corte a nivel del cuello separando la parte aérea de la raíz para luego llevarlas a la estufa a 60°C por cuatro días donde se determinó la materia seca.

✓ **Análisis de datos altura y materia seca de planta indicadora**

Con la altura y materia seca de la planta se hizo el análisis de varianza (ADEVA), donde se determinó la diferencia altamente significativa ( $p < 0,01$ ) y diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). 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.

### **3.7.5. Análisis de la fertilidad química en el laboratorio**

Se procedió a realizar el análisis químico de los predios seleccionados donde se determinó: pH en H<sub>2</sub>O determinado por el método potenciométrico, la determinación de materia orgánica y nitrógeno por el método volumétrico, y del fósforo se realizó por el método colorimétrico, para la determinación de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), hierro (Fe) se realizó mediante el extracto Olsen Modificado con pH de 8,5. El boro (B) por el método colorimétrico y el azufre por el método turbidimétrico.

### **3.7.6. Correspondencia entre la evaluación biológica y los análisis químicos del laboratorio.**

Se realizó la correlación entre el análisis químico del laboratorio frente a la producción de biomasa seca de la planta indicadora, utilizando el programa de Excel 2010, donde los datos de los contenidos nutricionales del análisis químico es la variable independiente y la biomasa seca es la variable dependiente, luego se aplica la línea de tendencia para presentar la correlación (R), esta correlación se realiza para los 10 macro y micro elementos analizados química y biológicamente.

### **3.7.7. Difusión de los resultados.**

A los 50 días después de la germinación de las plantas de tomate se realizó el día de campo en presencia del director de tesis, productores del sistema de riego La Era, docentes del área agropecuaria y estudiantes el día 28 de agosto de 2015. Se realizó la entrega de un tríptico divulgativo en la cual contenían los resultados estadísticos de la altura de las plantas y la metodología utilizada para la evaluación biológica.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Características físico químicas de las parcelas seleccionadas de la serie La Era.**

#### **4.2. Uso de maíz + zarandaja**

##### **4.2.1. Condiciones físicas**

En la capa de 00-25cm la densidad aparente ( $D_a$ ) es  $1,3 \text{ g/cm}^3$ , valor que se encuentra dentro del rango común para suelos de textura franco arcilloso, el Agua Aprovechable (AA) se ubicó en 10% (bajo), con una capacidad de aireación (CA) 13% (media) y Volumen de Poros Físicamente Inerte (VPFI) 78% corresponde a la zona I (muy pobre) (Cuadro 8).

##### **4.2.2. Condiciones químicas**

El  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  es 7,6 correspondiente al rango ligeramente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) se encontró en un valor de 19 cmol/kg (medio), la conductividad eléctrica (CE) 0,4 ds/m (no salino), el contenido de materia orgánica (M.O) 0,8% (bajo), el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.) 239% (saturado) y la suma de bases totales en un rango de 45 cmol/kg (medio) (Cuadro 6).

##### **4.2.3. Fertilidad actual**

Los nutrientes disponibles que se encontraron en el rango bajo fueron el: nitrógeno, hierro, manganeso, zinc y boro. En el rango medio: fósforo, potasio, cobre y azufre. Y en el rango alto: calcio y el magnesio (Cuadro 7).

### **4.3. Uso de Caña.**

#### **4.3.1. Condiciones físicas**

En la capa de 00-25 cm, la  $D_a$  es  $1.0 \text{ g/cm}^3$ , valor que se encuentra dentro del rango común para suelos de textura arcilloso, el AA es 21% (muy alto), con una CA de 3% (muy bajo) y VPFI de 76% que corresponde a la zona I (muy pobre) de acuerdo al diagrama triangular (Cuadro 8).

#### **4.3.2. Condiciones químicas**

El  $pH_{H_2O}$  es 6,2 correspondiente a ligeramente ácido, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) es de 21 cmol/kg (medio) la conductividad eléctrica (CE) 0,8 ds/m (no salino), el contenido de materia orgánica (M.O) 0,3% (bajo), el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.) 43% (medio saturado) y la suma de bases totales 9,0 cmol/kg (medio) (Cuadro 6).

#### **4.3.3. Fertilidad actual**

Los nutrientes disponibles que se encontraron en el rango bajo fueron: el nitrógeno y zinc. En el rango medio se encuentran: el hierro y boro. Y en el rango alto se encuentran: el calcio, magnesio, fosforo, potasio, manganeso, cobre y azufre (Cuadro 7).

### **4.4. Uso de Pimiento**

#### **4.4.1. Condiciones físicas**

En la capa de 00-25 cm, la  $D_a$  es 1.1 g/cm<sup>3</sup>, valor que se encuentra dentro del rango común para suelos de textura arcilloso, el AA es 14% (medio), con una CA de 8% (bajo) y VPM de 79% donde corresponde a la zona I (muy pobre) de acuerdo al diagrama triangular (Cuadro 8).

#### **4.4.2. Condiciones químicas**

El  $pH_{H_2O}$  es 7,6 correspondiente al rango ligeramente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) es de 17 cmol/kg (medio), la conductividad eléctrica (CE) 0,5 ds/m (no salino), el contenido de materia orgánica (M.O) 2% (alto), el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.) 245% (saturado) y la suma de bases totales en un rango 42 cmol/kg (muy alto) (Cuadro 6).

#### **4.4.3. Fertilidad actual**

Los nutrientes disponibles que se encontraron en el rango bajo son: el nitrógeno, zinc, hierro y boro. En el rango medio: manganeso, cobre y azufre. Y en el rango alto se encuentran: el calcio, magnesio, fosforo y potasio (Cuadro 7).

## **4.5. Uso de Yuca**

### **4.5.1. Condiciones físicas**

En la capa de 00-25 cm, la Da es 1,5 g/cm<sup>3</sup>, valor que se encuentra dentro del rango común para suelos de textura franco arcillo arenoso, el AA es 5% (muy bajo), la CA de 16% (alto) y VPM de 79% donde corresponde a la zona I (muy pobre), de acuerdo al diagrama triangular (Cuadro 8).

### **4.5.2. Condiciones químicas**

El pH<sub>H2O</sub> es 7,0 correspondiente al rango prácticamente neutro, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) es 22 cmol/kg (medio), la conductividad eléctrica (CE) 0,40 ds/m (no salino), el contenido de materia orgánica (M.O) 2% (medio), el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.) 165% (saturado) y la suma de bases totales 36 cmol/kg (muy alto) (Cuadro 6).

### **4.5.3. Fertilidad actual**

Los nutrientes disponibles que se encontraron en el rango bajo fueron el: nitrógeno, fósforo, zinc, boro y azufre. En el rango medio se encuentran: el manganeso, cobre y hierro. Y en el rango alto se encuentran: calcio, potasio y el magnesio (Cuadro 7).

## **4.6. Uso del Pasto**

### **4.6.1. Condiciones físicas**

En la capa de 00-25 cm, la Da es 1.2 g/cm<sup>3</sup>, valor que se encuentra dentro del rango común para suelos de textura franco arenoso, el AA es 11% (medio), la CA de 10% (medio) y VPM de 78% donde corresponde a la zona I (muy pobre), de acuerdo al diagrama triangular (Cuadro 8).

### **4.6.2. Condiciones químicas**

El pH<sub>H2O</sub> es 7,5 correspondiente al rango prácticamente neutro, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) 15 cmol/kg (medio), la conductividad eléctrica (CE) 2 ds/m (ligeramente salino), el contenido de materia orgánica (M.O) 1% (medio), el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.) 308% (saturado) y la suma de bases totales 46 cmol/kg (muy alto) (Cuadro 6).

#### **4.6.3. Fertilidad actual**

Los nutrientes disponibles que se encontraron en el rango bajo fueron el: nitrógeno y zinc. En el rango medio se encuentran el: fosforo, manganeso, cobre, boro y hierro. Y en el rango alto se encuentra: calcio, potasio, magnesio y azufre (Cuadro 7).

#### **4.7. Uso de Huerta**

##### **4.7.1. Condiciones físicas**

En la capa de 00-25 cm, la densidad aparente es 1.20 g/cm<sup>3</sup>, valor que se encuentra dentro del rango común para suelos de textura franco arcilloso, el AA es 18% (alto), la CA 12% (medio) y VPM de 70% donde corresponde a la zona III (medio), de acuerdo al diagrama triangular (Cuadro 8).

##### **4.7.2. Condiciones químicas**

El pH<sub>H2O</sub> es 7,5 correspondiente al rango prácticamente neutro, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) es de 24 cmol/kg (medio) la conductividad eléctrica (CE) 0,5 ds/m (no salino), el contenido de materia orgánica (M.O) 2% (medio), el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.) 160% (saturado) y la suma de bases totales 38 cmol/kg (muy alto) (Cuadro 6).

##### **4.7.3. Fertilidad actual**

Los nutrientes disponibles que se encontraron en el rango bajo fueron el: nitrógeno, potasio, hierro, manganeso, zinc, boro y azufre. Y en el rango medio: el cobre. Y en el rango alto se encuentran: el fosforo, calcio, y magnesio (Cuadro 7).



**Cuadro 6.** Características químicas de la capa de 00-25 cm en los seis sitios de la serie La Era.

Uso	pH <sub>H2O</sub>		CE (ds/m)		C.I.C. (cmol/kg)		M.O. (%)		Bases		P.S.B. (%)
									Totales (K <sup>+</sup> , Ca <sup>+</sup> , Mg <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> )		
<b>Maiz+zarandaja</b>	7,6	L.A	0,4	NS	19	M	0,8	B	45	MA	239
<b>Caña</b>	6,2	P.N	0,8	NS	21	M	0,3	B	9	M	43
<b>Pimiento</b>	7,6	L.A	0,5	NS	17	M	2	M	42	MA	245
<b>Yuca</b>	7.0	P.N	0,4	NS	22	M	2	M	36	MA	165
<b>Pasto</b>	7.5	P.N	2	NS	15	M	1	M	46	MA	308
<b>Huerta</b>	7,5	P.N	0,5	NS	24	M	2	M	38	MA	160

**Donde:**

**L.A=** Ligeramente Alcalino; **P.N=** Prácticamente Neutro; **NS=** No Salino; **M=** Medio, **B=** Bajo, **MA=**Muy Alto.

**Cuadro 7** Contenido de elementos disponibles en la capa de 00-25 cm de los seis tipos de uso de suelo, serie La Era (extracción con la solución de Olsen Modificada).

Uso	Macronutriente				Macronutrientes (cmol/kg)								Micronutrientes (mg/L)									
	N (ppm)	P (mg/L)		K	Ca		Mg	S	B		Fe	Mn		Zn	Cu							
Maíz+zarandaja	0,4	Bajo	19	Medio	0,4	Medio	17	Alto	7	Alto	17	Medio	<0,50	Bajo	17	Bajo	4	Bajo	0,6	Bajo	3	Medio
Caña	0,1	Bajo	36	Alto	0,8	Alto	17	Alto	4	Alto	71	Alto	1,0	Medio	37	Medio	16	Alto	1,5	Bajo	7	Medio
Pimiento	1	Bajo	28	Alto	0,6	Alto	17	Alto	5	Alto	24	Medio	<0,50	Bajo	16	Bajo	15	Medio	1,3	Bajo	3	Medio
Yuca	14	Bajo	11	Medio	0,42	Alto	17	Alto	5	Alto	27	Alto	<0,50	Bajo	26	Medio	13	Medio	1,3	Bajo	3	Medio
Pastos	1	Bajo	13	Medio	0,7	Alto	18	Alto	3	Alto	91	Alto	2	Medio	24	Medio	10	Medio	0,6	Bajo	4	Medio
Huerta	11	Bajo	120	Alto	1,0	Alto	17	Alto	4	Alto	10	Bajo	<0,50	Bajo	17	Bajo	6	Medio	2	Bajo	4	Medio

**Cuadro 8.** Condiciones físicas de la capa de 00-25 cm en los seis sitios de la serie La Era, de diferentes usos.

Uso	Textura	Da (g/cm <sup>3</sup> )	% Øv		Condiciones Físicas del suelo (% Øv)					Equivalencia			
			Sat	CC	PPM	AA	CA	VS	VPM	AA	CA	Zona	Clase
Maíz-zarandaja	FrAc	1,3	52	40	30	10	12	48	78	Bajo	Medio	I	Muy Pobre
Caña	Ac	1,0	60	57	36	21	3	41	76	Muy Alto	Muy Bajo	I	Muy Pobre
Pimiento	Ac	1,1	58	50	36	14	8	42	78	Medio	Bajo	I	Muy Pobre
Yuca	FoAcAo	1,5	46	30	24	6	16	55	78	Muy Bajo	Alto	I	Muy Pobre
Pasto	FoAo	1,2	56	45	34	11	11	44	78	Medio	Medio	I	Muy Pobre
Huerta	FoAc	1,2	54	42	24	18	12	46	70	Alto	Medio	II	Pobre

**Donde:**

**Da:** Densidad Aparente; **Sat:** Saturación; **CC:** Capacidad de Campo; **PPM:** Punto de Marchitez Permanente; **AA:** Agua Aprovechable; **Vs:** Volumen de solidos  
**VPM:** Volumen de Poros Físicamente Inertes

En el Cuadro 8 se muestra los resultados de los análisis físicos de las seis unidades de suelo donde el agua aprovechable (AA) osciló entre 5 % y 21% (Muy Bajo y Muy Alto); mientras que la capacidad de aireación varía entre 3,0 % (Muy Bajo) y 13,0 % (Medio), y según el diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo, la unidad de suelo de huerta corresponde a la zona II (pobre), mientras que las otras unidades de suelos corresponde a la zona I (muy pobre).

#### **4.8. Evaluación biológica de la fertilidad del suelo.**

#### **4.9. Altura de la Planta indicadora.**

En el Cuadro 9 se presenta los valores promedio referentes a la altura de la planta indicadora (*Solanum lycopersicum*), de las parcelas de la serie La Era con diferentes usos de suelo.

Los valores obtenidos oscilan entre 6 cm que corresponde a la solución nutritiva menos P y 51 cm para la solución completa del uso de pimiento.

##### **4.9.1. Solución nutritiva completa**

Para la solución nutritiva completa (SC) los valores promedios de altura de la planta oscilan entre 40 cm y 51 cm para el uso de caña y de pimiento respectivamente, con una diferencia de 28 %. Es importante indicar que la solución nutritiva completa contiene los macro y micronutrientes que son importantes para el desarrollo de las plantas por tal razón alcanzaron mayor altura y robustez con respecto a los que les faltaba un elemento nutricional.

##### **4.9.2. Solución –N**

En la solución nutritiva menos nitrógeno los promedios de altura oscilan entre 8 cm y 15 cm para el uso de maíz + zarandaja y uso de caña (Cuadro 9). Todas las plantas presentaron un menor crecimiento en relación a la solución completa, la proporción entre Solución Completa (SC) y la solución –N para el uso de maíz zarandaja es 5,5:1 y para el uso de caña es 2,7:1, equivalente a una diferencia porcentual del 18% y 38% respectivamente (Cuadro 10), que corresponden a los rangos de muy bajo y bajo de acuerdo al análisis biológico, en tanto

que el nitrógeno coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango bajo (Cuadro 7).

Estos valores confirman que todos los usos seleccionados de la serie La Era son deficientes en nitrógeno.

#### **4.9.3. Solución –P**

En la solución nutritiva menos fósforo los valores promedio de altura de la planta oscilan entre 6 cm y 14 cm para los usos de pastos y huerta (Cuadro 9), la proporción entre (SC) y la solución –P fue de 7,6:1 para el uso de pastos y 3,1:1 para el uso de huerta, lo que equivalen a una diferencia de 13% y 33% respectivamente (Cuadro 10), que corresponden a los rangos muy bajo y bajo, en tanto que el fosforo no coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango medio y alto (Cuadro 7).

#### **4.9.4. Solución –K**

En la solución nutritiva menos potasio los valores promedio de altura fluctúan entre 26 cm y 36 cm para los usos de suelo maíz + zarandaja y yuca (Cuadro 9), todas las plantas presentaron un mediano desarrollo de crecimiento en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre: 1,7:1 y 1,3:1, lo que equivale a una diferencia de 83% y 59% respectivamente (Cuadro 10, que corresponden a los rangos medio y alto según el análisis biológico, en tanto que el potasio coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango medio y alto (Cuadro 7).

#### **4.9.5. Solución –Mg**

En la solución nutritiva menos magnesio los valores promedio de altura de la planta se encuentran entre 31 cm y 47 cm, para los usos de suelo de maíz + zarandaja y pimiento (Cuadro 9), todas las plantas presentan similar desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,4:1 y 1,1:1, equivalente a una diferencia porcentual de 70% y 92% ) respectivamente (Cuadro 10), que corresponden a los rangos medio y alto según el análisis biológico, en tanto que el magnesio coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango alto (Cuadro 7).

#### **4.9.6. Solución –S**

En la solución nutritiva menos azufre los valores de altura de planta oscilaron entre 13 cm y 42 cm para los usos de suelos de huerta y pastos (Cuadro 9), todas las plantas presentaron un menor crecimiento en relación a la solución completa, la proporción entre la SC y –S es 3,4:1 y 1,1:1 respectivamente, equivalente a una diferencia porcentual de 30% y 91% (Cuadro 10), que corresponden a los rangos bajo y alto de acuerdo al análisis biológico, en tanto que el azufre coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango bajo y alto (Cuadro 7).

Se observó un marcado déficit en altura de la planta con solución nutritiva -S, con relación a la solución completa. La cantidad de azufre en forma asimilable depende, sobre todo, de la riqueza en humus y de la actividad biológica de los suelos donde estos suelos están en el rango medio de materia orgánica (0,26% a 2,19%), además el azufre se lixivia fácilmente.

#### **4.9.7. Solución – Zn**

En la solución nutritiva menos zinc, los valores de altura fluctuaron entre 36 cm y 48 cm para los usos de suelo de huerta y uso de pimiento, todas las plantas presentan similar desarrollo en relación a solución nutritiva completa cuya proporción es de 1,3:1 y 1,1:1 respectivamente, lo que equivale a una diferencia porcentual de 84% y 94% (Cuadro 10), que corresponde al rango alto según el análisis biológico, en tanto que el zinc no coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango medio (Cuadro 7).

#### **4.9.8. Solución – Cu**

En la solución nutritiva menos cobre los valores promedio de altura de planta oscilan entre 29 cm y 47 cm para los usos de suelos de: caña y pimiento (Cuadro 9), todas las plantas presentan un menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 1,4:1 y 1,1:1 respectivamente, lo que equivale a una diferencia porcentual de 73% y 92% (Cuadro 10), que corresponden a los rangos medio y alto según el análisis biológico, en tanto que el cobre coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango medio (Cuadro 7).

#### **4.9.9. Solución – Mn**

En la solución nutritiva menos manganeso los valores de altura de planta oscilan entre 21 cm y 45 cm para el uso de suelos de maíz + zarandaja y uso de yuca (Cuadro 9), todas las plantas presentan menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 2,1:1 y 1,0:1 respectivamente, lo que equivale a una diferencia porcentual de 48% y 96% (Cuadro 10), que corresponden a los rangos bajo y alto según el análisis biológico, en tanto que el manganeso coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango bajo y medio (Cuadro 7).

#### **4.9.10. Solución – B**

En la solución nutritiva menos boro los valores promedio de altura de planta se encontraron entre 20 cm y 45 cm para los usos de suelos de: maíz + zarandaja y de yuca (Cuadro 9), todas las plantas presentan menor desarrollo en relación a la solución completa cuya proporción oscila entre 2,2:1 y 1,0:1 respectivamente, lo que equivale a una diferencia porcentual de 45% y 96% (Cuadro 10), que corresponden a los rangos bajo y alto según el análisis biológico, en tanto que el boro coincide con el análisis químico para el uso de maíz+zarandaja, excepto para el uso de yuca donde se encuentra en el rango bajo (Cuadro 7).

#### **4.9.11. Solución – Fe**

En la solución nutritiva –Fe, los valores promedio de altura de planta se ubicaron entre 32 cm y 46 cm para los usos de suelos de: huerta y yuca (Cuadro 9), todas las plantas presentaron un menor crecimiento en relación a la solución completa. La proporción entre la SC y –Fe es de 1,3:1 y 1,0:1 respectivamente, lo que equivale a una diferencia porcentual de 74% y 98% (Cuadro 10) que corresponde a los rangos medio y alto según el análisis biológico, en tanto que el hierro no coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango bajo y medio (Cuadro 7).

**Cuadro 9.** Altura promedio de la planta indicadora (cm) a los 60 días después de la germinación, en los suelos de los diferentes tratamientos, del predio La Era.

Solución	Uso de suelo					
	Maíz +zarandaja	Caña	Pimiento	Yuca	Pastos	Huerta
-Sc	44	40	51	47	46	43
-N	8	15	12	10	10	8
-P	10	13	13	13	6	14
-K	26	33	35	36	33	32
-Mg	31	36	47	46	36	39
-S	13	30	22	21	42	13
-Zn	39	39	48	46	45	36
-Cu	30	29	47	43	41	41
-Mn	21	39	42	45	40	42
-B	20	36	44	45	32	40
-Fe	34	33	39	46	36	32

**Cuadro 10.** Porcentaje de altura promedio de la planta indicadora (%) a los 60 días después de la germinación, en los diferentes usos de suelo, serie La Era.

Solución	Uso de suelo											
	Maíz +zarandaja		Caña		Pimiento		Yuca		Pasto		Huerta	
Sc	100	A	100	A	100	A	100	A	100	A	100	A
-N	18	MB	38	B	24	MB	21	MB	22	MB	19	MB
-P	23	MB	33	B	25	MB	28	B	13	MB	33	B
-K	59	M	83	A	69	M	77	A	72	M	74	M
-Mg	70	M	90	A	92	A	98	A	78	A	91	A
-S	30	B	75	M	43	B	45	B	91	A	30	B
-Zn	89	A	98	A	94	A	98	A	98	A	84	A
-Cu	68	M	73	M	92	A	91	A	89	A	95	A
-Mn	48	B	98	A	82	A	96	A	87	A	98	A
-B	45	B	90	A	86	A	96	A	70	M	93	A
-Fe	77	A	83	A	76	A	98	A	78	A	74	M

**Cuadro 11.** Cuadro de interpretación

Valor	Significado	
>75%	Alto	(A)
50-75%	Medio	(M)
25-50%	Bajo	(B)
<25%	Muy Bajo	(MB)

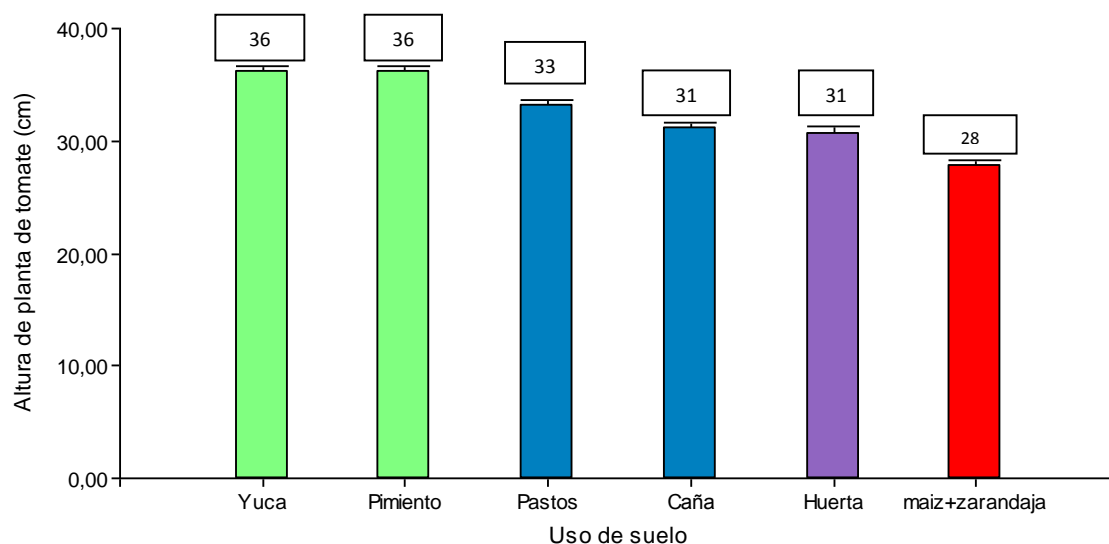
**Fuente:** (Carlos Valarezo, comunicación personal).

**Cuadro 12.** Confrontación de los rangos entre; la evaluación biológica (altura de la planta) y el análisis químico para los seis usos de suelo, serie La Era.

Solución	Uso de suelo											
	Maíz		Caña		Pimiento		Yuca		Pasto		Huerta	
	+zarandaja											
	BI	QU	BI	QU	BI	QU	BI	QU	BI	QU	BI	QU
-N	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
-P	B	M	B	A	B	A	B	M	B	M	B	A
-K	M	M	A	A	M	A	A	A	M	A	M	A
-Mg	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
-S	B	M	M	A	B	M	B	A	A	A	B	B
-Zn	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
-Cu	M	M	M	M	A	M	A	M	A	M	A	M
-Mn	B	B	A	A	A	M	A	M	A	M	A	M
-B	B	B	A	M	A	B	A	B	M	M	A	B
-Fe	A	B	A	M	A	B	A	M	A	M	M	B

Donde:

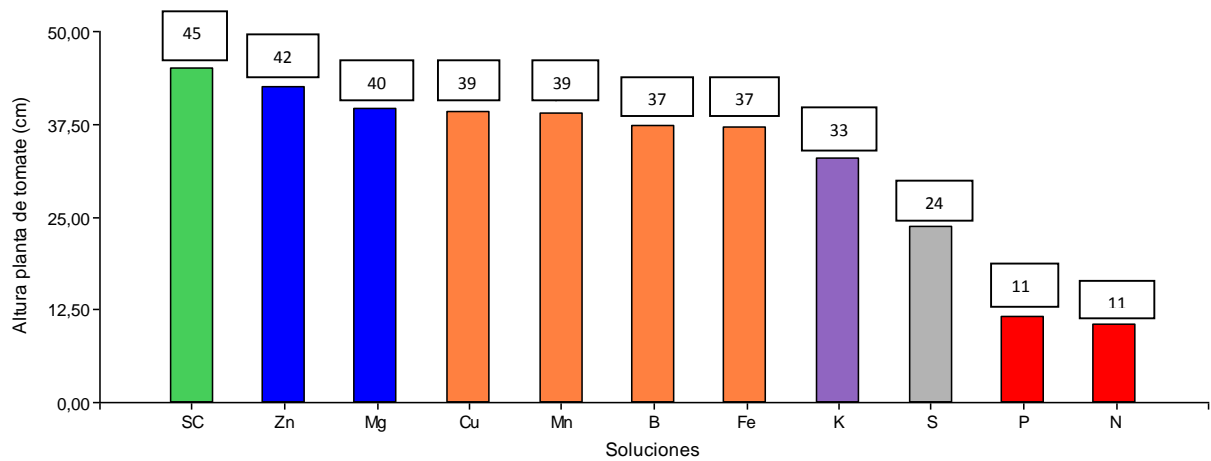
BI= Evaluación Biológica; QU= Análisis químico



**Figura 2.** Promedio de altura de la planta de tomate y prueba de Tukey al 5% a los 60 días de edad, para el factor uso del suelo.

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 se encuentra en 45 cm que corresponde a SC, y los valores que fueron en rango medio son de: 42 cm (Zn), 40 cm (Mg), 39cm (Cu), 39cm (Mn), 37cm (B), 37cm (Fe) y 33cm (K). Por lo tanto la menor altura de planta se encuentra en 24cm (S), 11cm (P) y 11cm (N) (Figura 3).





**Figura 3.** Promedio de la altura de la planta de tomate y prueba de Tukey al 5% a los 60 días de edad, para el factor soluciones.

#### 4.9.12. Aspecto de la planta indicadora

En la figura 4 se puede evidenciar la apariencia del estado de crecimiento de los dos usos de suelo de la serie La Era: yuca y maíz+zarandaja. En la figura 5 se puede evidenciar que la solución completa muestra la mejor apariencia y que las principales deficiencias son en fósforo, nitrógeno y azufre.



**Figura 4.** Deficiencias de nutrientes (N, P y S).



**Figura 5.** Vista general de dos usos de suelo: yuca y maíz+zarandaja a los 60 días.

#### **4.10. Materia Seca de la Planta Indicadora**

En el Cuadro 13 se exponen los valores concernientes al peso seco de la planta indicadora *Solanum lycopersicum*, cortadas a los 60 días, los resultados son el promedio de cuatro repeticiones por solución nutritiva. Se notan valores que fluctúan entre 0,03 g para -P (uso de pastos) y 10,2 g para la SC (uso de yuca) respectivamente.

##### **4.10.1. Solución -N**

En la solución nutritiva -N el valor más bajo de materia seca es 0,1 g y se registró en el uso de maíz + zarandaja y el valor más alto es 0,4 g que correspondió para el uso de caña (Cuadro 13). Cabe señalar que todas las plantas presentan un menor peso de la materia seca en la relación a la solución completa, cuya proporción oscila entre 80:1 y 14:1 respectivamente lo que equivale a una diferencia porcentual de 1% y 7% (Cuadro 14), que corresponde al rango muy bajo, en tanto que el nitrógeno coincide con en el análisis químico donde se encuentra en el rango bajo (Cuadro 7).

#### **4.10.2. Solución –P**

En la solución nutritiva –P los valores promedio de materia seca de planta oscilaron entre 0,03 g y 0,3 g (Cuadro 13) para los suelos de uso de pastos y de huerta. Todas las plantas –P presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –P es 257:1 y 25:1, lo que equivale a una diferencia porcentual del 0.4% y 4% (Cuadro 14), respectivamente que corresponde al rango muy bajo, en tanto el fosforo no coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango medio y alto (Cuadro 7).

#### **4.10.3. Solución –K**

En solución nutritiva –K los valores promedio de materia seca se ubicaron entre 2,9 g y 6,6 g para los usos de suelo de maíz + zarandaja y yuca (Cuadro 13), todas las plantas –K presentaron un menor peso en relación a la solución completa, la proporción SC y –K es 2,8:1 y 1,6:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 38% y 70% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde a los rangos bajo y medio, en tanto que el potasio no coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango medio y alto (Cuadro 7).

#### **4.10.4. Solución –Mg**

En la solución –Mg los valores promedio de materia seca se encontraron entre 3.9 g y 10 g para los usos de suelos de: caña y de yuca (Cuadro 13), 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 1,4:1 y 1,0:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 67% y 100% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde a los rangos medio y alto, en tanto que el magnesio coincide con el análisis químico donde se encuentra en el rango alto (Cuadro 7).

#### **4.10.5. Solución –S**

Para la solución nutritiva –S los valores promedio de materia seca oscilaron entre 0,5 g y 6,6 g para los usos de suelos de: maíz + zarandaja y pastos (Cuadro 13), todos los usos de suelo presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –S es de 16:1 y 1,2:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 6% y 88% respectivamente (Cuadro 14), que corresponden a los rangos muy bajo y alto. En tanto

que el azufre en el análisis químico no coincide para estos dos tipos de uso de suelo que se encuentran en el rango medio y alto (Cuadro 7).

#### **4.10.6. Solución -Zn**

En la solución nutritiva -Zn, los valores promedio de materia seca se situaron entre 5 g y 10 g para los usos de suelos de: caña y yuca (Cuadro 13), todos los usos suelo presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las SC y -Zn es 1,1:1 y 1,0:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 83% y 100% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde al rango alto, en tanto que el zinc en el análisis químico no coincide para estos dos tipos de usos que se encuentra en el rango bajo (Cuadro 7).

#### **4.10.7. Solución -Cu**

Para la solución nutritiva - Cu los valores promedio de materia seca oscilaron entre 2,6 g y 8,7 g para los usos de suelo de: caña y yuca (Cuadro 13), los usos de suelo en la solución -Cu presentan un menor peso frente a la solución completa, la proporción entre las soluciones SC y -Cu es 2,2:1 y 1,2:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 50% y 90% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde a los rangos bajo y alto, en tanto que el cobre no coincide con el análisis químico para estos dos tipos de uso de suelo que se encuentran en el rango medio (Cuadro 7).

#### **4.10.8. Solución -Mn**

En la solución nutritiva -Mn los valores promedio de materia seca de la planta oscilaron entre 4,9 g y 9,0 g para los usos de suelos de: maíz + zarandaja y de yuca (Cuadro 13), los usos de suelo en la solución -Mn presentaron un menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y -Mn es 1,6:1 y 1,1:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 63% y 90% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde a los rangos medio y alto, en tanto que el manganeso no coincide con el análisis químico para estos dos tipos de uso que se encuentran en el rango bajo y medio (Cuadro 7).

#### 4.10.9. Solución –B

En la solución nutritiva –B los valores promedio de peso de materia seca se encontraron entre 3,4 g y 8,4 g para los usos de suelos de: pastos y de yuca (Cuadro 13), todos los usos de la solución –B presentaron menor peso en relación a la solución completa. La proporción entre las soluciones SC y –B es 2.3:1 y 1,2:1, lo que equivale a una diferencia porcentual de 38% y 80% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde a los rangos bajo y alto, en tanto que el boro en el análisis químico no coincide para estos dos tipos de uso donde se encuentran en el rango medio y bajo (Cuadro 7).

#### 4.10.10. Solución –Fe

En la solución nutritiva -Fe los valores promedio de materia seca se situaron entre 4,5 g y 8,4 g para los usos de los suelos de: caña y de yuca (Cuadro 13), todas las plantas presentaron menor peso de materia seca en relación a la solución completa, cuya proporción es 1,2:1 lo que equivale a una diferencia porcentual de 67% y 80% respectivamente (Cuadro 14), que corresponde a los rangos medio y alto, en tanto que el hierro en el análisis químico no coincide para estos dos tipos de uso de suelo donde se encuentra en el rango medio (Cuadro 7).

**Cuadro 13.** Materia seca de la planta indicadora (g) a los 60 días de edad, en seis usos de suelo de la serie La Era.

Solución	Uso de suelo					
	Maíz +zaranda ja	Caña	Pimiento	Yuca	Pastos	Huerta
-Sc	8.0	5.6	9.0	10.2	7.7	7.4
-N	0.1	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2
-P	0.1	0.3	0.2	0.3	0.03	0.3
-K	2.9	3.6	5.5	6.6	4.3	3.5
-Mg	4.3	3.9	7.9	10.0	4.5	6.0
-S	0.5	2.0	1.2	1.5	6.6	0.5
-Zn	7.1	5.0	8.0	10.0	5.9	5.7
-Cu	4.0	2.6	8.2	8.7	5.3	7.0
-Mn	4.9	5.2	7.7	9.0	5.9	6.8
-B	3.9	3.8	7.8	8.4	3.4	6.2
-Fe	5.6	4.5	7.8	8.4	5.4	5.2

**Cuadro 14.** Porcentaje de peso de la materia seca (%) en los seis usos de suelo, serie La Era, en relación a la solución completa.

Solución	Uso de suelo											
	Maíz +zarandaja		Caña		Pimiento		Yuca		Pastos		Huerta	
-Sc	100	A	100	A	100	A	100	A	100	A	100	A
-N	1	MB	7	MB	3	MB	3	MB	3	MB	3	MB
-P	1	MB	5	MB	2	MB	3	MB	0.4	MB	4	MB
-K	38	B	67	M	56	M	70	M	50	B	57	M
-Mg	50	B	67	M	89	A	100	A	63	M	86	A
-S	6	MB	33	B	11	MB	10	MB	88	A	14	MB
-Zn	88	A	83	A	89	A	100	A	75	M	86	A
-Cu	50	B	50	B	89	A	90	A	63	M	100	A
-Mn	63	M	83	A	89	A	90	A	75	M	100	A
-B	50	B	67	M	89	A	80	A	38	B	86	A
-Fe	75	M	67	M	89	A	80	A	63	M	71	M

**Donde:**

**A:** Alto **M:** Medio **B:** Bajo **MB:** Muy Bajo.

**Cuadro 15.** Comparación de rangos de los resultados entre la evaluación biológica (materia seca) y el análisis químico para los seis usos de suelo, serie La Era.

Solución	Uso de suelo											
	Maíz +zaranda ja		Caña		Pimiento		Yuca		Pastos		Huerta	
	BI	QU	BI	QU	BI	QU	BI	QU	BI	QU	BI	QU
-N	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
-P	B	M	B	A	B	A	B	M	B	M	B	A
-K	B	M	M	A	M	A	M	A	B	A	M	A
-Mg	B	A	M	A	A	A	A	A	M	A	A	A
-S	B	M	B	A	B	M	B	A	A	A	B	B
-Zn	A	B	A	B	A	B	A	B	M	B	A	B
-Cu	B	M	B	M	A	M	A	M	M	M	A	M
-Mn	M	B	A	A	A	M	A	M	M	M	A	M
-B	B	B	M	M	A	B	A	B	B	M	A	B
-Fe	M	B	M	M	A	B	A	M	M	M	M	B

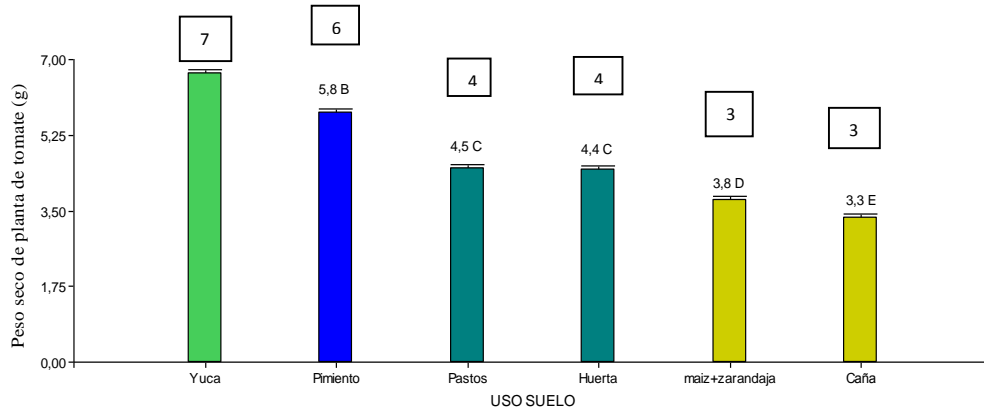
**Donde:**

**BI=** Evaluación Biológica; **QU=** Análisis químico

Según el Cuadro 15, existió coincidencia entre los resultados de la evaluación biológica y el análisis químico para los macroelementos de -N, excepto para el -P, donde no existe similitud entre sus resultados.

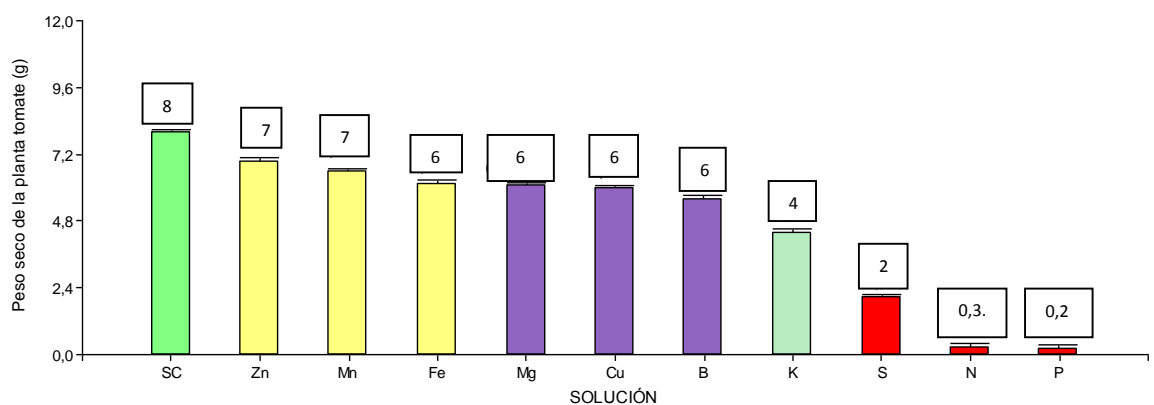
En el Anexo 8 se presenta el resumen del ADEVA de los valores de la biomasa seca de la planta indicadora a los 60 días desde la germinación. En éste se evidencia diferencia significativa para los factores: A (soluciones nutritivas), B (usos de suelo) y la interacción de los factores A y B (Solución \* uso de suelo).

En la figura 6, se puede evidenciar el mayor peso de materia seca representa el suelo del uso de yuca con una media de 7 g seguido del uso de pimiento con 6 g, y los cultivos de pastos y huerta son estadísticamente iguales (4 g), y los menores pesos de materia seca resultaron los cultivos de maíz + zarandaja y caña (3 g), respectivamente.



**Figura 6.** Promedio de la materia seca de la planta indicadora y prueba de Tukey a los 60 días de edad para el factor nutritivas

La Figura 7 indica 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 suprimió uno de los elementos esenciales. Cabe indicar que la SC muestra el mayor peso de biomasa seca con 8 g y las soluciones -Zn, -Mn, -Fe, -Mg, -Cu y -B son estadísticamente iguales, pero las soluciones carentes de los elementos -K, -S, -N y -P son los valores más bajos de materia seca, siendo las soluciones -N y -P los que se encuentran en menor disponibilidad (0,3 y 0,2 g), respectivamente.



**Figura 7.** Promedio y prueba Tukey al 5%, la materia seca de la planta de tomate a los 60 días de edad, para el factor soluciones.



**Figura 8.** Vista general del uso de caña que posee menor peso en materia seca según el análisis de varianza aplicando la prueba Tukey.



**Figura 9.** Síntomas de deficiencia en la planta indicadora (*solanum lycopersicum*) con los suelos de La Era.



**Figura 10.** Corte de la planta indicadora y secado de la misma para determinar la materia seca.



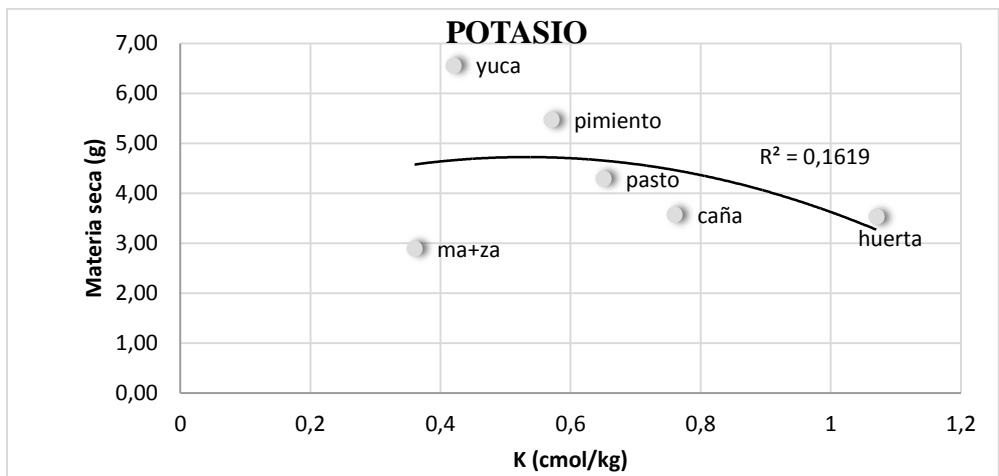
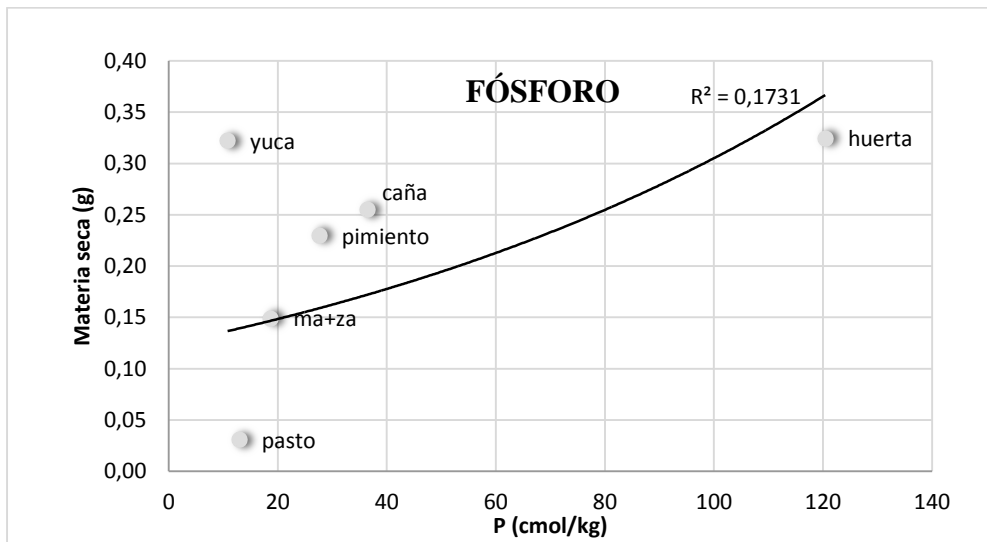
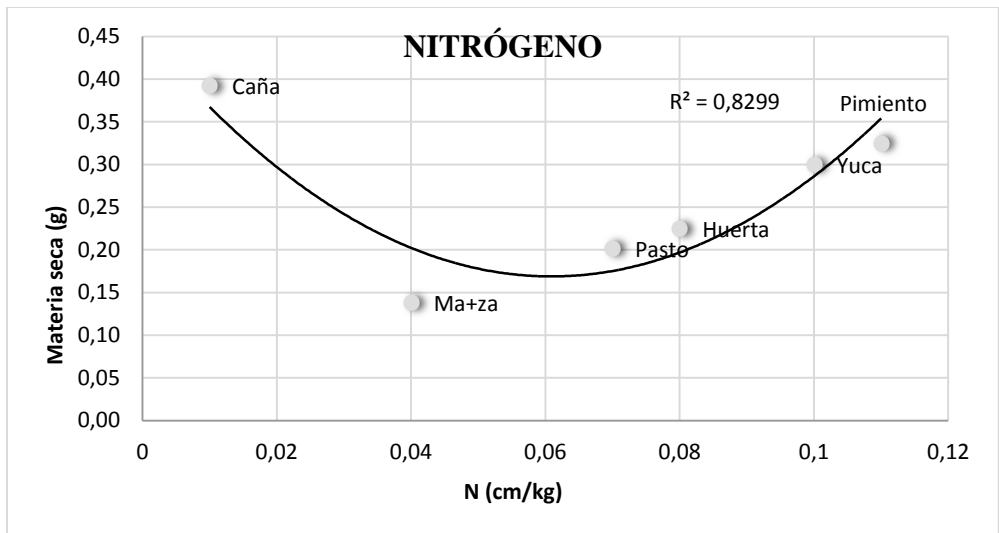
#### 4.11. Correspondencia entre la evaluación biológica y la evaluación química de la fertilidad del suelo.

En el Cuadro 9 se presentan los valores del coeficiente de correlación(r) entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora en los seis tipos de uso del suelo 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 analizados en el laboratorio siguiendo los procedimientos rutinarios establecidos por la RELASE.

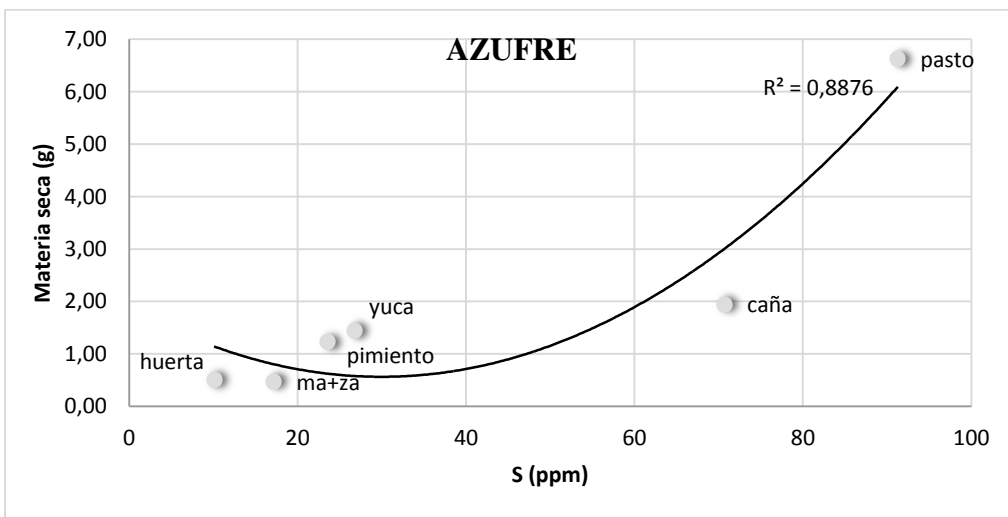
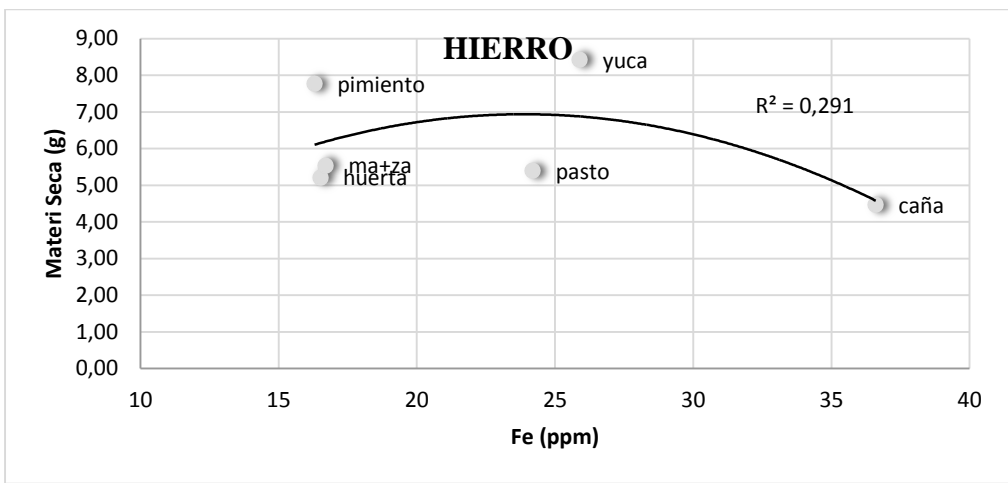
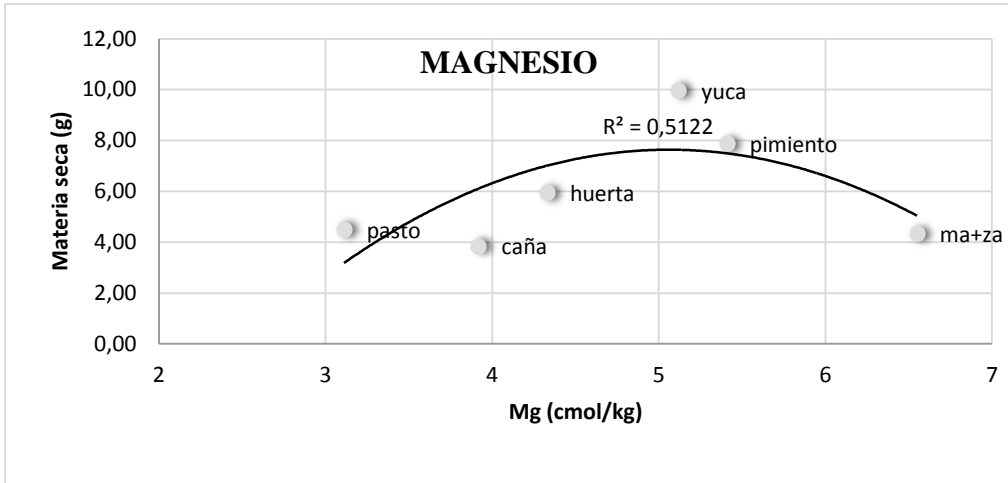
**Cuadro 16.** Valores del coeficiente de correlación (r) entre la biomasa total de la planta indicadora en las diferentes soluciones nutritivas y los contenidos de nutrientes extraídos con la solución Olsen Modificada) de los seis usos en la capa de 00-25 cm.

<b>Análisis Biológico Peso Biomasa Seca</b>	<b>Análisis Químico Nutrimento Disponible</b>	<b>Coefficiente de correlación (r)</b>
- N	Nitrógeno	0,9
- P	Fósforo	0,4
- K	Potasio	0,4
- Mg	Magnesio	0,7
- Fe	Hierro	0,5
-S	Azufre	0,9
- Mn	Manganeso	0,6
- Zn	Zinc	0,6
-Cu	Cobre	0,7

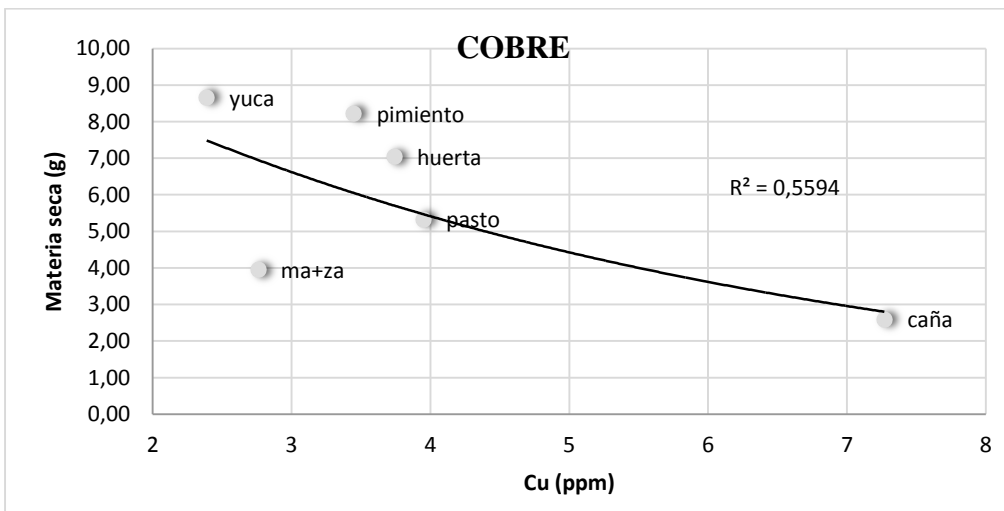
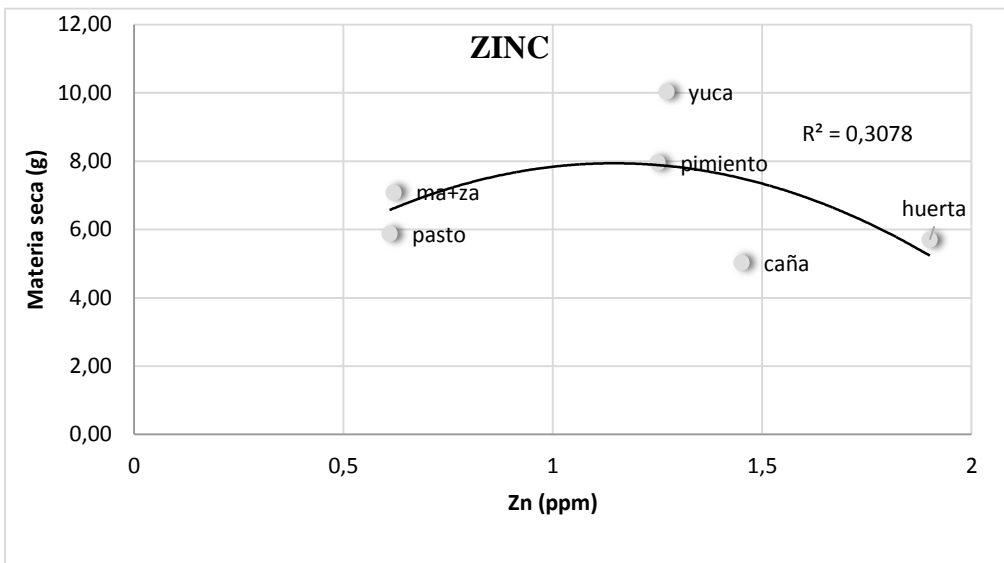
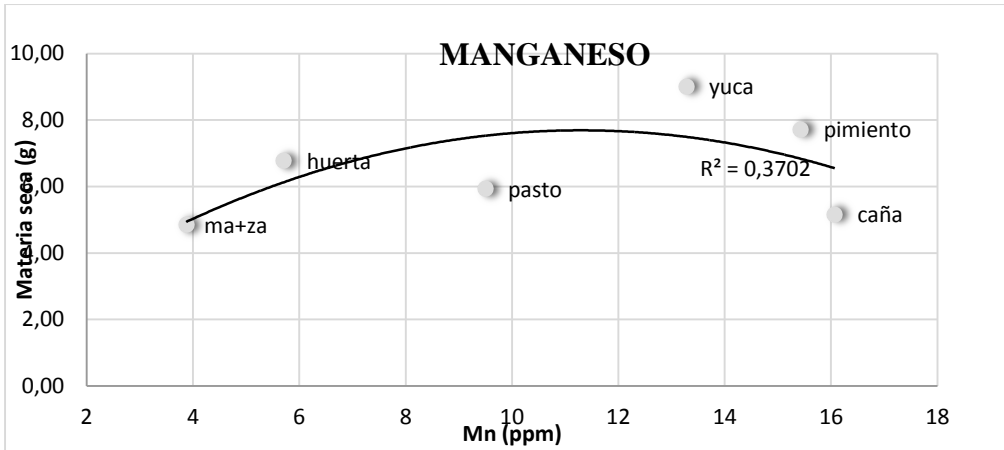
Los valores de r fluctúan entre 0,9 y 0,4; para los elementos -N, -S y -K, respectivamente, todos los elementos presentan una correlación positiva.



**Figura 11** Correlación entre; el nitrógeno, fosforo, potasio y el peso de la biomasa seca



**Figura 12.** Correlación entre; el magnesio, hierro, azufre y el peso de la biomasa seca.



**Figura 13.** Correlación entre; el manganeso, zinc, cobre y el peso de la biomasa seca

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Características físico químicas de las parcelas seleccionadas de la serie La Era.

Las características físicas de los seis suelos de la serie La Era se encuentran en la categoría muy pobre (Cuadro 8) y, para mejorar las condiciones físicas es necesario incrementar la porosidad con la aplicación de materia orgánica.

Tavés (2010), indica que al adicionar materia orgánica al suelo, le confiere una decisiva mejora físico-química, que se traduce en hacer al suelo más blando. El XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (2008) manifiesta, que la compactación del suelo produce una disminución de la porosidad que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad. Además, un suelo ideal debe contener 50% de materia sólida y 50% de espacio poroso libre para que circulen el agua y el aire por partes iguales. (Shanti, 2014). Al respecto Cueva y Salinas (2010), investigaron las propiedades físicas de un suelo de textura Franco Arcilloso con Agua Aprovechable de 11 % equivalente a Medio, aplicaron 25 t/ha de carbón vegetal, en cual la capacidad de aireación al inicio del ensayo presentó un rango bajo pero al final del ensayo mejoró a un rango correspondiente a alto.

En las características químicas de los suelos de la serie La Era se tiene, un pH desde ligeramente alcalino a prácticamente neutro, esto se debe al tipo de material parental Andesita que son rocas básicas compuestos por minerales de colores oscuros en general pobres en silicio y ricos en Fe-Mg, la C.I.C y suma de bases totales fueron del rango medio y alto respectivamente; y pertenece al tipo de arcilla Illita; la materia orgánica en el rango de medio a bajo (Cuadro 6) esto se debe al residuo de las cosechas en los cultivos analizados, y luego de su mineralización quedan disponibles a la absorción de los nutrientes por parte de la planta además existen pérdidas por lixiviación debido al exceso de agua aplicado por gravedad. Cueva y Salinas (2010), manifiestan que al aplicar 9,74 t/ha de Bocashi más 25 t/ha de carbón vegetal que tiene la propiedad de retener los nutrientes en el suelo. Para lo cual el nitrógeno en el suelo varió de medio a alto, en cuanto al fósforo, potasio, calcio y magnesio se mantuvieron en alto en todos los tratamientos.

## **5.2. Pautas para mejorar la fertilidad del suelo de la Serie La Era con referencia a la Evaluación biológica.**

### **5.2.1. Uso de maíz + zarandaja.**

Según la evaluación biológica el suelo con el uso de maíz+zarandaja presento deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y azufre (Cuadro 10 y 14). Al respecto Iñiguez (2010), manifiesta que una deficiencia de nitrógeno produce vegetación raquítica, con las hojas pequeñas y de color amarillento. La deficiencia de fósforo ocasiona un desarrollo débil de la planta y sistema radicular, hojas de menor tamaño con coloración azul verdosa con tintes purpuras. Además, Graetz (2010) manifiesta que la deficiencia de azufre produce plantas pequeñas, tallos delgados y hojas amarillentas (Figura 4).

Al respecto Sarango (1994), indica que los suelos de Saraguro, barrio Tuncarta tiene una textura FoAc, densidad aparente de 1,13, pH de 5,7 (ácida), materia orgánica de 3,7% (alto), el nitrógeno y fósforo asimilable presentaron valores de 0,2 a 11 ug/ml rangos que corresponden a la categoría de muy bajo y bajo respectivamente. Transcurridos 10 meses de haber encalado el suelo aplicando 6 t/ha a una profundidad de 0,2 m. y aplicando el fertilizante 18-16-00 y Urea 46% de N el pH del suelo fue de 6,3 (ligeramente ácido), la materia orgánica se incrementó a 5,9% (alto) atribuido al aporte material vegetal que se incorporó al suelo después de la cosecha, el nitrógeno y fósforo asimilable se elevó al rango muy alto y atribuye al efecto residual de los fertilizantes aplicados. Guevara (2010), indica que los requerimientos nutricionales en el cultivo de maíz necesita: nitrógeno en las dosis de 100 a 120 kg/ha, el fósforo ( $P_2O_5$ ) de 40 a 80 kg/ha y azufre de 14 a 25 kg/ha. Ávala (2009), recomienda un abonado de suelo rico en P y K, en cantidades de 0,3kg de P en 100 kg de abonado.

### **5.2.2. Uso de caña.**

Según la evaluación biológica el suelo con el uso de caña, presento deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y azufre (Cuadro 10 y 14). Es preciso indicar que el nitrógeno es fundamental para el crecimiento de la planta porque interviene en el proceso de la fotosíntesis y, la falta de este elemento en el suelo dio como resultado una planta débil, hojas

pequeñas, con color verde amarillento uniforme y muerte de las hojas inferiores. (Iñiguez, 2010). Además, el cultivo de caña es exigente en nitrógeno, así como lo manifiesta Chávez (1999), en la cual indica, que para producir una tonelada de caña, la planta extrae del suelo el equivalente aproximado a 0,93 kilogramos de N, con un intervalo entre valores máximo y mínimo de 2,24 a 0,44 kg/TM de tallos. Por lo tanto Celi (2011), manifiesta que los suelos arcillosos son las más adecuadas para el cultivo de caña en condiciones de buenos drenajes, generan excelentes rendimientos físicos. Además se cultivan bien dentro de los límites de pH que van desde 5,5 a 7,5, se desarrolla entre 700 y 2000 m.s.n.m con temperaturas que oscilan entre 20 y 28°C. Además indica en 50 toneladas de caña asimilan del suelo 34 kg de nitrógeno, 23 kg de  $P_2O_5$  y 68kg de  $K_2O$ . Al respecto Chávez (2010), indica el sulfato de amonio (21% N y 23,7% S), la Urea (46% N) y el Nitrato de Amonio (33,5%) han mostrado buenos resultados como fuentes comerciales de N. El Triple superfosfato (46%  $P_2O_5$  y 13% Ca) es la fuente que mejores resultados y eficiencia productiva ha obtenido, pese a lo cual en Fosfato Mono Amónico (MAP) con 11% de N y 48% de  $P_2O_5$  y el fosfato Diamónico (DAP) con 16 % de N y 48% de  $P_2O_5$  también son favorables como fuentes solubles de acción rápida. Además, las dosis de azufre que mejor respuesta han proporcionado se ubican entre 40 y 60 kg de  $SO_4$ /ha.

### **5.2.3. Uso de pimienta.**

Según la evaluación biológica el suelo con el uso de pimienta presento deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y azufre (Cuadro 10 y 14). Por lo tanto se evidencia que el cultivo de pimienta extrae en mayor cantidad el nitrógeno en 201 kg/ha (Cueva, 2010).

Así como lo manifiesta Medina (2006), el humus en dosis de 20t/ha arroja mejores resultados como potenciador de la productividad de pimienta con 16968 kg/ha. La gallinaza logro aportar al suelo con nutrimentos especialmente con nitrógeno en un 30%.

Barconne (1934), recomienda que el terreno donde se va a cultivar pimienta debe ser abonado con 3kg de estiércol de corral, 30 g de superfosfato y 20 g de potasio por metro cuadrado. Aplicar fertilizante compuesto y el 50% de nitrógeno al momento del trasplante en media luna en el lomo del surco. El otro 50% de N restante se lo aplica 45 días después del trasplante. Quintero (2010), indica en suelos de clase inceptisol, las dosis de P que se recomienda aplicar, varía entre 0 y 22 Kg/ha (1 kg de P = 2,29 kg de  $P_2O_5$ ). Manrique (2000), manifiesta cuando

haya deficiencia de azufre y magnesio, elementos secundarios indispensables para la caña, se debe aplicar entre 50 y 100 kg/ha de  $MgSO_4$ , al momento de la siembra e inmediatamente después del corte.

#### **5.2.4. Uso de yuca.**

Según la evaluación biológica el suelo con el uso de yuca presento deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y azufre (Cuadro 10 y 14). Para contrarrestar estas deficiencias Alvarado (2005), manifiesta que con un pH de 4,58 (muy ácido), de una textura arcillosa, aplicar en dos meses posteriores a la siembra de yuca 2kg de compost por planta y 0,25 litros de biol (en una bomba de 20 litros se colocó 5 litros de biol y 15 litros de agua) al follaje y suelo de la planta. A los 30 días posteriores a la primera fertilización se realiza una nueva aportación y concluye con altos contenidos de elementos nutritivos, como N, P, K, Ca, Mg y pH alcalino, alcanzó una producción de yuca de 3053 kg/ha y comparando con el testigo que fue de 1864kg/ha. Además, manifiesta que los abonos orgánicos no son de acción inmediata, estos proveen un adecuado tratamiento al sistema suelo-planta al disponer en forma paulatina elementos nutritivos para los cultivos. Al respecto EL CIAT (1980) indica que el cultivo de yuca remueve nutrientes del suelo en especial el azufre con la cantidad de 6 kg/ha, para lo cual al aplicar el  $K_2SO_4$  se contrarresta la deficiencia de S donde se manifiesta en las hojas de la yuca con una coloración verde pálido a amarillo.

#### **5.2.5. Uso de pasto.**

Según la evaluación biológica el suelo con el uso de pasto presentó deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y potasio (Cuadro 10 y 14). Al respecto Paladines y Albán (1984), recomienda aplicar 195 kg de sulfato de potasio por hectárea y una fertilización de 74 kg de nitrógeno, 74Kg de  $P_2O_5$  y 186 kg de  $K_2O$  por hectárea. González (1984), aplicó fertilizante base 10-30-10 en una proporción de 5 quintales por hectárea para contrarrestar las deficiencias de N, P y K. Apolo (1977), indica que la aplicación más adecuada de nitrógeno es de 200 kg/ha para la provincia de Zamora Chinchipe y especialmente en la hoya del rio Zamora. Guaiillas y Maita (2007), manifiestan que al aplicar 6,24 t/ha de carbonato de calcio y 1,13 t/ha de roca fosfórica, los resultados se midieron a los ocho meses después de la aplicación de la



enmienda, de acuerdo al ensayo realizado en la Estación El Padmi, logro mejorar las propiedades químicas que son: pH, nitrógeno disponible y fósforo disponible. Pero si hay la opción de utilizar abonos orgánicos Herrera (2010), exhibe que el estiércol es más rico en nitrógeno que el compost, con una aplicación de 1,14 tn/ha a esto se añade la aplicación de bioles en un volumen de 2 litros por 20 litros de agua.

#### **5.2.6. Uso de huerta.**

Según la evaluación biológica el suelo con el uso de huerta presento deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo y azufre (Cuadro 10 y 14). Como en la huerta no hay aplicación de fertilizantes se toma en consideración los abonos orgánicos, como manifiesta Villamagua y Loaiza (2005) que al aplicar 6,5 kg/planta del abono Bokashi el nitrógeno mejoró de bajo (40 ug/ml) a medio (58 ug/ml), el fósforo de bajo (20 ug/ml) paso a alto (58 ug/ml) y el potasio de medio (125 ug/ml) a muy alto (248 ug/ml).

Según el XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (2008) indica que el uso de abonos verdes implica devolver al suelo nutrientes que se encuentran en cualquier tipo de vegetación: desde plantas cultivadas especialmente leguminosas, fijadoras de nitrógeno hasta cualquier tipo de vegetación espontánea, sea herbácea o arbórea. El manejo de abonos verdes a base de leguminosas y cereales, puede proveer al suelo entre 80 a 120 TM/ha de biomasa, que va a convertirse por acción de la humedad y la actividad microbiana en humus, a la par que se fijan entre 80 a 300 kg/ha de nitrógeno y otros elementos constitutivos de los tejidos de las plantas incorporadas.

### **5.3. Correspondencia entre la evaluación biológica y la evaluación química de la fertilidad del suelo.**

Según el Cuadro 12, existió total coincidencia en solo dos elementos N y Mg entre los resultados de la evaluación biológica y el análisis químico, excepto para el – P, donde existe disparidad entre sus resultados.

En el Anexo 7 se presenta el resumen ADEVA para los valores de altura de la planta indicadora a los 60 días después de haber geminado la semilla del predio La Era para lo cual se observa diferencias significativas para los factores: soluciones nutritivas y usos del suelo. En los usos

de suelo, el uso de yuca y pimiento se observa que la altura de la planta indicadora aumento significativamente en relación a los otros usos de suelo (Figura 2). Este aumento en el uso de yuca se atribuye en si a que este uso estaba en descanso agrícola (recién desbrozado y quema), lo que ha generado un incremento en los nutrientes; mientras en el uso de suelo de pimiento se deduce que la aplicación de fertilizantes ha generado la mayor parte de aportación de nutrientes disponibles para la planta. Además, en las propiedades químicas se tiene; una C.I.C. en un rango medio, suelo no salino y suma de bases totales alto, y pH prácticamente neutro.

En la serie La Era, correspondiente a la parroquia El Tambo, cantón Catamayo de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de correlación entre los contenidos de biomasa seca de la planta indicadora y los correspondientes contenidos de la forma disponible del elemento extraído con la solución de Olsen Modificada, el N y el S fueron los elementos que la solución extractora de Olsen Modificada logro extraer en buena proporción ( $r= 0,9$ ), en relación con el P, K, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn con al análisis de correlación son bajos, moderada para los elementos -Cu y -Mg ( $r= 0,8$  y  $0,7$ ); baja para el -K, -Mn, -Zn, -P y -Fe.

## 6. CONCLUSIONES

- Las condiciones físicas de la capa de 00-25 cm de los seis usos de suelo de la serie La Era están dentro de la categoría de muy pobre a pobre.
- El ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) del suelo se caracterizó desde ligeramente alcalino a prácticamente neutro, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y la suma de bases totales ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) se encontraron en el rango medio y alto respectivamente para todos los suelos. La Materia Orgánica fue alto para el suelo de pimiento, yuca y huerta, medio para maíz + zarandaja y pastos; y, bajo para el suelo de caña.
- Tanto en la evaluación biológica de la altura de planta como el peso de la materia seca, evidenciaron que el N, P y S son los elementos más deficientes, excepto en el suelo con pasto que no presentó deficiencia de S, mientras que el Mn, Cu, K, y el B se encontraron en un rango medio.
- La correlación entre la biomasa seca y los elementos disponibles del análisis químico del suelo fue: elevada para el -N y -S ( $r= 0,9$ ), moderada para los elementos -Cu y -Mg ( $r= 0,8$  y  $0,7$ ); baja para el -K, -Mn, -Zn, -P y -Fe.

## 7. RECOMENDACIONES

- Realizar la evaluación biológica en un ambiente controlado que no se contaminen por infestación de plagas que atraen otros cultivos como por ejemplo el uso del cultivo de papa atrae la mosca blanca y afecta al ensayo ya que la planta indicadora (*Lycopersicum esculentum*) también es atrayente de esta plaga.
- Para realizar el ensayo de la evaluación biológica se recomienda utilizar los recipientes de color oscuro en especial los vasos y las tapas de las tarrinas por lo que existió la proliferación de algas debido a la presencia de la luz que afecta a la solución nutritiva y también al suelo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ABENDAÑO, G., MOROCHO, S. 1992. Control integrado del piojo blanco (*Unaspis citri*, C.) en cítricos en el sitio La Era-cantón Catamayo. Tesis Ing Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. pp. 22.
- ALCANTAR, G., LIBIA, I., TREJO, T. 2008. Nutrición de cultivos. Madrid, España: Mundi-prensa. pp. 33.
- ALEMÁN, Q. 2013. Evaluación biológica de la fertilidad del suelo de la quinta experimental Punzara utilizando dos especies de pastos ray grass (*lolium perenne*) y trebol blanco (*trifolium repens*). Tesis Medico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional de Loja. pp.110.
- ARAUZ, A. 1989. Consideraciones para uniformar los resultados de un análisis químico del suelo. (en línea) (IICA, Ed.) Consultado 03 de octubre de 2015. Disponible en <https://books.google.com.ec>. p.15.
- ASTURNATURA. 2015. Calculadora de coordenadas (en línea). Sinflac. Consultado 08 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.asturnatura.com>
- BERNER, R., BORTOLAMEOLLI, G. 2000. Seminario Taller para Productores "Técnicas de Diagnóstico de Fertilidad del suelo Fertilización de Praderas, Cultivos y Mejoramiento de Praderas". (INIA, Ed.). Centro Regional de Investigación, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA (en línea) Consultado 14 de octubre de 2015. Disponible en <http://www2.inia.cl>.
- BURNEO, C. 2012. Evaluación biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre Andesita tratado con carbón vegetal, cal y nutrinetes en el Sur de la Amazonia ecuatoriana. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. pp.21.100-101.
- CABALCETA, G. 2010. Tecnología de suelos: estudio de casos. (en línea). Consultado 25 de septiembre de 2015. Disponible en <https://books.google.com.ec>. p.54.
- CALLE, R. 2008. Hidroponía en el suelo. Loja. Abya-Yala.p.24.
- CARRERA, G. 2015. secsuelo. (en línea) Consultado el 03 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.secsuelo.org>.
- CARRERA, G., AUCATOMA, B., VICUÑA, E. 2010. Secsuelo (en línea) Consultado el 9 de septiembre de 2015. Disponible en <http://www.secsuelo.org>.
- CASANOVA, E. 2005. Introducción a la ciencia del suelo (Vol. 2). Caracas.p.309.
- CASTILLO, C., VILLAVICENCIO, G. 2015. Evaluación química y biológica de la fertilidad actual del suelo del experimento del uso en callejones de *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth

- ex Walp, y comportamiento del uso de maíz en la sexta rotación. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. pp.21.92-93.
- CEPEDA, D. 2010. Química de suelos. México. Trillas.pp.47.77.94.
- CEPEDA, M. 2009. El tomate rojo. México: Trillas.p 18.
- CHAVEZ, C. 2015. Secsuelo. (en línea). Consultado 05 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.secsuelo.org>.
- CUENCA, R. 2015. Análisis de la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Catamayo, hasta la estación Pte.Vicin, con fines de aprovechamiento y conservación.Tesis Ing.Agrícola. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. p.87.
- DÍAZ, R., Hunter, A. 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero. (Vol. 12). Turrialba, Costa Rica: CATIE. (en línea). Consultado el 05 de octubre de 2015. Disponible en <https://books.google.com.ec>.p.10.
- FERNÁNDEZ, A. I. 2015. Infoagro. (en línea). Consultado el 11 de octubre de 2015. Disponible en: [http://www.infoagro.com/abonos/elementos\\_suelo\\_esenciales\\_plantas.htm](http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm)
- FLOR, I. 1963. Prueba de la fertilidad de cuatro tipos de suelo de la finca experimental "La Lola". Turrialba, Costa Rica: O.E.A. (en línea). Consultado el 07 de octubre de 2015. Disponibld en <http://orton.catie.ac.cr>.p104.
- GARCÍA, G., GARCÍA, S. 2013. Química agrícola (Vol. 3). España: Mundi-Prensa. pp. 328.357.358.385.391.398.
- GRAETZ, H. 2010. Suelos y fertilización (3a ed.). México: Sep trillas. pp.29.60.
- GUAYLLAS, F. 1988. Estado nutricional de los suelos de Cañicapac y Ñamarin, mediante un método biológico. Tesis de Ing. Agr. Loja, Ecaudor. Universidad Nacional de Loja. pp.30.94.95.
- GUERRERO, A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos (2reimpresión ed., Vol. 1). Madrid, España: Mundi-Prensa. pp.62.63.68.
- HERRERA, J. 2007. Biblioteca de la agricultura. Barcelona: Lexus.pp.94.114.115.
- HILLEL, D. 2005. Encyclopedia of soils in the environment. London: IN CHIEF. pp. 11.16.
- HYDRO ENVIRONMENT. 2015. Hydro environment.(en inea). Consultado el 11 de octubre de 2015.Disponible en <http://www.hydroenv.com>.
- IÑIGUEZ, M. 2010. Fertilidad, fertilizantes y fertilización del suelo. Loja.pp.22.61-64.151-154.184. 272. 267-270.

- LEÓN, L. 1981. Fertilización fosfórica del arroz. (CIAT, Ed.). Consultado el 03 de octubre de 2015. Disponible en: <https://books.google.com.ec.p21>.
- LOAIZA, G. 2013. Evaluación biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre granodiorita, tratado con carbo vegetal, cal y nutrientes en el Sur de la Amazonia Ecuatoriana. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. p.75-76.
- MEDINA, L. 2006. Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de pimiento capsicum annum L. del area de influencia del canal de riego La Era-Catamayo. Loja, Ecuador.p.24.
- MENDOZA, O. 2013. Evaluación biológica de la ferilidad de un suelo desarrollado sobre arenisca cuarzosa, tratado con carbón vegetal, cal y nutrientes en San Francisco-El Pangui. Tesis Ing.Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. p.100.
- MORA, E., AGUIRRE, P. 1994. Evaluación del impacto agro-socioeconómico caso proyecto de riego La Era en el Cantón Catamayo (Vol. 2). Tesis post grado. Loja, Ecuador.Universidad Nacional de Loja. p.254.
- MURILLO, A., LLOBET, J., SERRA, Á., MARTÍN, A. 2010. Tecnología de suelos estudio de casos. (Primera, Ed.) (en línea). Consultado el 15 de septiembre de 2015. Disponible en: <https://books.google.com.ec.p.353>.
- NAVARRO, G. 2014. Fertilizantes, química y acción. España: Mundi-Prensa.p.31.
- OPASO, J., FERNÁNDEZ, L., CARRASCO, M. 1999. Ensayos biológicos en macetas con trébol subterráneo en suelos del secano costero, IV Región de Chile. Chile. (en línea). Consultado el 07 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.chileanjar.c.p.8>.
- PADILLA, W. 2015. Clínica agrícola.(en línea). Consultado el 05 de octubre de 2015. Disponible en: [https://www.google.com.ec/?gfe\\_rd=cr&ei=UPMSVuWkC-iw8we937T4BA&gws\\_rd=ssl#q=UTILIZACI%C3%93N+DE+LA+SOLUCI%C3%93N+OLSEN+MODIFICADA+EN+EL+ECUADOR](https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=UPMSVuWkC-iw8we937T4BA&gws_rd=ssl#q=UTILIZACI%C3%93N+DE+LA+SOLUCI%C3%93N+OLSEN+MODIFICADA+EN+EL+ECUADOR).
- REINOSO, J., GONZÁLEZ, S. 2003. Estudio Climático de la Cuenca Catamayo-Chira, sector ecuatoriano utilizando los sistemas de información geográfica. Tesis Ing. Ambiental Loja. Ecuador. Universidad Nacional de Loja. p.20.
- RELASE. 2013. Protocolo unificado del metodo olsen para la Relase. p.1.
- RESH, H. 2001. Cultivos Hidroponicos (5ª ed.). Madrid: Mundi-Prensa. p. 55.56.64.
- RODRÍGUEZ, H., RODRÍGUEZ, J. 2011. Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación. México: Trillas.pp. 28. 68. 37. 38. 193.
- SALINAS, J., CASTILLO, F. 2014. Correspondencia entre la evaluación química y biológica de la fertilidad actual de los suelos de origen volcánico en dos unidades productivas de las provincias de Los Rios y Esmeraldas. Tesis Ing Agr. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.pp.94-95.

- SÁNCHEZ, N. 2010. Fertilizantes, el alimento de nuestros alimentos.pp. 29-30.
- TABATABAI, M. 2005. Sulfur in soils: Overview. United Kingdom: Oxford. p. 20.
- THOMPSON, L., TROEH, F. 2002. Los suelos y su fertilidad (Cuarta ed.). España.Consultado el 05 de octubre de 2015. Disponible en <https://books.google.com.ec>. p.348.
- TORRES, V., HERNÁNDEZ, D. 1988. Variabilidad en el contenido de micronutrientes para suelos cultivados en caña de azúcar. (U. C. Venezuela, Ed 6.). (en línea). Consultado el 04 de octubre de 2015. Dsponible en <http://www.suelos.org.ar>.p.41.
- TRELLES, W., GONZÁLEZ, J. 2014. Respuesta del cultivo de fresa (*fragaria vesca*) a diferentes granulometrias de carbón vegetal y rangos de tensión de humedad del suelo bajo invernadero, en la estación experimental la Argelia. Tesis Ing Agrícola. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.p.105.
- TUCUNANGO, W. 1976. Correlación y calibración de diferentes metodos de analisis quimico de fósforo disponible en suelos de la cuenca del guayas. (Vol. 1). Guayaquil, Ecuador: UNG. (en línea). Consultado el 05 de octubre de 2015. Disponible en <https://books.google.com.ec>. p.53.
- VALAREZO, C., Iñiguez, M., Guaya, P., Valarezo, P. 1998. Condiciones físicas de los suelos de la región Sur del Ecuador. Una guía para proyectos de riego, drenaje, manejo y conservación de suelos. (Vol. 1). Loja.Universidad Nacional de Loja. p.227.
- YUP, J. 1995. Evaluación de la fertilidad de dos suelos (Typicdystrandeps y Typicdytropepts). Guatemala.Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos. Consultado el 11 de octubre de 2015. Disponible en <https://biblioteca.usac.edu.gt>. p.53.



## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Terminología usada en la descripción de los síntomas de las plantas.

---

#### **Término-descripción**

---

**Localizado:** Síntomas limitados a un área de la planta u hoja.

**Generalizado:** Síntomas no limitados a un área, sino, normalmente, extendidos sobre la totalidad de la planta y de la hoja.

**Seca (quemado):** Necrosis-acorchado, seco, apariencia de papel

**Marginal:** Clorosis o necrosis sobre los bordes de las hojas inicialmente; frecuentemente, se va extendiendo hacia el interior conforme progresan los síntomas.

**Clorosis entre nervios:** Clorosis (amarilleamiento) entre los nervios de las plantas.

**Manchado:** Superficie moteada de forma irregular, aparece un manchado que de forma distinta tiene zonas claras y oscuras; a menudo están asociadas dichas manchas con enfermedades viróticas.

**Moteado:** Zona descolorida con manchas que se distinguen perfectamente del tejido normal que está junto a ellas.

**Coloración del envés de la hoja:** A menudo aparece una coloración particular, bien sobre toda la superficie, o bien sobre parte de ella en la zona del envés.

**Ahuecado:** Los bordes de las hojas, o bien su extremo, pueden doblarse hacia arriba o hacia abajo.

**Retícula:** La mayoría de la nerviaduras más pequeñas de las hojas permanecen verdes, mientras que la zona entre dichas nerviaduras amarillea.

**Fragilidad de los tejidos:** Las hojas, peciolo, tallos, pueden perder su flexibilidad, rompiéndose fácilmente cuando se tocan.

**Tejido blando:** Hojas muy blandas, que se dañan fácilmente.

**Marchitamiento:** Puede ocurrir, bien en las hojas, bien en los puntos de desarrollo, que mueren rápidamente y se secan.

**Achaparrado:** Plantas más cortas de lo normal.

**Huso:** El crecimiento del tallo y del peciolo de las hojas es muy fino y en forma suculenta.

---

**Anexo 2.** Descripción del perfil del suelo en predio La Era.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PROYECTO:** EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE UN SUELO DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA ERA, CANTÓN CATAMAYO.

**FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS EN LOS SITIOS EXPERIMENTALES**

**Código:** LA ERA **Fecha:** 25/08/1981 **Autor:** INERHI **Sitio:** La Era, El Tambo

**Altitud** (m.s.n.m.): 1685 **Coordenadas:** 688776 E; 9543833 N **Pendiente:** 35 %

**Paisaje:** Vertiente baja **Tipo de relieve:** Colina **Forma del Terreno:** Fuertemente ondulado

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Pimiento

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

**Afloramientos rocosos:** No **Tipo:** No **Material parental:** Sedimentario

**Profundidad de la capa freática:** profundidad No\_\_\_\_\_ cm fluctuación No\_\_\_\_\_ cm

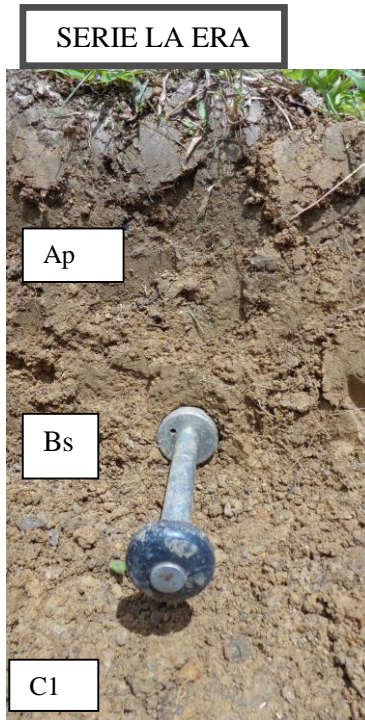
**Presencia de Sales o Álcalis:** libre **Drenaje:** moderado

**Clasificación taxonómica FAO (2010):** Entisol

**DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Suelo medianamente profundo poco drenado de textura arcillosa. Se identifica horizontes Ap y Bs, estructurados en bloques subangulares, medianos, moderada; consistencia en húmedo firme, y adherente plástica en mojado. Los colores en húmedo van de pardo oscuro (10YR 4/2) en las capas superficiales, a pardo amarillento (10 YR 5/5) más adelante: es notoria la presencia de moteados de hierro, sobresalientes abundantes y gruesos. El nivel de fertilidad es alto en la capa superficial.

Se ha realizado un mapeo de un área al norte de la Era denominado poco profunda, por presentar un perfil alrededor de 0,70 cm de profundidad.



**Descripción individual de los horizontes o capas: Serie La Era**

- Ap 00 – 25 cm      Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; arcilloso al tacto; estructura en bloques y subangular medios moderadamente desarrollados; friable en húmedo, adherente, plástico en mojado; poros frecuentes muy finos, finos tubulares; raíces pocas, muy finas; limite claro, suave; pH 7,2 (casi neutro).
- Bs 25- 43 cm      Pardo amarillento (10YR 5/6) y pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo; arcilloso; estructura en bloques subangulares, finos, medianos, débil; friable en húmedo, adherente, plástico en mojado; poros frecuentes, muy finos, finos, raíces pocas, finas; limite difuso, suave; pH (casi neutro).
- C1 43 - 71 cm      Pardo amarillento (10YR 5/5) en húmedo, moteado pardo grisáceo (10YR 5/2); arcilloso; sin estructura (macisa), que se descompone en bloques subangulares; friable en húmedo, adherente, plástico en mojado; poros frecuentes, muy finos, finos, tubulares, limite claro suave; pH 7,5 (casi neutro).

**Anexo 3.** Análisis físicos químicos realizados por el INERHI 1981.

**Sitio:** A 200 m al norte del rio S. Agustín

**Topografía:** Fuertemente ondulada.

**Posición fisiográfica:** Vertiente baja

**Pendiente general:** 20%

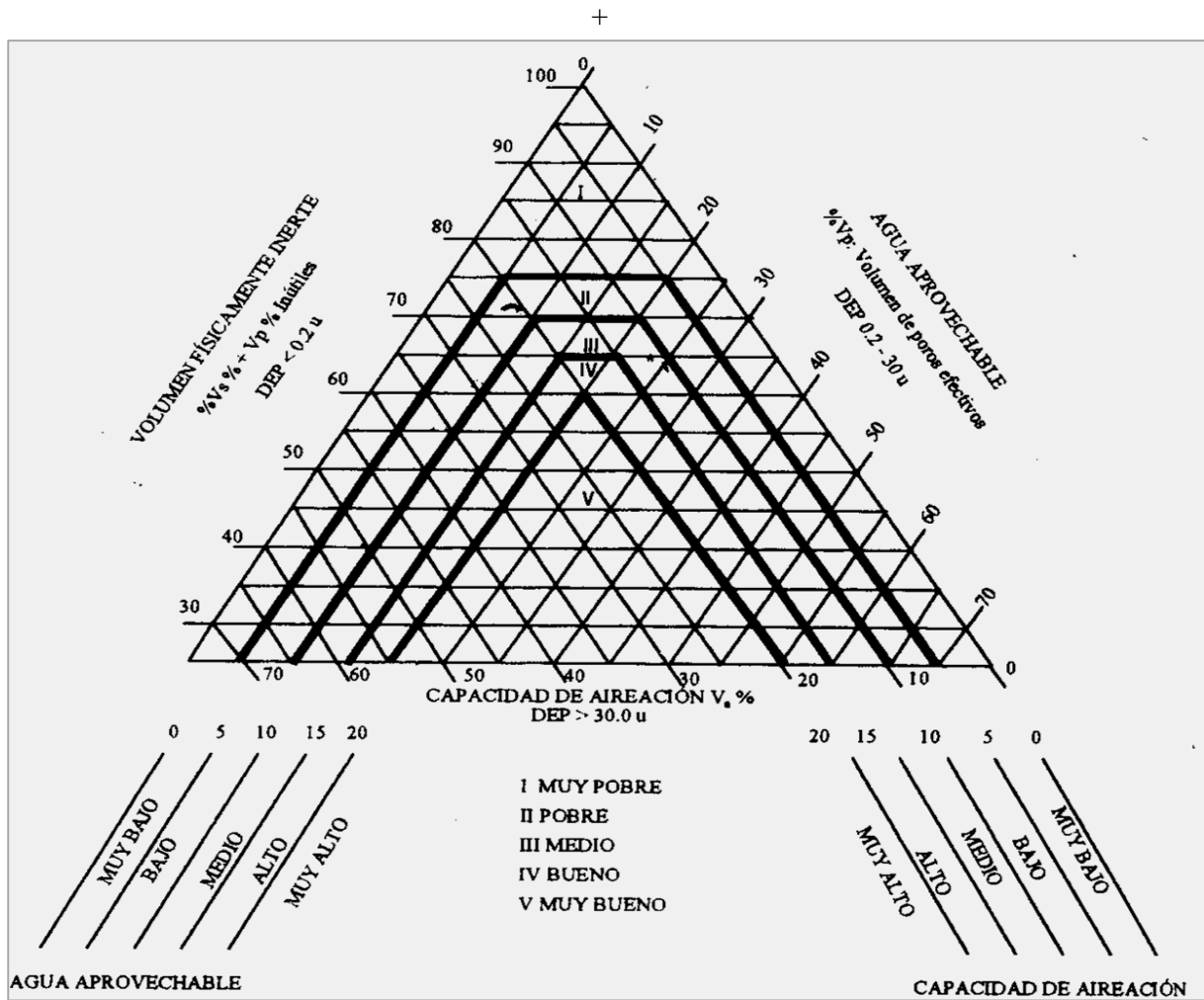
**Clasificación:** Typic ustropept arcilloso muy fino isothérmico

<b>Profundidad (cm)</b>		0-25	25-43	43-71
<b>Denominación Horizonte</b>		Ap	Bs	Cl
<b>Análisis Mecánico</b>	Arena (%)	14	12	12
	Limo (%)	23	19	25
	Arcilla (%)	63	69	63
	Textura	Ar	Ar	Ar
<b>pH agua</b>		7.2	7.5	7.5
<b>Fósforo asimilable (ppm)</b>		43	2	8
<b>Carbón Orgánico (%)</b>		3.55	0.99	0.68
<b>Nitrógeno (%)</b>		0.31	0.08	0.06
<b>Potasio (meq/100 g)</b>		2.29	1.55	1.65
<b>Calcio (meq/100 g)</b>		31.40	30.90	28.00
<b>Magnesio (meq/100 g)</b>		6.1	6.40	6.70
<b>Sodio (meq/100 g)</b>		0.09	0.06	0.06
<b>C.C.C</b>		58.69	54.35	50.87
<b>% Saturación de Bases</b>		67.95	71.59	71.57
<b>Bases Totales</b>		39.88	38.91	36.41
<b>Humedad Equivalente (%)</b>		41.3	36.87	34.55
<b>P.S.I</b>		0.15	0.11	0.11
<b>Capacidad de Campo (%)</b>		38.34	34.51	32.51
<b>Punto de Marchitez (%)</b>		20.84	18.76	17.67
<b>Agua Aprovechable (%)</b>		17.50	15.75	14.84
<b>Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>			1.28	

**Interpretación de los análisis de laboratorio**

<b>Profundidad (cm)</b>	0-25	25-43	43-71
<b>Reacción (pH)</b>	Casi neutro	Casi neutro	Casi neutro
<b>Capacidad catiónica de cambio (meq/100 g)</b>	Muy alto	Muy alto	Muy alto
<b>Bases Totales meq/100 g</b>	Muy alto	Muy alto	Muy alto
<b>Saturación de bases (%)</b>	Alto	Muy pobre	Muy pobre
<b>Carbón Orgánico (%)</b>	Alto	Muy pobre	Muy pobre
<b>Nitrógeno total (%)</b>	Alto	Muy pobre	Muy pobre
<b>Fósforo Olsen (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Kg/ha)</b>	Alto	Muy pobre	Muy pobre

**Anexo 4.** Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo (Valarezo et al, 1998).



**Anexo 5.** Resultados de altura de la planta indicadora, a los 60 días de edad, en las cuatro repeticiones (R) de los seis suelos.

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de maíz + zarandaja (00cm-25cm)			
	R1(cm)	R2(cm)	R3(cm)	R4(cm)
SC	44	44	43	44
-N	7	9	7	9
-P	9	11	10	8
-K	21	29	29	26
-Mg	32	30	30	31
-S	14	14	12	13
-Zn	41	37	39	39
-Cu	30	30	30	30
-Mn	23	17	19	24
-B	23	20	18	20
-Fe	33	38	33	31

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de caña(00cm-25cm)			
	R1(cm)	R2(cm)	R3(cm)	R4(cm)
SC	40	40	39	40
-N	13	16	17	12
-P	11	13	12	15
-K	33	33	31	35
-Mg	33	37	34	39
-S	32	33	28	27
-Zn	39	39	40	39
-Cu	28	27	33	29
-Mn	40	38	40	39
-B	40	32	36	37
-Fe	35	31	33	33

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de pimiento (00cm-25cm)			
	R1(cm)	R2(cm)	R3(cm)	R4(cm)
SC	48	54	53	49
-N	13	12	12	9,0
-P	11	14	13	13
-K	35	34	35	34
-Mg	46	46	48	48
-S	20	22	21	23
-Zn	47	49	49	45
-Cu	46	46	45	52
-Mn	41	41	42	42
-B	45	43	44	44
-Fe	37	40	40	39

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de yuca (00cm-25cm)			
	R1(cm)	R2(cm)	R3(cm)	R4(cm)
SC	47	46	48	47
-N	10	11	9	11
-P	12	13	15	12
-K	33	37	38	36
-Mg	45	46	47	46
-S	20	20	22	23
-Zn	47	46	45	46
-Cu	44	39	45	43
-Mn	45	43	45	47
-B	47	44	45	45
-Fe	47	45	45	46

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de pasto (00cm-25cm)			
	R1(cm)	R2(cm)	R3(cm)	R4(cm)
SC	44	43	53	42
-N	10	9	12	7
-P	5	5	10	4
-K	30	33	35	34
-Mg	38	33	36	37
-S	42	44	41	40
-Zn	43	43	49	45
-Cu	40	37	45	41
-Mn	40	37	42	40
-B	28	34	34	32
-Fe	35	33	40	36

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de huerta (00cm-25cm)			
	R1(cm)	R2(cm)	R3(cm)	R4(cm)
SC	40	44	47	39
-N	9	9	6	9
-P	16	13	14	12
-K	31	32	32	32
-Mg	39	38	40	38
-S	13	13	12	12
-Zn	40	33	36	36
-Cu	43	40	40	41
-Mn	44	42	43	38
-B	38	40	41	40
-Fe	29	36	30	31

**Anexo 6.** Materia seca (g) de la planta indicadora en las cuatro repeticiones (R) de 6 suelos del predio La Era.

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de Maíz + Zarandaja (00cm-25cm)			
	R1(g)	R2(g)	R3(g)	R4(g)
SC	7,10	8,20	8,90	7,70
-N	0,07	0,21	0,11	0,17
-P	0,14	0,19	0,18	0,10
-K	2,10	3,20	3,40	2,90
-Mg	4,40	3,90	4,70	4,33
-S	0,40	0,50	0,50	0,50
-Zn	8,70	7,10	5,50	7,10
-Cu	3,90	4,00	3,95	3,95
-Mn	5,80	2,60	5,40	5,60
-B	4,00	4,30	3,40	3,90
-Fe	5,50	6,80	4,30	5,60

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de caña (00cm-25cm)			
	R1(g)	R2(g)	R3(g)	R4(g)
SC	5,50	5,70	5,60	5,60
-N	0,37	0,43	0,40	0,37
-P	0,15	0,23	0,22	0,42
-K	3,60	3,90	3,00	3,80
-Mg	3,50	4,30	2,80	4,80
-S	2,40	2,60	1,40	1,40
-Zn	5,00	4,90	5,20	5,03
-Cu	3,20	1,60	3,00	2,60
-Mn	5,40	4,70	5,40	5,17
-B	4,30	2,40	3,80	4,70
-Fe	4,80	4,50	4,10	4,47

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de pimiento (00cm-25cm)			
	R1(g)	R2(g)	R3(g)	R4(g)
SC	7,80	10,10	10,00	8,00
-N	0,42	0,38	0,31	0,19
-P	0,19	0,25	0,25	0,23
-K	5,60	5,20	5,70	5,40
-Mg	7,80	7,70	8,00	8,00
-S	1,10	1,40	1,00	1,40
-Zn	7,80	8,10	8,30	7,60
-Cu	7,60	7,80	7,50	10,00
-Mn	7,60	7,80	7,90	7,60
-B	8,10	7,50	7,80	7,80
-Fe	7,40	7,80	8,10	7,77



SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de yuca (00cm-25cm)			
	R1(g)	R2(g)	R3(g)	R4(g)
SC	10,00	9,60	10,80	10,50
-N	0,31	0,36	0,23	0,30
-P	0,27	0,31	0,49	0,22
-K	6,40	6,60	6,70	6,57
-Mg	9,00	10,00	10,90	9,97
-S	1,20	1,50	1,50	1,60
-Zn	10,00	10,10	10,00	10,03
-Cu	9,80	7,70	8,50	8,67
-Mn	9,10	8,50	8,90	9,60
-B	8,60	8,10	8,50	8,40
-Fe	8,40	8,30	8,50	8,50

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de pasto (00cm-25cm)			
	R1(g)	R2(g)	R3(g)	R4(g)
SC	7,50	7,30	8,50	7,30
-N	0,16	0,24	0,24	0,17
-P	0,03	0,03	0,04	0,03
-K	3,60	4,30	4,60	4,70
-Mg	4,80	3,90	4,60	4,70
-S	6,60	7,40	6,20	6,30
-Zn	5,70	5,80	6,10	5,87
-Cu	5,90	3,80	6,30	5,33
-Mn	6,00	4,60	7,20	5,93
-B	2,70	3,90	3,70	3,43
-Fe	5,40	5,00	5,80	5,40

SOLUCIONES NUTRITIVAS	Uso de huerta (00cm-25cm)			
	R1(g)	R2(g)	R3(g)	R4(g)
SC	7,10	7,50	8,30	6,70
-N	0,20	0,25	0,15	0,30
-P	0,40	0,30	0,35	0,25
-K	3,40	3,50	3,70	3,53
-Mg	6,00	5,70	6,30	5,80
-S	0,56	0,63	0,45	0,43
-Zn	6,00	5,50	5,50	5,80
-Cu	7,20	7,00	6,90	7,03
-Mn	7,30	7,10	7,20	5,50
-B	5,50	6,20	6,90	6,20
-Fe	4,70	5,80	5,10	5,30

**Anexo 7.** Resumen del análisis del análisis de varianza para la altura de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 60 días en el predio La Era.

Fuentes de variación	Cuadros medios	p-valor
Factor A (Soluciones)	34635,94	<0,0001
Factor B (Suelos)	2424,01	<0,0001
Factor A*Factor B	4877.61	<0,0001
Error	11,60	
Coefficiente de variación	10,47	

**Anexo 8.** Análisis de varianza entre las soluciones nutritivas y altura de la planta aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

SOLUCIÓN	Medias	n	E.E.						
SC	45,04	24	0,70	A					
Zn	42,42	24	0,70	A	B				
Mg	39,58	24	0,70		B	C			
Cu	39,08	24	0,70			C			
Mn	38,92	24	0,70			C			
B	37,25	24	0,70			C			
Fe	37,08	24	0,70			C			
K	32,92	24	0,70				D		
S	23,63	24	0,70					E	
P	11,42	24	0,70						F
N	10,46	24	0,70						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

**Anexo 9.** Análisis de varianza entre los usos del suelo y altura de la planta aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

USO SUELO	Medias	n	E.E.						
Yuca	36,20	44	0,51	A					
Pimiento	36,14	44	0,51	A					
Pastos	33,20	44	0,51		B				
Caña	31,16	44	0,51		B	C			
Huerta	30,70	44	0,51			C			
maíz+zarandaja	27,75	44	0,51				D		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

**Anexo 10.** Resumen del análisis del análisis de varianza para los valores de biomasa seca de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) a los 60 días en el predio La Era.

Fuentes de variación	Cuadros medios	p-valor
Factor A (Soluciones)	1741,14	<0,0001
Factor B (Suelos)	347,79	<0,0001
Factor A*Factor B	343,20	<0,0001
Error	0,31	
Coefficiente de variación	11,66	

**Anexo 11.** Análisis de varianza entre las soluciones nutritivas y peso seco de la planta aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

SOLUCIÓN	Medias	n	E.E.							
SC	7,97	24	0,11	A						
Zn	6,95	24	0,11		B					
Mn	6,58	24	0,11		B	C				
Fe	6,14	24	0,11			C	D			
Mg	6,08	24	0,11			C	D	E		
Cu	5,97	24	0,11				D	E		
B	5,59	24	0,11					E		
K	4,39	24	0,11						F	
S	2,04	24	0,11							G
N	0,26	24	0,11							H
P	0,22	24	0,11							H


*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

**Anexo 12.** Análisis de varianza entre los usos del suelo y peso seco de la planta, aplicando el test Tukey con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

USO SUELO	Medias	n	E.E.						
Yuca	6,67	44	0,08	A					
Pimiento	5,78	44	0,08		B				
Pastos	4,48	44	0,08			C			
Huerta	4,44	44	0,08			C			
maiz+zarandaja	3,76	44	0,08				D		
Caña	3,34	44	0,08					E	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

### Anexo 13. Análisis químico de los 6 usos de suelo de la Serie La Era

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-F001</b>
		<b>Rev. 2</b>
<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>		<b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E15-1834  
Fecha emisión Informe: 07/09/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: GAD Parroquial El Tambo / Agrocalidad Loja  
 Dirección: La Era Teléfono: 2107534  
Correo Electrónico: [geoz18@hotmail.com](mailto:geoz18@hotmail.com)  
 Provincia: Loja Cantón: Catamayo N° Orden de Trabajo: 11-2015-472  
N° Factura/Documento: 2056

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: Maíz – Fréjol	
Provincia: Loja	X: 688761
Cantón: Catamayo	Coordenadas: Y: 9544283
Parroquia: El Tambo	Altitud: 1564
Muestreado por: Geovanny Zhunaula	
Fecha de muestreo: 28-04-2015	Fecha de inicio de análisis: 26-08-2015
Fecha de recepción de la muestra: 26-08-2015	Fecha de finalización de análisis: 07-09-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155471	T4 Maíz - Fréjol	pH	Potenciométrico	---	7,61
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	0,77
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,04
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	18,7
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,36
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	17,00
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	6,55
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	16,7
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	3,87
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	2,76
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	0,62
		Conductividad Eléctrica	Conductímetro	ds/m	0,386
		Boro	Colorimétrico	ppm	< 0,50
		Azufre	Turbidimétrico	ppm	17,18

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155471	T4 Maíz - Fréjol	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,45
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	35,92
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	7,51
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,85
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	44,73
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	18,74
		Saturación de Bases	Cálculo	%	Saturado
		Arena	Bouyoucos	%	34
		Limo	Bouyoucos	%	30
		Arcilla	Bouyoucos	%	36
		Clase Textural	Cálculo	---	Franco Arcilloso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuangó

**Observaciones:**

- La determinación de acidez se realiza cuando el pH es menor a 5.4.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**


PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	<1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0	< 1,0	< 12,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0	1,0 - 2,0	12,0 - 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	> 2,0	> 24,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 Ing. Rusbel Jaramilla  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 2
INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO		Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E15-1833  
 Fecha emisión Informe: 07/09/2015

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: GAD Parroquial El Tambo / Agrocalidad Loja  
 Dirección: La Era  
 Provincia: Loja  
 Cantón: Catamayo  
 Teléfono: 2107534  
 Correo Electrónico: [geoz18@hotmail.com](mailto:geoz18@hotmail.com)  
 N° Orden de Trabajo: 11-2015-472  
 N° Factura/Documento: 2056

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: Caña	
Provincia: Loja	X: 688971
Cantón: Catamayo	Coordenadas: Y: 9544084
Parroquia: El Tambo	Altitud: 1587
Muestreado por: Geovanny Zhunaula	
Fecha de muestreo: 28-04-2015	Fecha de inicio de análisis: 26-08-2015
Fecha de recepción de la muestra: 26-08-2015	Fecha de finalización de análisis: 07-09-2015

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155470	T5 Cultivo de caña	pH	Potenciométrico	---	6,15
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	0,26
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,01
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	36,4
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,76
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	17,20
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	3,92
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	36,6
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	16,07
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	7,27
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	1,45
		Conductividad Eléctrica	Conductímetro	ds/m	0,763
		Boro	Colorimétrico	ppm	1,34
		Azufre	Turbidimétrico	ppm	70,67

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155470	T5 Cultivo de caña	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	1,26
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,10
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	6,90
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,87
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	9,13
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	21,41
		Saturación de Bases	Cálculo	%	42,63
		Arena	Bouyoucos	%	36
		Limo	Bouyoucos	%	22
		Arcilla	Bouyoucos	%	42
Clase Textural	Cálculo	---	Arcilloso		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- La determinación de acidez se realiza cuando el pH es menor a 5.4.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	<1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0	< 1,0	< 12,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0	1,0 - 2,0	12,0 - 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	> 2,0	> 24,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

CE* (ds/m)	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS  
 TUMBACO, ECUADOR  
 Responsable de Laboratorio  
**Suelos, Foliar y Aguas**

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E15-1837  
 Fecha emisión Informe: 07/09/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: GAD Parroquial El Tambo / Agrocalidad Loja  
 Dirección: La Era  
 Provincia: Loja  
 Cantón: Catamayo  
 Teléfono: 2107534  
 Correo Electrónico: [geoz18@hotmail.com](mailto:geoz18@hotmail.com)  
 N° Orden de Trabajo: 11-2015-472  
 N° Factura/Documento: 2056

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: Pimiento - Maíz	
Provincia: Loja	X: 688040
Cantón: Catamayo	Coordenadas: Y: 9543626
Parroquia: El Tambo	Altitud: 1528
Muestreado por: Geovanny Zhunaula	
Fecha de muestreo: 28-04-2015	Fecha de inicio de análisis: 26-08-2015
Fecha de recepción de la muestra: 26-08-2015	Fecha de finalización de análisis: 07-09-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155474	T2 Cultivo de pimiento	pH	Potenciométrico	---	7,63
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	2,19
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,11
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	27,6
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,57
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	16,50
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	5,41
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	16,3
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	15,43
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,45
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	1,25
		Conductividad Eléctrica	Conductímetro	ds/m	0,525
		Boro	Colorimétrico	ppm	< 0,50
		Azufre	Turbidimétrico	ppm	23,57

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155474	T2 Cultivo de pimiento	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,93
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	34,49
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	6,03
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,24
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	41,69
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	16,99
		Saturación de Bases	Cálculo	%	Saturado
		Arena	Bouyoucos	%	24
		Limo	Bouyoucos	%	18
		Arcilla	Bouyoucos	%	58
		Clase Textural	Cálculo	---	Arcilloso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- La determinación de acidez se realiza cuando el pH es menor a 5.4.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	<1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0	<1,0	<12,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0	1,0 - 2,0	12,0 - 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	>2,0	>24,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1


**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS  
 Tumbaco, QUITO  
 Responsable de Laboratorio: **Rusbel Jara**  
**Suelos, Foliarés y Aguas**

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E15-1836  
 Fecha emisión Informe: 07/09/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** GAD Parroquial El Tambo / Agrocalidad Loja  
**Dirección:** La Era **Teléfono:** 2107534  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Catamayo **Correo Electrónico:** [geoz18@hotmail.com](mailto:geoz18@hotmail.com)  
**N° Orden de Trabajo:** 11-2015-472  
**N° Factura/Documento:** 2056


**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b> Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b> Lugar fresco y seco
<b>Cultivo:</b> Yuca	
<b>Provincia:</b> Loja	<b>X:</b> 688040
<b>Cantón:</b> Catamayo	<b>Coordenadas:</b> <b>Y:</b> 9543626
<b>Parroquia:</b> El Tambo	<b>Altitud:</b> 1528
<b>Muestreado por:</b> Geovanny Zhunaula	
<b>Fecha de muestreo:</b> 28-04-2015	<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 26-08-2015
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 26-08-2015	<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 07-09-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155473	T1 Cultivo de yuca	pH	Potenciométrico	---	6,91
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	1,93
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,10
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	10,8
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,42
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	16,50
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	5,12
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	25,9
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	13,28
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	2,39
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	1,27
		Conductividad Eléctrica	Conductímetro	ds/m	0,422
		Boro	Colorimétrico	ppm	< 0,50
		Azufre	Turbidimétrico	ppm	26,78

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-F001</b>
	<b>Rev. 2</b>	
<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>		<b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155473	T1 Cultivo de yuca	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,89
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	27,25
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	7,17
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,39
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	35,70
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	21,68
		Saturación de Bases	Cálculo	%	Saturado
		Arena	Bouyoucos	%	52
		Limo	Bouyoucos	%	26
		Arcilla	Bouyoucos	%	22
		Clase Textural	Cálculo	--	Franco Arcillo Arenoso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- La determinación de acidez se realiza cuando el pH es menor a 5.4.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	<1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0	< 1,0	< 12,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0	1,0 - 2,0	12,0 - 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	> 2,0	> 24,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS  
 TUMBACO - QUITO  
 Ing. Rusbel Jaramillo Charry  
 Responsable de Laboratorio ECUADOR  
 Suelos, Foliar y Aguas

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



**AGROCALIDAD**  
AGENCIA ECUATORIANA  
DE ASEGURAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,  
Tumbaco - Quito  
Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E15-1832  
Fecha emisión Informe: 07/09/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: GAD Parroquial El Tambo / Agrocalidad Loja  
Dirección: La Era  
Provincia: Loja  
Cantón: Catamayo  
Teléfono: 2107534  
Correo Electrónico: [geoz18@hotmail.com](mailto:geoz18@hotmail.com)  
N° Orden de Trabajo: 11-2015-472  
N° Factura/Documento: 2056

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo  
Cultivo: Pasto  
Provincia: Loja  
Cantón: Catamayo  
Parroquia: El Tambo  
Muestreado por: Geovanny Zhunaula  
Fecha de muestreo: 28-04-2015  
Fecha de recepción de la muestra: 26-08-2015  
Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco  
Coordenadas: X: 688683  
Y: 9543913  
Altitud: 1631  
Fecha de inicio de análisis: 26-08-2015  
Fecha de finalización de análisis: 07-09-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155469	T6 Pasto	pH	Potenciométrico	---	7,54
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	1,48
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,07
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	12,9
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,65
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	18,30
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	3,11
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	24,2
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	9,50
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,95
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	0,61
		Conductividad Eléctrica	Conductímetro	ds/m	2,440
		Boro	Colorimétrico	ppm	1,59
		Azufre	Turbidimétrico	ppm	91,26

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>Rev. 2</b>	
<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>		<b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155469	T6 Pasto	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	1,06
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	38,83
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	5,70
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,36
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	45,95
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	14,92
		Saturación de Bases	Cálculo	%	Saturado
		Arena	Bouyoucos	%	44
		Limo	Bouyoucos	%	48
		Arcilla	Bouyoucos	%	8
		Clase Textural	Cálculo	---	Franco Arenoso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cajuango

**Observaciones:**

- La determinación de acidez se realiza cuando el pH es menor a 5.4.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	<1,0	0 - 0,15	0 - 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0 - 20,0	0 - 5,0	0 - 1,0	0 - 3,0	< 1,0	< 12,0
MEDIO	1,0 - 2,0	0,16 - 0,3	11,0 - 20,0	0,2 - 0,38	1,0 - 3,0	0,34 - 0,66	21,0 - 40,0	6,0 - 15,0	1,1 - 4,0	3,1 - 6,0	1,0 - 2,0	12,0 - 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	> 2,0	> 24,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**


	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
**LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS**  
 Ing. Rusbel Jaramilla Cárdena  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>  <b>Rev. 2</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	

Informe N°: LN-SFA-E15-1835  
 Fecha emisión Informe: 07/09/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** GAD Parroquial El Tambo / Agrocalidad Loja  
**Dirección:** La Era **Teléfono:** 2107534  
**Provincia:** Loja **Cantón:** Catamayo **Correo Electrónico:** [geoz18@hotmail.com](mailto:geoz18@hotmail.com)  
**N° Orden de Trabajo:** 11-2015-472  
**N° Factura/Documento:** 2056


**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b> Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b> Lugar fresco y seco
<b>Cultivo:</b> Huerta	
<b>Provincia:</b> Loja	<b>X:</b> 688837
<b>Cantón:</b> Catamayo	<b>Coordenadas Y:</b> 9543862
<b>Parroquia:</b> El Tambo	<b>Altitud:</b> 1612
<b>Muestreado por:</b> Geovanny Zhunaula	
<b>Fecha de muestreo:</b> 28-04-2015	<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 26-08-2015
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 26-08-2015	<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 07-09-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155472	T3 Huerta	pH	Potenciométrico	---	7,47
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	1,54
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,08
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	120,4
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	1,07
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	17,40
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	4,33
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	16,5
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	5,71
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	3,74
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	1,90
		Conductividad Eléctrica	Conductímetro	ds/m	0,449
		Boro	Colorimétrico	ppm	< 0,50
Azufre	Turbidimétrico	ppm	10,09		

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-F001</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155472	T3 Huerta	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	2,46
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	28,20
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	6,84
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,46
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	37,96
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	23,84
		Saturación de Bases	Cálculo	%	Saturado
		Arena	Bouyoucos	%	40
		Limo	Bouyoucos	%	30
		Arcilla	Bouyoucos	%	30
		Clase Textural	Cálculo	---	Franco Arcilloso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- La determinación de acidez se realiza cuando el pH es menor a 5.4.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	<1,0	0- 0,15	0- 10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0- 20,0	0- 5,0	0- 1,0	0- 3,0	<1,0	<12,0
MEDIO	1,0- 2,0	0,16- 0,3	11,0- 20,0	0,2- 0,38	1,0- 3,0	0,34- 0,66	21,0- 40,0	6,0- 15,0	1,1- 4,0	3,1- 6,0	1,0- 2,0	12,0- 24,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1	> 2,0	> 24,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS  
 TUMBACO - ECUADOR  
 Ing. Rusbel Jaramillo, Chamba  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

## Anexo 14. Análisis físico de los 6 usos de suelo de la serie La Era.



LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA  
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Provincia:	Loja	FECHA DE INGRESO:	14/09/2015
Cantón:	Catamayo	FECHA DE EGRESO:	23/09/2015
Parroquia:	El Tambo / La Era	REMITENTE:	Wilmer Geovanny Zhunaula Angamarca
TESIS: (Convenio)	"EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE UN SUELO DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA ERA, CANTÓN CATAMAYO"		

### 1. RESULTADOS DE CONSTANTES HIDROFÍSICAS

Código de Laboratorio	Código de Campo	Saturación	Capacidad de Campo 1/10 atm.	Capacidad de Campo 1/3 atm.	Punto de Marchitez Permanente 15 atm.	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Agua Aprovechable
607	Pimiento	51.13	50.69	50.22	36.26	1.13	14.43
608	Yuca	30.98	30.27	30.07	24.35	1.47	5.00
609	Huerta	45.19	42.94	42.02	24.09	1.20	18.84
610	Caña	58.34	57.56	56.73	35.98	1.03	21.57
611	Pasto	47.61	45.99	45.31	34.17	1.17	11.83
612	Maíz+ Zarandaja	41.34	40.12	39.67	30.23	1.27	9.89

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





## Anexo 15. Tríptico divulgativo entregado a los asistentes en el día de campo.

**Instalación del experimento.** Se colocó sobre el mesón a todas las 264 tarrinas llenas con la solución en un volumen de 600 ml por cada recipiente, en los vasos plásticos se colocó 200 g de suelo.

**Siembra y reposición de soluciones nutritivas.** Se sembró 3 semillas de tomate en cada vaso, luego de la germinación se dejó una plántula de tomate. La reposición de la solución nutritiva se realizó en base a las necesidades por evapotranspiración de la planta.

### 3.4 Diseño experimental.

Diseño bifactorial completamente al azar

Predio La Era

Número de unidades experimentales: 264

Número de tratamientos: 6

## 4. RESULTADOS

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,07395  
Error: 10,8943 gl: 195

SOLUCIÓN	Medias n	E.E.					
SC	37,79 24	0,67	A				
Zn	34,67 24	0,67		B			
Mg	34,29 24	0,67		B			
Mn	32,92 24	0,67		B	C		
Cu	30,13 24	0,67				D	
Fe	29,83 24	0,67				D	
B	29,29 24	0,67				D	
K	28,96 24	0,67				D	
S	22,08 24	0,67					E
N	11,17 24	0,67					F
P	11,08 24	0,67					F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Según la prueba de Tukey la solución completa es el mejor suelo y los mas deficientes suelos pertenecen a las soluciones de -N y el -P

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,00924  
Error: 10,8943 gl: 195

USO SUELO	Medias n	E.E.		
Pimiento	31,75 44	0,50	A	
Yuca	31,00 44	0,50	A	
Pasto	27,43 44	0,50		B
Caña	27,02 44	0,50		B
Huerta	25,91 44	0,50		B
Maíz + Zarandaja	21,73 44	0,50		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Según la prueba de Tukey el mejor suelo corresponde al cultivo de pimiento y yuca, pero el mas deficitario corresponde al cultivo de maíz+zarandaja.

## 5. CONCLUSIONES

La caracterización física de los seis suelos de la serie La Era están dentro de la categoría de muy pobre a pobre.

El (pH<sub>H2O</sub>) del suelo se caracterizó desde ligeramente alcalino a prácticamente neutro, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y la suma de bases totales (K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) se encontraron en el rango medio y alto respectivamente para todos los suelos. La Materia Orgánica fue alto para el suelo de pimiento, yuca y huerta, medio para maíz + zarandaja y pastos; y, bajo para el suelo de caña.

Al evaluar biológicamente la fertilidad actual de los suelos de la serie la Era, tanto en el crecimiento de la planta como en el peso de la materia seca, se evidenció que el N, P y S son los elementos más deficientes, excepto en el suelo con pasto que no presentó deficiencia de S, mientras que el Mn, Cu, K, y el B se encontraron en un rango medio.

La correlación entre la biomasa seca y los elementos disponibles del análisis químico del suelo fue: elevada para el -N y -S ( $r = 0,9$ ), moderada para los elementos -Cu y -Mg ( $r = 0,8$  y  $0,7$ ); baja para el -K, -Mn, -Zn, -P y -Fe.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE  
RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DIA DE CAMPO DE LA TESIS:  
EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA  
DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE UN  
SUELO DESARROLLADO SOBRE  
ANDESITA EN EL SISTEMA DE RIEGO LA  
ERA, CANTÓN CATAMAYO.



DIRECTOR: Ing. Miguel Villamagua. M Sc.

TESISTA: Geovanny Zhunaula

Loja-Ecuador  
2016

Continuación...

## 1. INTRODUCCIÓN

El nivel de fertilidad de los suelos es uno de los factores que determinan el comportamiento y la productividad de los cultivos. En el sistema de riego la Era encontramos suelos de origen volcánico con una utilización intensiva en la producción de cultivos de ciclo corto, razón por la cual está ligada a un elevado riesgo de deterioro del suelo, además la utilización de agroquímicos, la erosión hídrica dan como resultado la disminución de la fertilidad del suelo.

Las insuficientes prácticas de restitución de los nutrientes al suelo han ocasionado la baja productividad de los cultivos.

Es necesario conocer los elementos deficitarios del suelo de la Era, por esta razón se da a conocer el método de la Evaluación Biológica utilizando soluciones nutritivas a los cuales se les haya extraído uno de los nutrientes y monitorear el desarrollo de una planta indicadora (tomate), y su producción de biomasa.

Al respecto se citan trabajos realizados por Guayllas y Valarezo (1966) en los suelos de Saraguro donde tienen deficiencia de N,P,K.

Otros trabajos realizados por Burneo (2012), Loaiza (2013) en el suelo del sur de la amazonia concluyen que tienen deficiencia de N,P,B. además, que la correlación biomasa seca y los correspondientes contenidos de los nutrientes extraídos con la solución Olsen Modificada es muy baja y hasta negativa.

Salinas y Castillo (2014), investigó la correspondencia entre la evaluación química y biológica de la fertilidad actual del suelos de origen volcánico en dos unidades productivas de las provincias de Los Ríos y Esmeraldas y señala que 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 del laboratorio no guardan una aceptable correlación con aquellos de la evaluación biológica.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar información sobre la correspondencia de la fertilidad actual de un suelo mediante el método biológico y al análisis químico desarrollado sobre andesita en el sistema de riego La Era.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar física y químicamente las unidades de un suelo desarrollado sobre andesita en el Sistema de Riego La Era.
- Evaluar biológicamente la fertilidad actual de las unidades del suelo de los predios seleccionados.
- Difundir los resultados a los productores de las unidades de suelo.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 LUGAR DE TRABAJO

El muestreo se realizó en el predio de La Era que se encuentra ubicada en la parroquia El Tambo del Cantón Catamayo de la provincia de Loja. La evaluación biológica se efectuó en la Estación Experimental La Argelia, sector Los Molinos.

### 3.2 MATERIALES

- 264 vasos de plástico de 250 ml
- 264 macetas (tarrinas) de plástico de 700ml
- Jeringas de 5, 10 y 20 ml

- Balanza de precisión 0.1 g
- Barreno
- Fundas de plástico
- Galones de 10 litros
- Cinta métrica
- GPS

### Caracterización de las unidades de suelo.

Con un mapa base del sistema de riego la era se procedió a caracterizar las unidades de suelo a partir de la serie del terreno (Serie La Era) y el tipo de textura de suelo (arcilloso).

Evaluación biológica (muestreo). Se tomaron muestras de suelo compuestas en seis unidades de suelo a una profundidad de 0-25 cm.

Preparación del suelo. Se perforo en forma circular las tapas de las tarrinas de 700 ml, así mismo la base de los vasos de 250 ml y se acoplo un pedazo de media nylon sujeta con cinta y liga delgada en la base inferior del vaso.

### Preparación de las soluciones nutritivas.

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

**Anexo 16.** Planificación del evento de difusión de resultados (día de campo).



**Anexo 17.** Evaluación Biológica del cultivo de Caña



**Anexo 18.** Evaluación Biológica del cultivo de Pasto.



**Anexo 19.** Evaluación Biológica del Huerto familiar.



**Anexo 20.** Evaluación Biológica del cultivo de maíz+zarandaja.



**Anexo 21.** Evaluación Biológica del cultivo de yuca.



**Anexo 22.** Evaluación Biológica del cultivo de pimiento.

