

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE – QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERA E  
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE LAS HOJAS DE CANCHAQUIRO (TOURNEFORTIA  
SCABRIDA, KUNTH), PRESENTES EN MOJANDA (IMBABURA –  
ECUADOR), COMO ESPECIE VEGETAL FIJADORA DE NITRÓGENO**

**AUTORES:**

**LUCÍA ADRIANA BURBANO BURBANO**  
**JOSÉ ANDRÉS UTRERAS FLOR**

**DIRECTOR:**

**LAURA ELIZABETH HUACHI ESPÍN**

**Quito, mayo del 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, mayo 2015.

(f) \_\_\_\_\_

**Lucía Adriana Burbano Burbano**  
**C.I. 171664434-7**

(f) \_\_\_\_\_

**José Andrés Utreras Flor**  
**C.I. 171732739-7**

## **DEDICATORIA**

Para nuestros padres, hermanos, abuelos y sobrinos quienes nos brindaron su apoyo y amor incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros padres, hermanos, abuelos y sobrinos por estar junto a nosotros en todo momento y ser nuestro apoyo y guía durante esta importante etapa de nuestras vidas.

Nuestros sinceros agradecimientos a Laura Huachi por su tiempo, amistad y su gran aporte brindado para la elaboración de esta tesis, gracias por creer en nosotros y estar siempre a nuestro lado.

A la Universidad Politécnica Salesiana y a sus profesores que durante el transcurso de nuestra carrera nos proporcionaron los conocimientos necesarios que me nos han permitido culminar con nuestra tesis de grado.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las Hojas secas de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) como aportador de nitrógeno, mediante una evaluación físico química de las mismas además de incorporar la hojarasca en un cultivo prueba de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Los resultados indican que la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), aporta Nutrientes al suelo, por lo que se podría utilizar como un fertilizante para cultivos, si lo que se busca es mejorar las características iniciales en cuanto a la concentración de nutrientes del suelo.

El presente estudio se basó en la aplicación de Hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) en tres tratamientos prueba, donde se pudo observar que la materia orgánica en el suelo aumento de 2,99% en T0 a 3,26% en T2 y el Nitrógeno aumento de 0.15% a 0.16% respectivamente. Mientras que en las plantas de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) aumento de 74,82% a 77,47% para materia orgánica, y el nitrógeno aumento de 3.47% a 4,52% en T0 y T2 respectivamente, demostrando que la incorporación de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) mejora las características nutricionales del cultivo.

Debido a la falta de investigaciones sobre el Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) y su capacidad de fijar nitrógeno, el presente trabajo se encaminó en la investigación y generación de información sobre las cualidades del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) como aportador natural de Nitrógeno, donde se pudo evidenciar frente a un cultivo prueba de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) que al incluirlo en el suelo, contribuye a la fijación de Nitrógeno y aporte de micro y macronutrientes al suelo.

Palabras Clave: Canchaquiro, Nitrógeno, Fijación, Materia Orgánica, Fréjol

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate Canchaquiro Sheets (*Tournefortia scabrida* Kunth) as a contributor of nitrogen through the same physical chemistry evaluation also incorporate the stubble on a test cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

The results indicate that fallen leaves of Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), provide nutrients to the soil, so it could be used as a fertilizer for crops, if you are looking to improve the initial soil characteristics.

The present study was based on the application of fallen leaves of Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) in three treatments tested, where it was observed that the organic matter in the soil increased 2.99% to 3.26% at T0 and T2 Nitrogen 0.15% increased to 0.16% respectively. While in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) increased 74.82% to 77.47% for organic matter, and nitrogen increased 3.47% to 4.52% at T0 and T2 respectively, showing that the incorporation of Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) improves the nutritional characteristics of the crop.

Due to the lack of research on the Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) and its ability to fix nitrogen, this work made her way in the research and production of information on the possible qualities of Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) as a natural contributor to Nitrogen, where it was evident against a culture test Frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) to include it on the floor, contributes to nitrogen fixation and contribution of micro and macro nutrients to the soil.

Keywords: Canchaquiro, Nitrogen Fixation, Organic Matter, Frejol

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
1.1.Sector de Mojanda.....	5
1.1.1. Ubicación .....	5
1.1.2. Clima.....	5
1.1.3. Suelos característicos dela zona.....	6
1.1.4. Cobertura vegetal .....	9
1.2. El Canchaquiro ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	10
1.2.1. Distribución y hábitat.....	10
1.2.2. Taxonomía.....	11
1.2.3. Descripción botánica.....	11
1.2.4. Usos medicinales.....	13
1.2.5. Usos no medicinales.....	13
1.3. El nitrógeno .....	13
1.3.1. Características generales .....	13
1.3.2. Estados del nitrógeno .....	14
1.3.3. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno.....	14
1.3.4. Proceso de fijación del nitrógeno.....	17
1.3.5. Función del nitrógeno .....	18
1.3.6. Síntomas de deficiencia del nitrógeno .....	18
1.3.7. Especies vegetales fijadores de nitrógeno.....	20
1.3.8. Microorganismos fijadores de nitrógeno .....	21
1.3.9. La función de los nutrientes .....	22
1.3.10. Equilibrio nutricional .....	25
1.3.11. Mineralización delnitrógeno .....	27
1.4. El Fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	28
1.4.1. Origen.....	28

1.4.2. Clasificación botánica .....	28
1.4.3. Requerimientos básicos del cultivo de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	29
1.4.4. Fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) INIAP 427 .....	29
1.4.4.1. Características importantes .....	30
1.4.5. Requerimientos de nutrientes del fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	30

## **CAPÍTULO 2**

METODOLOGÍA .....	31
2.1. Fase de Campo .....	31
2.1.1. Ubicación del lugar de muestreo de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth) .....	31
2.1.2. Recolección de las muestras foliares de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	32
2.1.3. Metodología para la recolección de muestras de suelo .....	34
2.1.4. Área de ensayo .....	35
2.1.4.1 Ubicación .....	35
2.1.4.2 Labores preculturales y culturales para el cultivo de fréjol( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	36
2.1.4.3 Preparación de los tratamientos para la evaluación de las hojas de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth) .....	37
2.1.5. Método de evaluación de las variables.....	39
2.2. Fase de laboratorio .....	40
2.2.1. Análisis de nitrógeno en muestras foliares, método Kjeldahl modificado para incluir nitratos. ....	40
2.2.2. Análisis de nitrógeno total, método Kjeldahl para suelos .....	43
2.2.3. Nitrógeno inorgánico extractable en KCl 2N.....	46
2.2.4. Determinación de pH en suelos .....	47
2.2.5. Determinación de materia orgánica en suelos y muestras foliares .....	48
2.2.6. Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) en suelo y foliar .....	49
2.2.7. Determinación de macronutrientes (Na, K, Ca, Mg) en suelo y foliar .....	50
2.2.8. Proceso de análisis .....	52

### **CAPÍTULO 3**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	53
3.1. Análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de AGROCALIDAD para el suelo de Mojanda - Imbabura. ....	53
3.2. Análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de AGROCALIDAD para la hojarasca de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	56
3.3. Análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de AGROCALIDAD para el suelo de Tumbaco .....	58
3.4. Análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de AGROCALIDAD para muestras de suelo en T0, T1 y T2. en comparación con los parámetros iniciales del suelo de Tumbaco.....	60
3.5. Análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de AGROCALIDAD para muestras foliares de Fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en T0, T1 y T2 .....	63
3.6. Análisis de las variables del cultivo de frejol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	65
3.6.1. Altura de la planta .....	65
3.6.2. Vainas por planta.....	66
3.6.3. Granos por vaina .....	67
<b>CONCLUSIONES</b> .....	68
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	69
<b>LISTA DE REFERENCIAS</b> .....	70
<b>ANEXOS</b> .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de suelos – Imbabura - Mojanda .....	7
Tabla 2. Descripción taxonómica de <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth .....	11
Tabla 3. Especies fijadoras de nitrógeno .....	20
Tabla 4. Contenido de nutrientes en las plantas .....	26
Tabla 5. Clasificación botánica del fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	28
Tabla 6. Características importantes del fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	30
Tabla 7. Exigencias minerales del fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	30
Tabla 8. Posición geográfica del lugar de muestreo .....	32
Tabla 9. Ubicación del lugar del cultivo de ensayo .....	36
Tabla 10. Descripción de tratamientos .....	39
Tabla 11. Resultados de los análisis de laboratorio a las muestras de suelo Mojanda - Imbabura .....	53
Tabla 12. Resultados de los análisis de laboratorio a las muestras de hojarasca de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth) .....	56
Tabla 13. Resultados de los análisis de laboratorio a las muestras de suelo de Tumbaco previo al cultivo de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	58
Tabla 14. Resultados de los análisis de suelo obtenido de los tratamientos T0, T1 y T2 y el suelo de Tumbaco previo al cultivo de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	60
Tabla 15. Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras foliares del cultivo de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en T0, T1 y T2 .....	63
Tabla 16. Altura en cm. tomadas a las plantas de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en T0, T1 y T2 .....	65
Tabla 17. Número de vainas por planta en T0, T1 y T2 .....	66
Tabla 18. Número de granos por vaina tomadas a las plantas de fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) una vez terminado su período de crecimiento en T0, T1 y T2 ....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Canchaquiro ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	11
Figura 2. Hojas de Canchaquiro ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	12
Figura 3. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno .....	15
Figura 4. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en las plantas .....	19
Figura 5. Composición elemental de las plantas .....	25
Figura 6. Ubicación de la zona de muestreo .....	31
Figura 7. Preparación de muestras .....	33
Figura 8. Muestreo de suelo y hojarasca de Canchaquiro ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth) .....	34
Figura 9. Preparación de muestras de suelo .....	35
Figura 10. Disposición del ensayo en campo.....	38
Figura 11. Proceso de análisis.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Interpretación de resultados – Región sierra .....	75
Anexo 2. Sinergismos y antagonismos importantes .....	76
Anexo 3. Descripción de análisis de resultados de Laboratorio .....	77
Anexo 4. Fotografías de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth) .....	88
Anexo 5. Fotografías lugar de muestreo Mojanda - Imbabura .....	89
Anexo 6. Fotografías árboles de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	90
Anexo 7. Fotografías de muestreo hojarasca de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth).....	91
Anexo 8. Fotografías de muestreo de suelo Mojanda - Imbabura .....	92
Anexo 9. Fotografías fase de campo .....	93
Anexo 10. Abreviaturas .....	96

## INTRODUCCIÓN

El Nitrógeno siendo el elemento más abundante de la atmósfera, es el más difícil de conseguir por las plantas ya que el nitrógeno existente en el aire es inerte y no puede ser directamente aprovechado por los vegetales, además que para la asimilación del nitrógeno, las plantas requieren de reacciones bioquímicas con un alto costo energético.

Los ecosistemas al ser fertilizados con nitrógeno proveniente de medios naturales, muestran importantes incrementos en la productividad, poniendo en evidencia la importancia de estos métodos para el desarrollo de cultivos más sanos.

La ausencia de estudios sobre el Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), y su posible capacidad de fijación de Nitrógeno y aporte de nutrientes al suelo, constituyen la problemática esencial del presente estudio, esto debido a que el Canchaquiro posee la cualidad de producir abundantes hojas que al caer al suelo forman una capa de hojarasca que antiguamente era utilizada como abono por los campesinos de la zona. (Loján, 1992, Pág. 142 – 143)

La mayoría de los cultivos en la actualidad se valen del uso frecuente de agroquímicos para mantener la fertilidad. Las prácticas de producción inadecuadas han llevado en muchos casos a la contaminación de las tierras, cursos de agua y acuíferos, y a una reducción de la diversidad biológica.

Esto establece una contradicción al Plan Nacional del Buen Vivir ya que en la Constitución del Ecuador, aprobada en Montecristi en el 2008, se dispone entre los derechos del buen vivir y el desarrollo a la seguridad alimentaria que: “Constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado el garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”. “El sumak kawsay prohíbe el uso de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos y las tecnologías y agentes biológicos experimentales

nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas”. (FONAG, 2010, pág. 3)

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar la fijación de Nitrógeno Total y Materia Orgánica, que produce la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), especie característica del sector de Mojanda (Imbabura – Ecuador), sobre un cultivo experimental de Fréjol Rojo moteado *Phaseolus vulgaris* L.

### Objetivos Específicos

- Analizar el porcentaje de Nitrógeno Total y Materia Orgánica en la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), además del suelo donde la especie se desarrolla.
- Realizar el cultivo experimental de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando como sustrato aportador de nitrógeno, hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth).
- Cuantificar la fijación de Nitrógeno total y Materia Orgánica en el cultivo experimental, en donde se aplica hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), y comprobar frente a un cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el cual no se adicionó hojarasca de la especie en estudio.

## Justificación

Las investigaciones demuestran que los sembradíos regados con abonos químicos no solo son causantes de problemas de salud sino que producen una seria contaminación del suelo y del agua. Al regar con fertilizantes se perjudica la cobertura vegetal y se alteran vitaminas y nutrientes que tiene el suelo y que ayudan a lograr productos sanos. El impulsar la agricultura con fuentes naturales de Nitrógeno y nutrientes, brindará a los suelos la capacidad de fertilidad, así también, promover la reducción del uso

indiscriminado de insumos externos y proteger la salud del ser humano y la biodiversidad. (FONAG, 2010, pág. 3)

El presente estudio abarca la evaluación del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), sus hojas, hojarasca y el suelo donde la especie se desarrolla, con el fin de generar información relevante al hecho posible de que la hojarasca de la especie en estudio contribuye a la fijación de Nitrógeno y a un aporte de nutrientes al suelo, la hojarasca en descomposición, de la especie en estudio formará parte del suelo de un cultivo evaluación, el cual pretende determinar la capacidad de Fijación de Nitrógeno y Aporte de Nutrientes al suelo que la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), provee.

Además se generará información relevante sobre la utilización del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), en ámbitos productivos, agrícolas, forestales y conservacionistas, y pretende a través de la información emitida, incentivar a la realización de estudios que asocien al Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), en estudios agrícolas, utilizándolo como un compost orgánico.

Hipótesis:

Hipótesis alternativa(Ha)

- La hojarasca producida por la especie Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), aumentan porcentualmente la fijación de Nitrógeno en el suelo.

Hipótesis nula(Ho)

- La hojarasca producida por las hojas de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), no aumenta porcentualmente la fijación de Nitrógeno en el suelo.

Variables:

Variable Dependiente:

- La hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth).

Variable Independiente:

- El porcentaje de Nitrógeno presente en el suelo del cultivo evaluación.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Sector de Mojanda

#### 1.1.1. Ubicación

La zona de Mojanda constituye una zona de gran importancia ecológica, hidrológica, biológica, económica, social, turística y cultural.

Se ubica en la provincia de Imbabura, a 75 kilómetros de Quito y a 17 kilómetros al sur de la ciudad de Otavalo, pertenece al sistema montañoso del nudo de Mojanda-Cajas. (Egas y Torres, 2012, Pág.17- 18).

#### 1.1.2. Clima

La zona de estudio presenta un gradiente altitudinal que varía desde los 2800 m.s.n.m., hasta los 4240 m.s.n.m., en el sector de Malchingui – Mojanda.

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, estas condiciones configuran un mosaico de tipos climáticos, que corresponden a un clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado frío, clima predominante del área de estudio. Esta clasificación climática considera tres aspectos: variación estacional de la humedad, régimen hídrico y régimen térmico.

El régimen hídrico en la zona de estudio, presenta precipitaciones que van desde 1000 hasta 1500mm., promedio anual, caracterizándolo como subhúmedo, mientras que el régimen hídrico seco se caracteriza por precipitaciones de 750 a 1000 mm., la variación estacional de la humedad resume la variación de la humedad relativa del suelo en función de balance hídrico anual, que en este sector registra un pequeño déficit de agua entre los meses de junio y septiembre, mientras que las zonas sin exceso de agua presentan esta condición permanentemente durante todo el año. A su

vez, el régimen térmico expresa el comportamiento de la temperatura, donde se encuentran temperaturas entre 2 y 12 C°.(Egas y Torres, 2012, Pág. 17 - 18).

### **1.1.3. Suelos característicos de la zona**

Los órdenes encontrados en la zona de estudio son: Inceptisoles y Mollisoles con algunas asociaciones los cuales están descritos de la siguiente manera:

Los suelos del orden Inceptisol son considerados inmaduros en su evolución, ocurren en cualquier tipo de clima, se originan a partir de diferentes materiales parentales y su uso es variado: En zonas inclinadas, son más apropiados para reforestación, mientras que en zonas planas pueden ser cultivados intensamente. En el área de estudio se localizan en las zonas altas del páramo y hacia los sectores de Tocachi y Malchinguí, cubriendo el 65% de la superficie total. (Robles, Martínez, Paredes y otros, 2008, pág. 67 - 68)

Los Inceptisoles ocurren en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en fuertes pendientes o depresiones, posiciones de relieve extremo, o superficies geomorfológicas jóvenes. Los Inceptisoles abarcan suelos que son muy pobremente drenados a suelos bien drenados, sin embargo el perfil ideal de los Inceptisoles incluiría una secuencia de un epipedón crístico sobre un horizonte cámbico. (Guevara, 2013, Pág. 76 - 80)

Los mollisoles son en su mayoría aquellos suelos de color negro; con abundantes materiales orgánicos y de consistencia y estructura favorables al desarrollo radicular (epipedón móllico), debiendo destacarse para ello la acción de microorganismos y lombrices, muy comunes de las áreas originalmente de praderas que han dado lugar a la formación de un horizonte superior de gran espesor.

En estos suelos pueden presentar también procesos de translocación de arcillas que permitirán la formación de un horizonte argílico. Los mollisoles se identificaron

cubriendo áreas con regímenes climáticos secos o húmedos, cálidos y templados de la Sierra y de la Costa. (Guevara, 2013, Pág.76 - 80)

Tabla 1.

Tipo de Suelos – Imbabura – Mojanda

<b>ORDEN</b>	<b>SUBORDEN</b>	<b>GRAN GRUPO</b>	<b>Sup. (ha)</b>	<b>Sup. (%)</b>	<b>Sup. (%)</b>
<b>INCEPTISOLES</b>	ANDEPS	CRYANDEPTS	4828,69	9,61	39,84
		DYSTRADEPTS	1156,66	2,30	
		DYSTRADEPTS - VITRANDEPTS	1177,23	2,35	
		EUTRANDEPTS	6997,80	13,92	
		EUTRANDEPTS - VITRANDEPTS	2010,40	4,00	
		VITRANDEPTS	3771,44	7,50	
		VITRANDEPTS - DYSTRANDEPTS	77,93	0,16	
	AQUEPTS	ANDAQUEPTS	131,59	0,26	0,26
<b>MOLLISOLES</b>	USTOLLS	DURUSTOLLS	3439,34	6,84	9,32
	UDOLLS	ARGIUDOLLS	1244,86	2,48	
<b>ENTISOLES - MOLLISOLES</b>	ORTHENTS - USTOLLS	USTORTHENTS - DURUSTOLLS	368,73	0,73	0,73
<b>INCEPTISOLES - MOLLISOLES</b>	ANDEPTS - USTOLLS	EUTRANDEPTS - DURUSTOLLS	92,36	0,19	0,19
<b>MOLLISOLES - INCEPTISOLES</b>	USTOLLS - ANDEPTS	SURUSTOLLS - DURANDEPTS	109,43	0,22	0,22
<b>CUERPO DE AGUA</b>			1074,00	2,13	2,13
<b>URBANO</b>			168,79	0,34	0,34
<b>SIN SUELO</b>			16958,06	33,75	33,75
<b>SIN INFORMACIÓN</b>			6640,61	13,22	13,22
				<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

Nota: Guevara, 2013

- Mollisoles

Suelos argiudolls, Son suelos de 30 a 70 cm., con un horizonte argílico negro; y la presencia de cangagua aproximadamente a 70 cm. de profundidad. Se ubican entre el Páramo de Mojanda y el Itambi. Son aptos para cultivo.

Suelos durustolls, suelos de textura arenosa fina o limosa; poseen un horizonte argílico arcillo-arenoso de color mucho más negro que los horizontes superiores con

un espesor de 5 a 10 cm. aproximadamente; cangagua sin meteorización, pH de 6.5 a 7.0.(Guevara, 2013, Pág. 76 - 80)

- Inceptisoles

Suelos cryandepts, Suelos pseudo-limosos muy negros, presentan entre 50% - 80% de contenido de agua; productos de cenizas más recientes; de régimen de humedad údico; régimen termal isofrígido. Estos suelos se ubican en las lomas aledañas al páramo de Mojanda (sector oriental). Aptos en la producción de pastizales con limitaciones.

Suelos dystrandepts, suelos pseudo-limosos, negros con alta retención de agua, con regímenes de humedad údico y perúdicico y termal isomésico. Se los encuentra en el sector Occidental del páramo de Mojanda. Apto para varios tipos de cultivos, como pastos, papas y cereales.

Suelos dystrandepts, poco ácidos y derivados de ceniza volcánica, con menos del 30% de arcilla, (Guevara, 2013, Pág. 76 - 80)

Suelos eutrandepts, son suelos oscuros, con una profundidad de hasta 100 cm.; arenas finas a media con limo; pH cercanos a 6; alto contenido de materia orgánica del 4 al 5% y alta capacidad de retención de agua, régimen de humedad údico. Aptos para el cultivo de maíz, papa, cereales, y hortalizas.

Suelos vitrandepts, suelos negros y profundos, con arenas de ceniza de finas a medias; horizonte superior con bajos contenidos de materia orgánica que van desde 2% a 4%. Regímenes údico e isotérmico. Aptos para cultivos de papa, maíz y trigo.(Guevara, 2013, Pág. 76 - 80)

- Entisoles

Suelos entisoles, son de colores claros en la gama de amarillos-rojizos, no muestran ningún desarrollo definido de perfiles, solamente se puede observar su material parental inalterado. (Guevara, 2013, Pág. 76 - 80)

#### 1.1.4. Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal considera todos los rasgos característicos que cubren una zona y que son perceptibles a simple vista. Cada uno de los elementos conformadores de la cobertura puede ser sujeto a usos específicos, los mismos que están determinados por las dinámicas propias que se den en el territorio. En este sector, se encuentran tres formaciones vegetales: páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto y matorral húmedo montano. A su vez, la conformación social, histórica y económica de la región, ha permitido el apareamiento de zonas de pastoreo y uso que se localizan cerca del complejo lagunar.

Las zonas de uso antrópico, plantaciones forestales, cultivos y pastizales, ocupan 16202 hectáreas, mientras que la cobertura natural remanente, constituida por paisajes de páramo y bosques, ocupa 11165 hectáreas, y un complejo lagunar que se extiende sobre una superficie de 320 hectáreas.

El páramo es un ecosistema tropical que se extiende en los Andes septentrionales, entre el actual límite superior del bosque andino cerrado y la línea de nieve perpetua, caracterizado por una vegetación dominante no arbórea, bajas temperaturas, alta irradiación ultravioleta y alta humedad (Robles, Martínez, Paredes y otros, 2008, pág. 72)

La zona de páramo, en el área, ocupa una superficie de 7042 hectáreas. Este ecosistema se extiende desde 3000 hasta 4240 m.s.n.m., precipitación promedio anual de 1500mm. y temperatura promedio de 6,9 °C.

En la zona alta (3000-4000 m.s.n.m.) se observa pajonal de género *Stipa* (*Calamagrostis* y *Festuca*), en asociación con el Romerillo (*Hypericum laricifolium*), orejuela (*Alchemilla orbiculat*), mortiño (*Vaccinium mortinia*), Además se puede encontrar vegetación de tipo secundario debido a la existente explotación de leña y carbón como por ejemplo Quishuar (*Buddleja incana*), la Sacha Peral, Colca, Puma Maqui, Piquil, etc. (Lombeida, 2008, Pág. 14 - 16).

## 1.2. El Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth)

### 1.2.1. Distribución y Hábitat

*Tournefortia* es un género de plantas con flores perteneciente a la familia *Boraginaceae*. Comprende 83 especies descritas y aceptadas. Se distribuye en regiones tropicales y subtropicales.

En el Ecuador se han identificado 23 especies del género. El Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), es considerado un árbol útil, solo conocido por los campesinos, pero con buenas posibilidades para la agroforestería.

El Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), es una especie endémica del bosque húmedo y muy húmedo de la faja montana. Se lo ha colectado entre 1000 y 4000 m.s.n.m., la especie ha sido observada en las provincias de Pichincha, Carchi e Imbabura, entre 2700 y 3500 m.s.n.m. Se regenera en forma natural o intervenida.

El Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), es una especie de la que no existen estudios anteriores sobre la relación Carbono/Nitrógeno de las hojas, ni sobre la eficiencia como compost en otras plantas.

Una cualidad del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), es que produce muchas hojas que caen y forman materia orgánica. La producción de hojas es continua durante todo el año, por lo cual forma una capa de hojarasca que se va descomponiendo y que puede utilizarse como compost para abonar a otras plantas (Loján, 1992, Pág. 142 - 143).

Canchaqui ( *Tournefortia scabrida* Kunth).



Figura 1. Árbol de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth) ubicada en la Zona de Mojanda – Imbabura – Ecuador, del cual se realizó el muestreo para el presente estudio.

Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

### 1.2.2. Taxonomía

Tabla 2.

Descripción Taxonómica del Canchaqui *Tournefortia scabrida* Kunth

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Phylum:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Boraginales
<b>Familia:</b>	<i>Boraginaceae</i>
<b>Género:</b>	<i>Tournefortia</i>
<b>Epíteto Específico:</b>	<i>scabrida</i>
<b>Nombre Científico</b>	<i>Tournefortia scabrida</i>
<b>Nombre Común</b>	Canchaqui, Punde, Mote

Nota: Loján, 1992.

### 1.2.3. Descripción botánica

- Arbusto, regenera en forma natural o intervenida, llega a medir hasta 15 metros de altura.

- Tallos redondos, leñoso. Presentan un tronco delgado y curvado, bastante ramificado; presentan paredes calcificadas o silicificadas.
- Toda la planta, es decir, tallos, hojas e inflorescencias frecuentemente cubiertas de tricomas simples, unicelulares o multicelulares, uniseriados o estrellados, con un cistolito basal. Savia incolora, sin aceites esenciales.
- Corteza: de color gris, con grietas predominantemente verticales, regularmente rugosa y áspera.
- Hojas: Hojas opuestas aovado-acuminadas, estrigilosas por la haz y tomentosas por el envés, nervios muy pronunciados.
- Flores: se encuentran en inflorescencias escorpioides en racimos o espigas dicótomas, flores de corola blancas o blanco-rosadas, estilo terminal simple o ausente, abundantes, aromáticas; tubo de la corola de 5 mm. de largo. Bisexuales. Inflorescencias axilares o 2-3 veces ramificadas.
- Frutos: Los frutos son drupas suculentas de 0,8 cm. de diámetro, que contiene dos semillas. Son verdes y al madurar se tornan de color blanco, densamente seríceo-pilosos. (Barajas, 2005, Pág. 167); (Loján, 1992, Pág. 45- 48)

Hojas de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida*Kunth).



Figura 2. Hojas de apariencia sana del árbol de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida*Kunth) ubicado en la zona de Mojanda – Imbabura – Ecuador.

Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

#### **1.2.4. Usos Medicinales**

Se le atribuyen propiedades diuréticas, como reconstituyente del riñón. (Peñafield, 2003, Pág. 31)

#### **1.2.5. Usos no medicinales**

Sus frutos contienen mucílagos que pueden ser utilizados como aprestó en la industria textil. Su madera es utilizada como leña. (Alzate, Idárraga, Díaz y Rodríguez, 2013, Pág. 79)

### **1.3. El Nitrógeno**

#### **1.3.1. Características generales**

Se trata de un elemento que, cuantitativamente, y tras el carbono, oxígeno e hidrógeno, es considerado el más abundante en la materia viva, de la que constituye un 8-16 %. La Tierra es muy rica en nitrógeno, con más de 60000 billones de toneladas, de los que el 94 % se encuentran en la corteza terrestre, del 6 % restante, el 99,86% se halla en la atmósfera como nitrógeno molecular ( $N_2$ ), y el 0,04 % aparece en los organismos vivos, suelos y aguas, en forma de compuestos inorgánicos y orgánicos.

El aire contiene un 78% en volumen de nitrógeno, no obstante, ese nitrógeno que se encuentra en estado molecular ( $N_2$ ) no es utilizable por los organismos vivos, excepto por pocos que pueden convertirlo en compuestos asimilables. De hecho, los animales, las plantas, y la gran mayoría de los microorganismos, sólo pueden utilizar nitrógeno combinado, es decir, nitrógeno integrado en un compuesto químico; así las plantas y la mayoría de los microorganismos son dependientes de formas inorgánicas de aquel elemento, como nitratos ( $NO_3^-$ ), amonio ( $NH_4^+$ ), etc., mientras que los animales requieren nitrógeno orgánico indirecta o directamente obtenido de las plantas. El nitrógeno combinado se encuentra en muchos suelos en concentraciones muy bajas y constituye, después del agua, el principal factor

limitante del desarrollo de las plantas. El nitrógeno, pasa por cambios cíclicos, de modo que puede ser utilizado y a la vez repuesto dentro de lo que se conoce como ciclo biogeoquímico del nitrógeno, por medio del cual un átomo de nitrógeno pasa del estado orgánico al inorgánico y viceversa, siguiendo una secuencia de procesos que implican actividades de organismos vivos y conversiones no biológicas (Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 7).

### **1.3.2. Estados del nitrógeno**

En forma combinada se encuentra en el nitrato de Potasio ( $\text{KNO}_3$ ) y nitrato de Sodio ( $\text{NaNO}_3$ ); en la lluvia, atmósfera, suelo y guano en forma de amonio o sales de amonio, en el agua de mar como iones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). En los organismos vivos formando complejos orgánicos como ácidos nucleicos, proteínas, clorofila, constituyendo parte de todo el protoplasma. (Hernández, 2002, Pág. 68).

### **1.3.3. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento increíblemente versátil que existe en forma inorgánica y orgánica, a la vez que en muchos y diferentes estados de oxidación. El movimiento del Nitrógeno entre la atmósfera y la biósfera constituye uno de los ciclos más importantes. El ciclo del Nitrógeno está constituido por varios procesos (Harrison, 2013, pág. 01):

### Ciclo Biogeoquímico del Nitrógeno

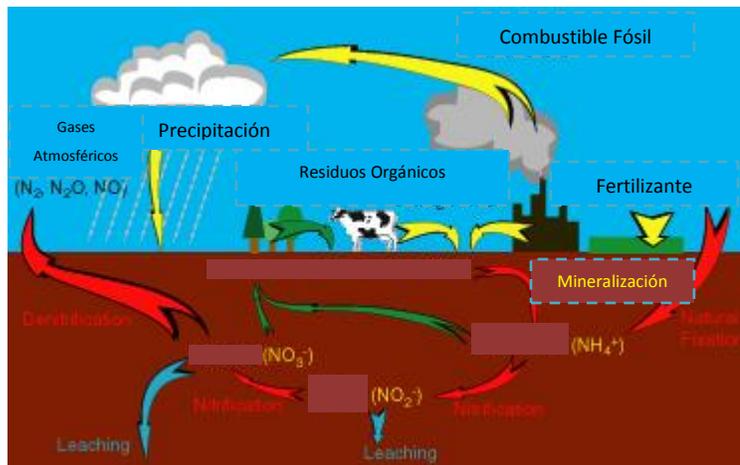


Figura 3. El Ciclo del nitrógeno. Las flechas amarillas indican las fuentes humanas de nitrógeno para el ambiente. Las flechas rojas indican las transformaciones microbianas del nitrógeno. Las flechas azules indican las fuerzas físicas que actúan sobre el nitrógeno. Y las flechas verdes indican los procesos naturales y no microbianos que afectan la forma y el destino del nitrógeno.

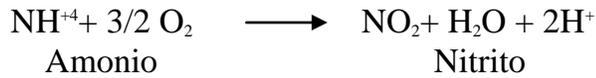
Elaborado por: John Harrison, 2013.

- Formación de nitrógeno inorgánico, como amoníaco, nitrito y nitrato, a partir de nitrógeno orgánico procedente de la desintegración de los organismos y de sus excreciones, en un proceso de mineralización.
- El nitrógeno inorgánico puede ser absorbido por plantas y microorganismos, pasar de nuevo a formar parte de la materia viva, y circular a lo largo de las cadenas de alimentación.
- El nitrógeno inorgánico puede ser transformado en nitrógeno molecular y sus óxidos, que escapan a la atmósfera en un proceso de desnitrificación.
- El nitrógeno molecular atmosférico pasa a forma combinada en un proceso de fijación (Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 11 -16).

Conviene destacar algunos puntos de interés acerca del ciclo del nitrógeno:

La mineralización incluye dos procesos: amonificación y nitrificación. La amonificación consiste en la formación de compuestos amoniacales realizada por microorganismos heterótrofos. La nitrificación, es la oxidación del amonio ( $NH_4^+$ ) a nitrato ( $NO_3^-$ ), en dos etapas realizadas por dos tipos de microorganismos, que

obtienen de ellas toda la energía que necesitan para su crecimiento. En la primera etapa de la nitrificación, las bacterias del nitrógeno del género *Nitrosomasoxidan* el amonio a nitrito (Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 11).



En la segunda etapa, bacterias del nitrógeno *Nitrobacter* convierten el nitrito en nitrato (Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 11).



Gran parte del amonio formado es retenido por minerales de la arcilla en el llamado complejo de cambio del suelo, donde podrá ser canjeado por otros cationes y por ende ser absorbido por las plantas, lo que puede ocurrir en suelos alcalinos.

La nitrificación tiene lugar con rapidez en la mayoría de los suelos, constituyendo el nitrato la fuente de nitrógeno más importante para la mayoría de las plantas, donde enzimas conocidas como nitrato-reductasas, lo convierten en amonio, que es utilizado en la síntesis de aminoácidos y proteínas. (Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 11 - 16).

Hay que señalar que, a diferencia del amonio, el nitrato no es retenido fácilmente por el suelo, sino que es transportado por el frente acuoso en un proceso de lixiviación, de modo que si la pluviosidad es alta y el suelo permeable, puede ser arrastrado a profundidades difíciles de alcanzar por las raíces.

El proceso opuesto a la mineralización se conoce como inmovilización. En ella, los microorganismos heterótrofos convierten, por amonificación, el nitrógeno orgánico a nitrógeno amoniacal, parte del cual es utilizado para su crecimiento,

inmovilizándolo y haciéndolo nodisponible para la alimentación de las plantas.(Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 11 - 16).

La cantidad de nitrógeno del suelo en forma asimilable por las plantas, y en ausencia de aportes nitrogenados externos, es función de la cantidad de nitrógeno orgánico de reserva en el mismo, y de factores que afectan a su mineralización e inmovilización en ausencia de oxígeno, como ocurre por ejemplo en terrenos inundados, algunas bacterias son capaces de respirar sustituyendo el oxígeno que no disponen en esas condiciones, por el nitrato o nitrito, dando lugar a la formación de óxidos de nitrógeno y nitrógeno molecular, gases que escapan a la atmósfera en un proceso de desnitrificación en contraposición con la reducción asimiladora efectuada por las nitrato-reductasas de las plantas.(Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 11 - 16).

#### **1.3.4. Proceso de fijación de nitrógeno.**

Se estima la fijación de nitrógeno en unos 275 millones de Toneladas métricas anuales, de los cuales 63,63% corresponden a la fijación biológica, 25,46% a la industrial, y 10,91% a la espontánea. La fijación de nitrógeno es la etapa reguladora del ciclo, en la que el nitrógeno atmosférico pasa a forma combinada, compensando así las pérdidas de ésta por desnitrificación y volatilización del amoníaco.

Las rutas para la fijación son las siguientes:

a) La fijación espontánea: Proceso natural en que las descargas eléctricas de tormentas, radiación ultravioleta, meteoritos, combustibles industriales e incendios, entre otras causas, proporcionan por un momento la energía requerida para originar óxidos de nitrógeno e incluso amoníaco, a partir de nitrógeno molecular atmosférico, que eventualmente son arrastrados por el agua de la lluvia hacia el suelo.

b) La fijación industrial química: Producción de amoníaco y fertilizantes nitrogenados por la industria a partir del nitrógeno del aire.

c) La fijación biológica: Conversión de nitrógeno atmosférico en amoníaco, realizada por microorganismos libres o en asociación con plantas superiores, de las que se detallarán varios aspectos en los numerales 1.3.7. y 1.3.8. (Rodríguez, Sevillano, Subramaniam, 1984, Pág. 21 - 32).

### **1.3.5. Función del nitrógeno**

El nitrógeno es considerado un elemento muy importante en cultivos de plantas ya que es un componente esencial de los aminoácidos, proteínas, clorofila, de las enzimas y algunos componentes que se encuentran en las membranas celulares. La mayor parte del nitrógeno presente en los tejidos vegetales se encuentra como proteínas enzimáticas en los cloroplastos y en las proteínas de las semillas.

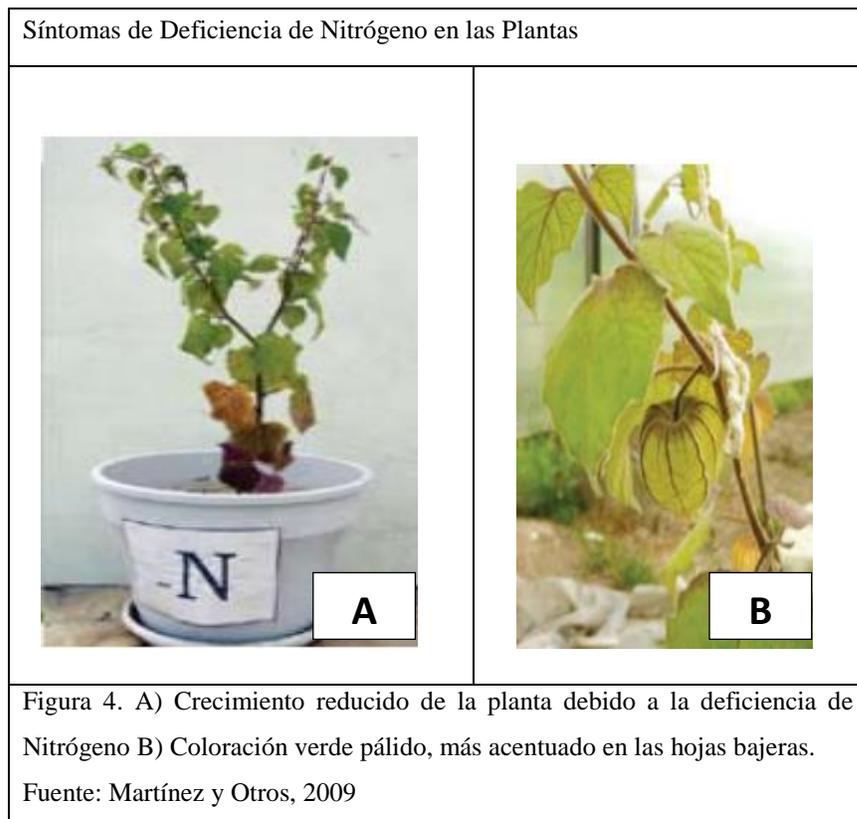
La función principal del nitrógeno es la de estimular el crecimiento de las plantas, especialmente en la etapa inicial de crecimiento vegetativo, ya que genera un alto índice de área foliar y prolonga el período útil de las hojas. El Nitrógeno además, incrementa el número de ejes durante la floración, el número de flores, número y peso de la vaina, lo que genera un aumento en el rendimiento de las plantas. Además de regular la cantidad de hormonas dentro de la planta. (Hernández, 2002, pág. 30)

### **1.3.6. Síntomas de deficiencia de nitrógeno**

La deficiencia de nitrógeno produce una reducción y retraso del crecimiento de las plantas, por ende disminuye el número de semillas y su peso, lo que se traduce en un menor rendimiento.

La deficiencia de Nitrógeno reduce la cantidad de flores y acorta el periodo de floración, también se observa una reducción en la actividad fotosintética de las plantas, debido a que aumenta la producción de ácido abscísico.

Además es importante mencionar que la deficiencia de nitrógeno, limita el contenido de proteínas en las semillas. Los síntomas de deficiencia se manifiestan visualmente en una disminución en la longitud, ancho y área de la hoja, tallos más cortos y delgados, plantas atrofiadas y con poco vigor. El nitrógeno es un nutriente móvil dentro de la planta, que es re transportado a órganos más jóvenes, por este motivo se producen cambios en el color de las hojas, a un color verde amarillento en las de más edad y verde pálido en hojas más jóvenes (clorosis), que al ser comparado con las plantas con un contenido adecuado que presentan un color verde oscuro. (Pereyra, 2001, pág. 15)



### **1.3.7. Especies vegetales fijadoras de nitrógeno**

Existe un grupo de plantas que mejoran la calidad y la fertilidad del suelo de manera natural. Las plantas fijadoras de nitrógeno albergan bacterias y hongos que son capaces de convertir el nitrógeno del aire en material disponible para las plantas.

La mayoría de plantas de la familia de las Fabáceas fijan el nitrógeno. Existen fijadores de todos los tamaños: tipo cobertura de suelo como el trébol, tipo arbusto o incluso árboles como la acacia. Estas plantas de rápido crecimiento pueden incluso ser cortadas cada cierto tiempo e incorporadas a la tierra en forma de compost. (sergicaballero.com, 2012, pág. 01).

Tabla 3.

Especies fijadoras de Nitrógeno

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Acacia	<i>Acacia</i> spp.	Amphicarpa	<i>Amphicarpa bracteata</i>
Aliso verde	<i>Alnus</i> spp.	Cafetero de Kentucky	<i>Gymnocladus dioica</i>
Maackia	<i>Maackia amurensis</i>	Lupinus	<i>Lupinus</i> spp.
Elaeagnusum bellata	<i>Elaeagnus umbellata</i>	Mezquite dulce	<i>Prosopis glandulosa</i>
Carretón	<i>Medicago truncatula</i>	Astragalus	<i>Astragalus</i> spp.
	<i>Myrica pensylvanica</i>	Cercocarpusmontanus	<i>Cercocarpus montanus</i>
Especies fabaceas	<i>Phaseolus</i> spp.	Stylosanthes biflora	<i>Stylosanthes biflora</i>
Loto corniculado	<i>Lotus corniculatus</i>	Psoralea esculenta	<i>Psoralea esculenta</i>
Acacia de flor blanca	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Eleagno	<i>Elaeagnus commutata</i>
Espantalobos	<i>Colutea arborescens</i>	Ginesta	<i>Spartium junceum</i>
Baptisia australis	<i>Baptisia australis</i>	Crotalaria	<i>Crotalaria juncea</i>
Cytisus	<i>Cytisu</i> spp.	Mirto de Brabante	<i>Myricagale</i>
Cerezas del bisonte	<i>Shepherdia argentea</i>	Lathyrus	<i>Lathyrus</i> spp.
Trébol japonés	<i>Lespedeza thunbergii</i>	Hedysarum boreale	<i>Hedysarum boreale</i>
Clitoria	<i>Clitoria mariana</i>	Comptonia	<i>Comptonia peregrina</i>
Thermopsis villosa	<i>Thermopsis villosa</i>	Desmodium	<i>Desmodium</i> spp.
Tréboles	<i>Trifolium</i> spp.	Vezo	<i>Vicia</i> spp.
Caupí o fríjol chino	<i>Vigna unguiculata</i>	Ceanothus	<i>Ceanothus</i> spp.
Elaeagnus x ebbingei	<i>Elaeagnus x ebbingei</i>	Glicina	<i>Wisteria</i> spp.
Amorpha fruticosa	<i>Amorpha fruticosa</i>	Lluvia de oro	<i>Laburnum anagyroides</i>
Haba	<i>Vicia faba</i>	Eleano gris	<i>Elaeagnus multiflora</i>
Genista	<i>Genista</i> spp.	Apios	<i>Apios</i> spp.

Nota: sergicaballero.com 2012

### 1.3.8. Microorganismos fijadores de nitrógeno

La capacidad de fijación del nitrógeno es una cualidad de varios grupos fisiológicos, que tienen en común la característica de ser procarióticos. Entre los microorganismos involucrados en la fijación biológica del Nitrógeno se encuentran bacterias, cianobacterias (algas verdes – azules) y actinomicetes, los cuales pueden fijar el nitrógeno ya sea formando asociaciones o viviendo libremente. El

organismo mejor caracterizado en condiciones aerobias es el *Azotobacter* y en condiciones anaerobias, el mejor caracterizado es el *Clostridium*.

El *Azotobacter*, es un organismo Gram negativo (-), heterótrofo y móvil del suelo, crece en suelos neutros y/o alcalinos y mesofílicos. No prolifera cuando el pH está por debajo de 6. No resultan habituales en poblaciones demasiado extensas. Por ende, no aportan al suelo demasiado nitrógeno fijado. (Caffa y Bernardin, 2006, pág. 3)

Las bacterias fijadoras de nitrógeno son componentes importantes del suelo y requieren una fuente de energía química si no son fotosintéticas, las cuales a su vez utilizan la energía de la luz solar. Entre las bacterias de vida libre pueden encontrarse: anaeróbicas obligadas o facultativas (*Clostridium pasteurianum*, *Klebsiella* spp., *Desulfovibrio* sp.), aeróbicas obligadas (e.j. *Azotobacter* spp., *Beijerinckia* sp.) y fotosintéticas (bacterias púrpuras sulfurosas y no sulfurosas, y bacterias verdes sulfurosas) (Figueroa, 2004, Pág. 2)

Las bacterias aeróbicas dependen fuertemente de las condiciones de humedad, oxígeno y materia orgánica, y las anaeróbicas son predominantes en suelos anegados donde existen las condiciones de humedad y materia orgánica, pero el suministro de oxígeno está restringido.

Las bacterias aeróbicas emplean dos mecanismos de protección de la nitrogenasa: la protección respiratoria, donde se produce una elevada tasa respiratoria a expensas de un alto consumo de energía y carbono, manteniendo una concentración intracelular de oxígeno baja; y una protección conformacional, en la cual la nitrogenasa cambia su disposición a una forma reversible inactiva (Figueroa, 2004, Pág. 4)

Es necesario cumplir tres condiciones para comprobar que la fijación bacteriana del nitrógeno se produce. Primero, debe existir una extensa población de estos organismos, acorde con los niveles de fijación del nitrógeno observados. En

segundo lugar, debe producirse una rápida formación celular, lo que indica que la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) está vinculada al crecimiento. En tercer lugar, el nitrógeno debe ser atmosférico y no orgánico o inorgánico.

La fijación del nitrógeno consume mucha energía. De hecho, los microorganismos deben disponer de un suministro rápido de electrones para que se produzca una fijación de nitrógeno significativa, ya que estos son necesarios, puesto que la fijación de nitrógeno es un proceso reductivo. El carbono reducido es usado por los heterótrofos para obtener electrones, mientras que la energía luminosa es utilizada por los fotótrofos para oxidar el agua o un compuesto de azufre reducido y, de esta manera, obtener los electrones necesarios en condiciones anaerobias. (Caffa y Bernardin, 2006, Pág. 3)

### **1.3.9. La función de los Nutrientes**

Según la FAO e IFA, 2002 (pág. 7 - 11) los nutrientes se dividen en dos categorías:

- a. macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios; y
- b. micronutrientes o micro elementos.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y por ende deben ser aplicados en grandes cantidades si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años o debido a malas prácticas agrícolas, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio.

Mientras tanto los micronutrientes o micro elementos son requeridos sólo en cantidades mínimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo.

El Nitrógeno es el motor del crecimiento de la planta. Suple de 1 - 4 % del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar proteínas y amino ácidos. Al ser el constituyente esencial de las proteínas, se encuentra involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también ya que ayuda a la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo, que suple de 0,1 - 0,4 % del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por este motivo es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta.

El Potasio, que suple del 1 - 4% del extracto seco de la planta. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por tal motivo juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Los nutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio. Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

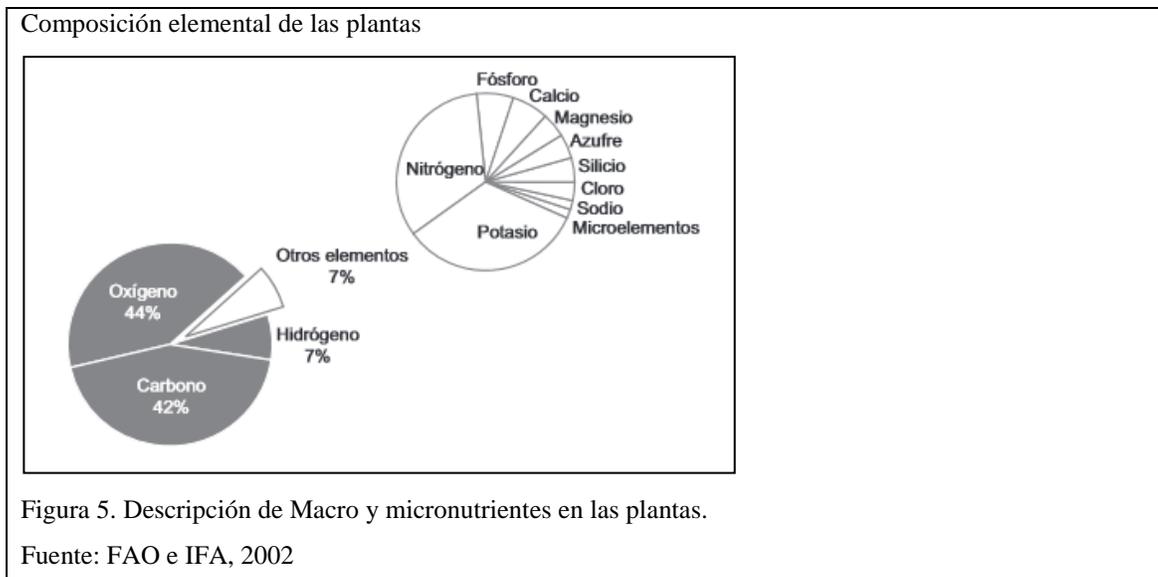
El Magnesio es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un captador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 - 20 % del magnesio presente en la planta se encuentra en las partes verdes. El Magnesio también se encuentra presente en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de las plantas.

El Azufre es un constituyente esencial de proteínas y se encuentra involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas supone del 0,2 - 0,3 % del extracto seco. Por esta razón, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio.

El Calcio es un constituyente del tejido celular de las membranas y es esencial para el crecimiento de las raíces. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Calcio para las plantas el objetivo de la aplicación de Calcio en el suelo es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

Los micronutrientes o micro elementos son el hierro (Fe), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl), el zinc (Zn) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades mínimas. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo.

Algunos nutrientes benéficos importantes para algunas plantas son el Sodio (Na), por ejemplo para la remolacha azucarera, y el Silicio (Si), por ejemplo para las cereales, fortaleciendo su tallo.



### 1.3.10. Equilibrio Nutricional

La relación entre la concentración de un nutriente en una planta o en una parte de la misma y el rendimiento de la misma constituye la base de muchos esquemas para usar el análisis de planta como herramienta para evaluar su estado nutricional. La absorción de Calcio se ve afectada cuando aumenta el pH, así como cuando hay una alta fertilización con Nitrógeno y Potasio. Por ejemplo, cuando el pH del suelo se eleva, baja la correlación Calcio en el suelo y Calcio en planta. La absorción de Magnesio se reduce si el pH es muy bajo, de igual manera cuando hay exceso de potasio. Cuando el pH se incrementa la disponibilidad de los micronutrientes disminuye. (Barbazán, 1998, Pág. 4).

Tabla 4.

Contenido de Nutrientes en la Planta, Función, Movilidad y Síntomas de Deficiencia.

CONTENIDO EN PLANTA	FUNCIÓN	MOVILIDAD EN PLANTA	SÍNTOMA DE DEFICIENCIA
N (1-5 %)	Constituyente de Proteínas (enzimas, nucleoproteínas), aminoácidos, clorofila	Muy móvil	Clorosis, amarillamiento en hojas viejas, o rojizo
P (0.1 - 0.4 %)	Almacenamiento y transferencia de energía (ATP, ADP) . Constituyente de Ac. nucleicos, fitina, fosfolípidos.	Muy móvil	Color verde oscuro de follaje, rojo o púrpura en hojas o peciolo
K (1-5 %)	Translocación, apertura de estomas, balance de cationes y aniones, relación hídrica energética. Activador de enzimas.	Móvil	Hojas viejas clorosis y necrosis cerca de márgenes, clorosis internerval
S (0.1 - 0.4 %)	Síntesis de AA y proteínas. Constituyente de aminoácidos, proteínas, coenzimas, etc.	Variable movilidad	Clorosis general, 1° en hojas jóvenes
Ca (0.2 - 1 %)	Mantenimiento de la membrana, división y elongación celular, balance catiónico y aniónico, osmoregulación. Activador Enzimático.	Inmóvil	Bitter pit en frutales, tomate, puntas quemadas de hojas.
Mg (0.1 - 0.4 %)	Constituyente de la clorofila, sint. de proteínas, activa enzimas. Constituyente de clorofila, ribosomas.	Móvil	Clorosis interneval en hojas viejas
B Monocotiledóneas: 6 - 18 ppm Dicotiledóneas: 20 - 60 ppm	Metabolismo de hidratos de C, RNA, DNA	Inmóvil	Muerte de puntos de crecimiento, hojas mal formadas, frutos deformes, peciolo débiles.
Fe (50 - 250 ppm)	Activa enzimas (citocromos). Producción de clorofila. Oxido-reducción en transporte electrónico.	Inmóvil	Clorosis internerval, 1° hojas jóvenes.
Mn (20 - 500 ppm)	Activa enzimas, metabolismo de COOH, en reacciones de fosforilación, constituyente de cloroplastos	Inmóvil	clorosis internerval, necrosis.
Cu (5 - 20 ppm)	Sint. de lignina, reacciones redox, form. de polen y fertilización.	Variable movilidad	Muerte de hojas jóvenes, clorosis, fallas fertilización, lignificación irregular.
Zn (25 - 150 ppm)	Activa enzimas. Metabolismo de auxinas, sint. de nucleótidos. Constituyente de enzimas.	Variable movilidad	Poco follaje, hojas arrossetadas, clorosis moteado.
Mo (< de 1 ppm)	Fijación de N, reducción del NO <sub>2</sub> ; absorbido. Activa nitrogenasa, nitrato reductasa.	Variable movilidad	Amarillamiento. En coliflor whiptail
Cl (0.02 -0.2 %)	Función no clara. Exceso perjudica a solanáceas	Móvil	
Co (0.02 - 0.5 ppm)	No está probado que sea esencial. Si lo es en leguminosas; en la lehemoglobina. Activa enzimas. Forma vit B <sub>12</sub> .		
Na (0.01 ppm)	Función desconocida. Se lo relaciona con el agua. Fotosíntesis de plantas C <sub>4</sub>		
Si Monocotiledóneas: 0.2-2% dicotiledóneas: 0.02 - 0.2 %	Discutida esencialidad. Requerido en arroz, cebada, caña de azúcar, pero relación no determinada.		Reducción de crecimiento en caña de azúcar y arroz.

Nota:Barbazán, 1998

Los principales mecanismos de ganancia de Nitrógeno son: a) Nitrógeno aportado por las lluvias; b) Nitrógeno proveniente de la fijación no simbiótica; c) Nitrógeno proveniente de la fijación simbiótica; d) Nitrógeno aportado por los fertilizantes y/o abonos orgánicos; e) Nitrógeno proveniente del proceso de mineralización a partir de restos orgánicos.

Los principales mecanismos de pérdida de Nitrógeno son: a) Nitrógeno extraído por los cultivos y los animales.; b) inmovilización c) desnitrificación; d) volatilización; e) lixiviación; f) erosión. (Perdomo, Barbazán, 2001, Pág. 13).

### **1.3.11. Mineralización del Nitrógeno**

La mineralización se usa generalmente para describir la transformación de Nitrógeno orgánico en Nitrógeno inorgánico, ya sea en forma de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$ . El término amonificación se usa generalmente para describir específicamente el paso de Nitrógeno orgánico a  $\text{NH}_4^+$ . Esto se debe en parte a que el  $\text{NH}_4^+$  es la forma inmovilizada de Nitrógeno, el proceso de mineralización hasta  $\text{NH}_4^+$  es realizado por los microorganismos heterótrofos del suelo, los cuales utilizan como fuente de energía a las sustancias orgánicas carbonadas.

Algunos de los factores que más inciden en la tasa de mineralización son la humedad y temperatura del suelo. Debido a esta multiplicidad de factores, es de resaltar que en el campo raramente se dan todas las condiciones para que ocurra una óptima mineralización. Debido también a los numerosos factores que la afectan, los suelos difieren enormemente en su capacidad de mineralizar Nitrógeno. (Perdomo, Barbazán, 2001, Pág. 13 – 16).

- Humedad del suelo: La mineralización es muy baja en suelos secos, pero aumenta rápidamente cuando el contenido de agua en el suelo aumenta.

- Reacción del suelo: Como la flora capaz de mineralizar es muy amplia, no existe un pH óptimo definido para este proceso. Sin embargo, el pH del suelo puede incidir en la tasa de mineralización del Nitrógeno. Aunque existen reportes contradictorios con lo que respecta al pH, se ha encontrado por ejemplo, que la tasa de mineralización aumenta cuando los suelos tienen pH ácido.
- Temperatura: La mineralización del Nitrógeno es muy reducida a bajas temperaturas porque se limita la actividad de los microorganismos, sucediendo lo mismo a temperaturas muy elevadas. (Perdomo, Barbazán, 2001, Pág. 13 – 16).

## **1.4. El Fréjol**

### **1.4.1. Origen**

Es una planta originaria de América Central y sur de México. Cultivada desde la antigüedad. A Europa fue llevada poco después del descubrimiento de América y desde entonces su cultivo ha ido adquiriendo importancia creciente de acuerdo a la capacidad de adaptación, se ha extendido por los dos hemisferios en la zona tropical, subtropical y templada. (Carrera y Canacuán, 2011, Pág. 5-11).

El cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es común entre los pequeños productores de América Central y del Sur, y es la principal fuente proteica para una parte significativa de la población en gran número de zonas en las que la agricultura de subsistencia es la principal actividad productiva. La superficie cultivada en la sierra ecuatoriana hasta 1995 fue de 37820 hectáreas de fréjol asociados con maíz y 38450 hectáreas de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) arbustivo. (Carrera y Canacuán, 2011, Pág. 5-11).

### 1.4.2. Clasificación botánica

Tabla 5.

Clasificación Botánica del Fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>Clase:</b>	<i>Angiospermae</i>
<b>Orden:</b>	Rosales
<b>Familia:</b>	<i>Leguminosae</i>
<b>Subfamilia</b>	<i>Fabaceae</i>
<b>Género:</b>	<i>Phaseolus</i>
<b>Nombre Científico</b>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
<b>Nombre Común</b>	Frejol

Nota: (Carrera y Canacuán, 2011, Pág. 5-11).

### 1.4.3. Requerimientos Básicos del Cultivo de Fréjol

- Suelo: “Los suelos francos, fértiles, sueltos, permeables, con buen drenaje; son los más indicados. El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es muy sensible a los encharcamientos. La planta de fréjol no tolera suelos calcáreos, arenosos y arcillosos.” (INIAP, 1995, pág. 10).
- pH: El pH óptimo está entre 6.5 y 7.5
- Temperatura: “El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es susceptible a las heladas, no resiste temperaturas inferiores a -2°C; el rango de temperatura está entre 13 y 26 °C dependiendo la variedad.” (INIAP, 1995, pág. 10).
- Pluviosidad: “El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) crece en zonas, con 800 a 2000 mm anuales de precipitación.” (INIAP, 1995, pág. 24).

**1.4.4. Fréjol (*Phaseolus vulgaris*) INIAP – 427 “LIBERTADOR” Rojo Moteado Variedad utilizada en la evaluación.**

“La línea ADN 883 que dio origen a la variedad INIAP 427 —Libertador proviene de la cruce realizada en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), entre las líneas G12722 x G21720” (INIAP, 1995, pág. 8).

Esta línea se encuentra registrada en el Departamento de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU 17260.El método de mejoramiento genético fue de introducción y selección, donde se realizo ensayos de adaptación, rendimiento y fijación biológica de nitrógeno en las localidades de Tumbaco (Pichincha) y Mira (Carchi). (INIAP, 1995, pág. 8).

**1.4.4.1. Características importantes**

Tabla 6.

Características Importantes del Fréjol (*Phaseolus vulgaris*L.)

Hábito de crecimiento:	Indeterminado
Altura de planta:	45 a 65 cm
Color de la flor:	Blanca
Largo de la vaina:	10 a 13 cm
Color del grano tierno:	Blanco
Color del grano seco:	Rojo moteado
Forma del grano:	arriñonado
Tamaño del grano seco:	Grande
Días a floración:	75 a 85
Días a la cosecha en verde:	135 a 142
Día a la cosecha en seco:	155 a 175
No. De vainas por planta:	8 a 12
No. De granos por vaina:	3 a 4
Peso de 100 granos secos (g):	50 a 58
Peso de 100 granos tiernos (g):	100 a 115

Nota:(Carrera y Canacuán, 2011, Pág. 5-11).

### 1.4.5. Requerimientos de Nutrientes del Fréjol

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) absorbe cantidades altas de Nitrógeno, Potasio y Calcio y en menor cantidad Azufre, Magnesio y Potasio. La información que se muestra en la tabla 7 da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el fréjol. Los contenidos de Nitrógeno en la planta expresados en relación a su peso seco total generalmente oscilan entre 1 y 5%. (Perdomo y Barbazán, 2001, pág. 51).

Tabla 7.

Exigencias minerales del Fréjol

Composición de la Cosecha	Kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15

Nota: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, 2007, pág. 61

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó en dos fases; fase de campo y fase de laboratorio.

#### 2.1. Fase de Campo.

##### 2.1.1. Ubicación del lugar de muestreo de *Canchaqui* (*Tournefortia scabrada* Kunth).

Con la ayuda de un guía de la zona se determinó la zona donde habita la especie en estudio, la cual abarca aproximadamente 10 hectáreas de donde se escogió 25 puntos para la recolección de las muestras. Las muestras (planta y suelo) fueron obtenidas en la Zona de Malchingui.

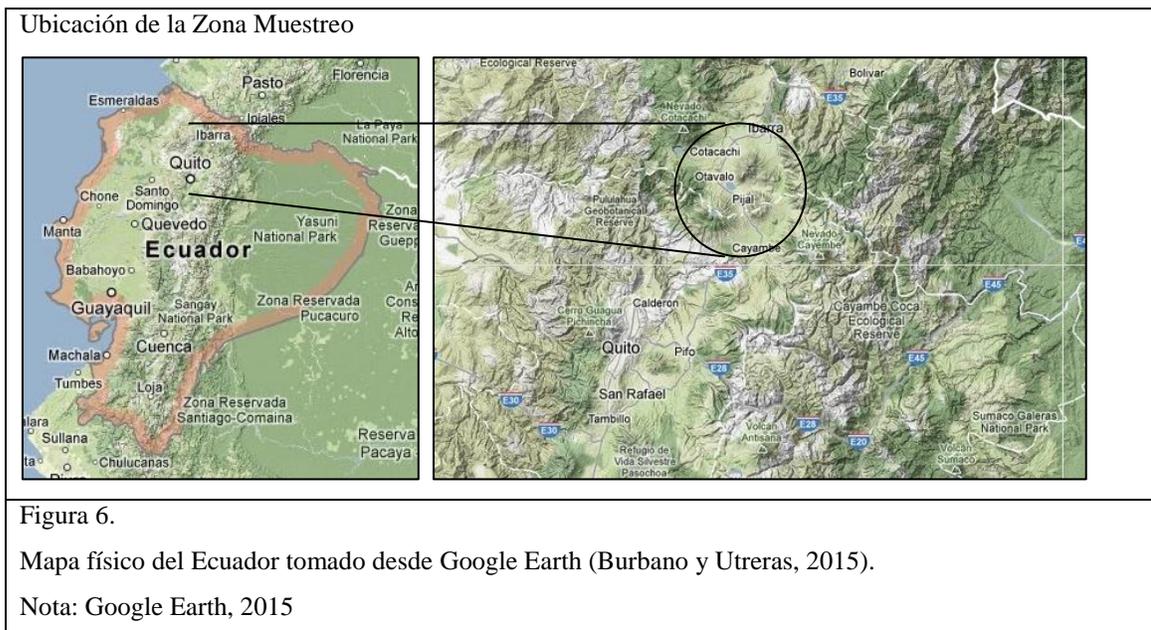


Tabla 8.

Posición Geográfica del lugar de Muestreo

<b>Provincia</b>	Imbabura
<b>Cantón</b>	Otavalo
<b>Parroquia</b>	Malchingui
<b>Latitud:</b>	0°05'35.8"N
<b>Longitud:</b>	78°17'50.7"W
<b>Altitud:</b>	3200 m.s.n.m. +/- 39 pies

Elaborado por: Burbano y Utreras 2014

### **2.1.2. Recolección de las muestras foliares de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth).**

#### a. Materiales y Equipos

##### Materiales

- Guantes estériles
- Fundas
- Etiquetas.

##### Equipos

- Barreno
- Pala
- Baldes Plásticos
- Balanza
- Cooler

#### b. Procedimiento

Cada muestra correspondió a una parcela única identificada, donde la especie en estudio habita. Se recorrió la zona muestreada en forma de zig-zag, tomando muestras de 25 árboles que presentaron una apariencia saludable.

De cada planta se recolecto la hojarasca ubicada alrededor de cada árbol, hasta completar una cantidad de 75 hojas que corresponde aproximadamente a 100 gramos, cantidad necesaria para realizar los análisis en el laboratorio.

Estas hojas se colocaron dentro de una bolsa plástica perforada, se procuró recolectar hojas sanas y completas, estas fueron identificadas de forma clara y con información detallada del lugar, hora y fecha de muestreo.

Las muestras se guardaron de inmediato en un cooler para mantenerlas a una temperatura de 8°C

Posteriormente se enviaron al Laboratorio de fitosanidad de la Agencia Nacional del Aseguramiento de Agro, AGROCALIDAD para realizar los análisis fisicoquímicos siguiendo normas estandarizadas.

#### Preparación de Muestras

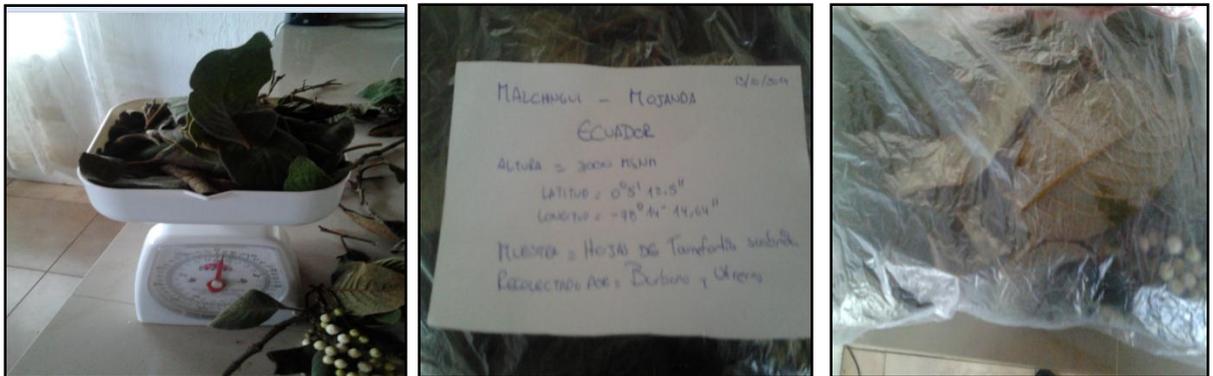


Figura 7. Preparación de Muestras de Hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth)

Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

Muestreo de Suelo y Hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth)

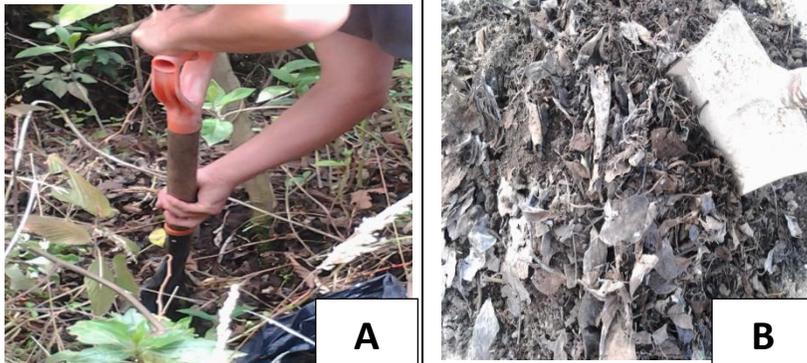


Figura 8. A) Muestreo de suelo donde habita el Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth). B) Muestreo de hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth).

Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

### 2.1.3. Metodología para la recolección de muestras de Suelo

#### a. Materiales y Equipos

##### Materiales

- Guantes estériles
- Fundas
- Etiquetas.

##### Equipos

- Barreno
- Pala
- Baldes Plásticos
- Balanza
- Cooler

## b. Procedimiento

Se tomaron 20 submuestras correspondientes a la parcela. El muestreo se realizó en zigzag por todo el lote, evitando lugares especiales tales como canales, zonas muy erosionadas, zonas inundables, alambrados, (San Martino, 2008, Pág. 16).

Se limpió la superficie del terreno y se realizó un hueco en forma de “V” de 30 cm de profundidad con la ayuda de una pala. Se depositó las submuestras en un balde y se repitió la operación con las 20 submuestras realizadas. Luego, se mezclaron todas las submuestras en un balde plástico, y se procedió a desmenuzar bien el suelo retirando materiales extraños y restos vegetales. (San Martino, 2008, Pág. 16).



## 2.1.4. Área de Ensayo

### 2.1.4.1. Ubicación

El cultivo evaluación se llevó a cabo en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Tumbaco en el sector de Rumihuaico, ubicado a una altura aproximada de 2200 m.s.n.m. para lo cual se destino 100 metros cuadrados de terreno.

Tabla 9.

Ubicación del lugar del cultivo de ensayo

Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Parroquia	Tumbaco
Latitud:	0°13'21.8"S
Longitud:	78°24'18.4"W
Altitud:	2200 m.s.n.m. +/- 39 pies

Elaborado por: Burbano y Utreras 2014

#### **2.1.4.2. Labores Pre-Culturales y Culturales para el cultivo del Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).**

- a. Preparación del Terreno: Se seleccionó el área de terreno donde se realizó el ensayo, se procedió a limpiar el terreno. Se realizaron surcos separados entre sí a una distancia de 60 centímetros.
- b. Preparación de la Semilla: Se trató la semilla con Flutonalil más Captan (fungicida) y Acefato (insecticida), 0.6 gramos de cada uno respectivamente por cada 2 kilogramos de semilla. Se utilizó 2 kg. de semillas.
- c. Siembra: La siembra se realizó en surcos, se depositaron 4 semillas a una profundidad de 4 centímetros, y a una distancia de separación de siembra de 50 centímetros.
- d. Fertilización: Por efecto del presente estudio, se utilizó como fertilizante la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth).
- e. Riego: Los riegos fueron ligeros y frecuentes utilizando una regadera. Se aplicó el riego cada 3 días dependiendo del clima aplicando 50 milímetros de agua

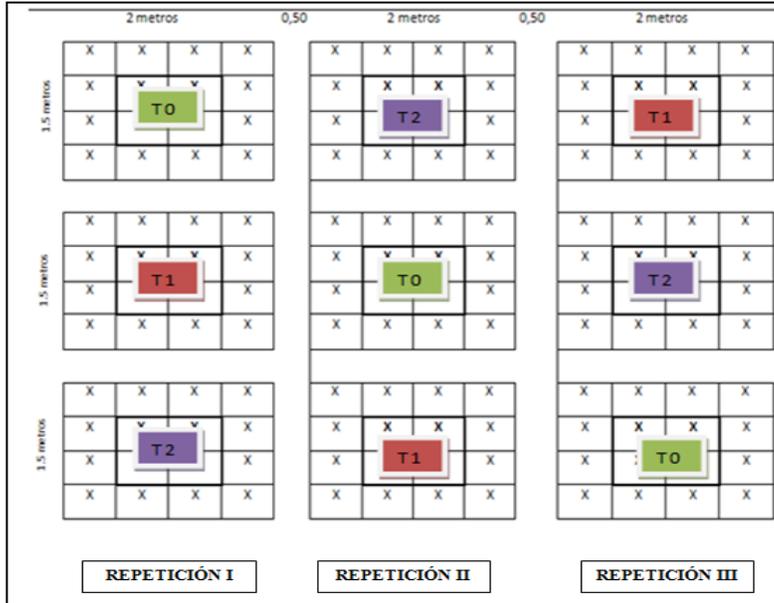
porplanta, según la bibliografía. (García, 2009, Pág. 5) Tomando en cuenta las precipitaciones dadas en la zona durante el desarrollo del cultivo.

f. Toma de datos: Al iniciar la siembra del fréjol se tomo datos pasando un día resaltando las características más importantes, como fue el brote de la plántula, inicio de floración, tamaño de las hojas y la diferencia entre los tratamientos.

#### ***2.1.4.3. Preparación de los Tratamientos para la evaluación de las hojas de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), en el cultivo ensayo***

Se sembró el Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), en un terreno ubicado en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia de Tumbaco en una extensión de 100 metros cuadrados. Evaluándose 3 tratamientos (ver tabla 10), de donde se tomaron muestras foliares y de suelo de cada tratamiento para los análisis en el laboratorio de cada parcela neta como se muestra en la Figura 10.

## Disposición del Ensayo en Campo



Donde:

La parcela neta se encuentra señalada en la parte central de cada tratamiento comprendida por 4 plantas, y las 12 restantes conforman el efecto de borde para el ensayo.

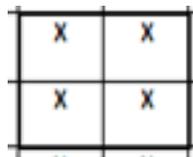


Figura 10. Disposición del Ensayo en Campo según los diferentes tratamientos.

Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

Tabla 10.

Descripción de tratamientos

Nº	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PERIODO PARA LA FETILIZACIÓN	FRECUENCIA
1	T0	Suelo sin hojarasca de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth)	No se aplica fuente fertilizante	NUNCA
2	T1	Suelo + 0,5kilogramos de hojarasca de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth)	A los 8 días de la germinación	1 SOLA VEZ
3	T2	Suelo + 1,0 kilogramo de hojarasca de Canchaqui ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth)	A los 8 días de la germinación	1 SOLA VEZ

Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014

### 2.1.5. Método de Evaluación de las variables

- **Altura de planta:** Esta variable se evaluó cuando las plantas de cada tratamiento alcanzaron el 80% del crecimiento a partir del período de floración y se expresó en cm, se tomó las medidas desde el suelo hasta la inflorescencia terminal de 4 plantas correspondientes a la parcela neta de cada tratamiento. Las medidas se tomaron 2 veces por semana.
- **Número de vainas por planta:** Se contó la totalidad en número de vainas que presentaron las plantas correspondientes a la parcela neta de cada tratamiento y se estableció el promedio.

- Número de granos por vaina: Se contó la totalidad de los granos que presentaron las vainas presentes en la totalidad correspondiente a la parcela neta de cada tratamiento y se estableció el promedio.

## **2.2. Fase de Laboratorio**

Los análisis de laboratorio se los realiza en el laboratorio de Suelos, Foliare y Agua de AGROCALIDAD bajo métodos estandarizados y descritos a continuación.

### **2.2.1. Análisis de Nitrógeno en muestras foliares, método Kjeldahl modificado para incluir nitratos.**

#### a. Materiales y Equipos

##### Materiales

- 1 Matraz micro-Kjeldahl
- 1 Matraz erlenmeyer de 125 ml
- 2 Probeta de 25 ml
- 1 Bureta o titulador automático
- 1 Tamiz de 20 mallas
- 2 Vasos de Precipitación de 100 ml
- 2 Vasos de Precipitación de 1L
- 1 Mortero
- 2 Matraz aforado de 1L

##### Equipos

- 1 Block digestor
- 1 Aparato de destilación por arrastre de vapor.
- 1 Balanza

#### b. Procedimientos de preparación de reactivos.

- Procedimiento de mezcla de ácido sulfúrico con ácido salicílico: Se disuelven 50 g de ácido salicílico ( $C_7H_6O_3$ ) en 2 L de  $H_2SO_4$  concentrado.
- Preparación y mezcla de indicadores: Se disuelven 0.099 g de bromocresol y 0.066 g de rojo de metilo ( $C_{15}H_{15}N_3O_2$ ) en 100 ml de alcohol etílico a 95% (preparar en el momento de usar).
- Preparación de ácido bórico con indicador: Colocar 20 g de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) en un vaso de precipitado de 1 L, se adicionan 900 ml de agua, se calienta y se agita hasta la completa disolución del ácido. Se enfría la solución y se agregan 20 ml de la mezcla de indicadores. El pH de la mezcla  $H_3BO_3$  e indicador debe ser de 5.0, si fuese más ácido se agregan cuidadosamente gotas de NaOH 0.1 N hasta que la solución adquiera una coloración púrpura rojiza o se alcance el pH indicado, se completa a 1 L con agua y se mezcla.
- Preparación y mezcla de catalizadores: Se muele en un mortero y se mezcla 1 kg de Sulfato de Potasio ( $K_2SO_4$ ), 100 g de Sulfato de Cobre pentahidratado ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) y 10 g de selenio metálico. La mezcla se muele hasta alcanzar textura de polvo impalpable y se homogeniza perfectamente para evitar segregación de las partículas de los componentes.
- Preparación de hidróxido de sodio 10 N: Se colocan 400 g de Hidróxido de Sodio (NaOH) en un matraz aforado de 1 litro. Se adicionan 400 ml de agua y se agita hasta que el hidróxido se disuelva. Se deja que la solución se enfríe. Se completa al volumen indicado con agua de igual calidad y se agita vigorosamente. El hidróxido de sodio libre de  $CO_2$  debe protegerse del  $CO_2$  atmosférico, para lo cual debe mantenerse perfectamente tapado.
- Preparación de agua libre de  $CO_2$ : Se hierve el agua necesaria en un matraz erlenmeyer durante 15 minutos, se tapa con un vaso de precipitado y se enfría.

- Preparación de anaranjado de metilo: Se disuelven 0.01 g de anaranjado de metilo ( $C_{14}H_4N_3NaO_3S$ ) en 100 ml de agua.
- Preparación de tiosulfato de sodio: Se muele el tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ), debe pasar el tamiz de 20 mallas.
- Preparación de ácido sulfúrico 0.05 N: Se diluyen 1.4 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) en agua y se enrasa a 1 L. Se estandariza con Carbonato de Sodio ( $Na_2CO_3$ ) seco. Se pesan 0.2500 g de dicha sal y se disuelven en 50 ml de agua libre de  $CO_2$ . Se agregan cinco o seis gotas de anaranjado de metilo a 1 % y se titula con el ácido cuya concentración se quiere conocer. Es conveniente hacer mínimo dos repeticiones. (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

c. Procedimiento para el análisis.

- Digestión: Se pesan 0.1 g de muestra y se colocan en un matraz Kjeldahl. Se adicionan 4 ml de la mezcla de ácidos sulfúrico - salicílico, cuidando que ésta se ponga en íntimo contacto con la muestra. El  $H_2SO_4$  es un mal agente mojante por lo que la impregnación de la muestra se debe favorecer agitando suavemente el contenido del tubo. Simultáneamente se corren blancos de reactivos.

Se deja en reposo. Se añaden 0.5 gramos de Tiosulfato ( $Na_2S_2O_3$ ) a través de un embudo de tallo largo para alcanzar el bulbo del matraz. Se calienta cuidadosamente la mezcla hasta que cese la formación de espuma. Se debe evitar que la espuma suba por el cuello del matraz. Esto se logra mezclando bien el  $Na_2S_2O_3$  con el ácido y calentando suavemente al inicio de la digestión. Una vez terminada esta fase, para la cual bastan de 5 a 15 minutos, se adicionan 1.1 gramos de mezcla catalizadora.

Se digiere nuevamente y se aumenta la temperatura. La placa de digestión debe alcanzar entre 360 y 390 grados centígrados para permitir la ebullición de la mezcla de ácido con sales que se adicionan al suelo. Temperaturas inferiores o superiores a

ésta pueden provocar recuperación incompleta o pérdidas de Nitrógeno, respectivamente.

Después de una corta ebullición la mezcla se aclara. Cuando se alcanza este punto, se bulle lentamente por una hora adicional para el caso de muestras de rutina. Cuando se desea una recuperación entre 99 y 100%, se debe bullir por 5 horas después de clarear.

La temperatura en esta fase debe regularse para que los vapores de  $H_2SO_4$  se condensen en el primer tercio inferior del cuello del matraz. Cuando la digestión esté completa se enfría y se agregan 3 mililitros de agua. Se agita vigorosamente para disolver el material soluble.

- Destilación: Se transfiere el contenido al bulbo de la cámara de destilación del aparato. Se lava el tubo con pequeñas porciones de agua, para tener 7 mililitros. Se coloca en el tubo de salida del aparato de digestión un matraz erlenmeyer de 125 mililitros con 10 mililitros de la solución de  $(H_3BO_3)$  ácido bórico con indicador. Se adicionan 10 mililitros de NaOH 10Normal. al bulbo de destilación. Se conecta el flujo de vapor y se inicia la destilación. Se destilan 75 mililitros y se lava el condensador.

El nitrógeno amoniacal se determina por titulación con ácido 0.05 Normal. Se sugiere utilizar una microbureta de 10 mililitros con graduaciones de 0.02 mililitros o un titulador automático. El punto de equivalencia de la titulación ocurre cuando la solución vira de verde a rosado. (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

### **2.2.2. Análisis de nitrógeno total, método Kjeldahl para suelos.**

a. Materiales y equipos

Materiales

- 1 matraz Kjeldahl

- 5 tubos de ensaño
- 1 Matraz erlenmeyer de 125 mililitros
- 1 Probeta de 25 mililitros
- 1 Bureta de 10 mililitros
- 1 Mortero
- 1 Tamiz
- 1 Microbureta de 10 mililitros con graduaciones de 0.02 mililitros
- 1 Gradilla
- 1 Trípode
- 1 Malla de Amianto

#### Equipos

- Balanza analítica
- Mezclador Vórtex
- Fotocolorímetro y celdas,
- Estufa.

#### b. Preparación de reactivos para Kjeldahl.

- Preparación y mezcla de indicadores: Disolver 0.099 gramos de verde de bromocresol y 0.066 gramos de rojo de metilo ( $C_{15}H_{15}N_3O_2$ ) en 100 mililitros de alcohol etílico a 95% (preparar en el momento de usar).
- Preparación de ácido bórico con indicador: Colocar 20 gramos de  $H_3BO_3$  en un vaso de precipitado de 1 L, se adicionan 900 mililitros de agua, calentar y agitar hasta la completa disolución del ácido. Enfriar la solución y se agregan 20 mililitros de la mezcla de indicadores. El pH de la mezcla  $H_3BO_3$  e indicador fue de 5.0, completar a 1 litro con agua y mezclar.

- Preparación de mezcla de catalizadores: Moler en un mortero y se mezcla 1 kilogramo de  $K_2SO_4$  y 100 gramos de  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  y 10 gramos de selenio metálico. La mezcla se muele hasta alcanzar textura de polvo impalpable y se homogeniza perfectamente para evitar segregación de las partículas de los componentes.
- Preparación de hidróxido de sodio 10 N: Colocar 400 gramos de NaOH en un matraz aforado de 1 litro. Adicionar 400 mililitros de agua y se agita hasta que el hidróxido se disuelva. Dejar que la solución se enfríe. Completar al volumen indicado con agua de igual calidad y se agita vigorosamente. El hidróxido de sodio libre de  $CO_2$  debe protegerse del  $CO_2$  atmosférico, para lo cual debe mantenerse perfectamente tapado.
- Preparación de agua libre de  $CO_2$ : Hervir el agua necesaria en un matraz erlenmeyer durante 15 minutos, se tapa con un vaso de precipitado y se enfría.
- Preparación de ácido sulfúrico 0.05 N: Se diluyeron 1.4 mililitros de  $H_2SO_4$  en agua y se enrasa a 1 litro. Se estandarizó con  $Na_2CO_3$  seco. Se pesó 0.2500 g de dicha sal y se disuelven en 50 mililitros de agua libre de  $CO_2$ . Se agregan cinco o seis gotas de anaranjado de metilo a 1 % y se titula con el ácido cuya concentración se quiere conocer. (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

c. Procedimiento para el análisis.

- Digestión: Se pesaron 0.5 gramos de muestra para suelos con 4% de materia orgánica. Se adicionarán 4 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se dejará en reposo toda la noche. Simultáneamente se corren blancos de reactivos. Se agregará 1.1 g de mezcla catalizadora y se calentará hasta que el digestado se torne claro ( $260\text{ }^\circ\text{C}$ ). Se bulle la muestra 1 hora a partir de ese momento. La temperatura en esta fase se debe regular de modo que los vapores de ácido sulfúrico se condensen en el interior del cuello del tubo de digestión.

Completada la etapa anterior, se dejará enfriar el tubo y se agregará suficiente agua para colocar la suspensión, mediante agitación, el digestado (4 a 5 mililitros son suficientes). Se dejó decantar las partículas de sílice con lo que se evita la precipitación de cristales de sulfato de amonio.

- Destilación: Se transferirá el contenido al bulbo de la cámara de destilación del aparato. Es conveniente lavar el matraz de digestión dos o tres veces con pequeñas porciones de agua, adicionarlas junto con la muestra a la cámara. Se colocará en el tubo de salida del aparato de digestión un matraz Erlenmeyer de 125 ml con 10 ml de la solución de  $H_3BO_3$  ácido bórico con indicador. Se adicionan 10 ml de NaOH 10 N al bulbo de destilación. Se conecta el flujo de vapor y se inicia la destilación. Se destilan 75 mililitros y se lava el condensador.

El nitrógeno amoniacal se determina por titulación con ácido 0.05 N. Utilizar una microbureta de 10 mililitros con graduaciones de 0.02 mililitros. El punto de equivalencia de la titulación ocurre cuando la solución vira de verde a rosado.(Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

### **2.2.3. Nitrógeno inorgánico extractable en KCl 2N**

#### **a. Materiales y Equipos**

- Aparato de destilación por arrastre de vapor con generador de vapor.
- Microburetas de 5 o 10 mililitros graduada en intervalos de 0.01 mililitros o aparato de titulación automática.
- Tubos de polietileno de 10 mililitros o frascos erlenmeyer de 125 ml.
- Agitador magnético y barras de hierro recubiertas con plástico.
- Matraces erlenmeyer de 50 mililitros.
- Pipetas volumétricas de 5 y 10 mililitros.
- Agitador de vaivén (180 oscilaciones por minutos).
- Dispensadores de 0.2 g para MgO y aleación de Devarda, respectivamente.
- Dispensador para solución de  $H_3BO_3$

b. Reactivos

- Oxido de magnesio.
- Solución de ácido bórico con indicador
- Mezcla de indicadores. verde de bromocresol y rojo de metilo en etanol al (96%).
- Aleación de Devarda.
- Ácido sulfúrico 0.005N
- Solución patrón de 50 ppm de N-NH<sub>4</sub> y 50 ppm N-NO<sub>3</sub>.

c. Procedimiento Determinación de nitrógeno inorgánico.

- Pesar 5 gramos de suelo y colóquelo en un frasco cuadrado de plástico tubo de polietileno de 100 mililitros de capacidad o en un matraz erlenmeyer de 125 mililitros.
- Agregar 50 mililitros de solución de KCl 2N: pesar 149.1 gramos de KCl/L de agua.
- Agitar por 60 minutos en agitador de vaivén regulado a 180 Oscilaciones por minuto y dejar decantar por 60 minutos
- Poner 10 mililitros de solución H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> con indicador en un matraz erlenmeyer de 50 ml y colocar en el tubo de salida del refrigerante, de modo que éste quede a unos 4 cm del líquido.
- Pipetear una alícuota de 10 mililitros a un matraz de destilación y agregar 0.2 gramos de MgO calcinado y aleación de Devarda.
- Conectar el aparato de destilación y destilar hasta completar 75 mililitros en 4 minutos (6 a 7 ml/min.).
- Titule la muestra y los blancos con ácido sulfúrico 0.005N.(Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

#### 2.2.4. Determinación de pH en suelos

La determinación del pH de una muestra de suelo se determina mediante un pH-metro.

a. Materiales y Equipos

- Agitador
- Vasos de precipitados
- Vasos de plástico.
- Balanza.
- Triturador.
- Agitador.

b. Reactivos

- Soluciones patrón de pH 4 y 7
- Agua destilada.

c. Procedimiento experimental.

Para determinar el pH de una muestra de suelo, pesar una masa de muestra (Masa = 10 gramos) y adicionar un volumen de agua destilada (Volumen = 25 mililitros). A continuación, agitar durante un periodo de 10 minutos en el agitador. Transcurridos los 10 minutos, la muestra se retira del agitador y se deja en reposo durante 5 minutos. Finalmente, se determina el pH de la muestra con el dato que indica en el display del pH-metro. (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

**2.2.5. Determinación de materia orgánica para suelos y muestras foliares**

a. Materiales y Equipos

- Matraz erlenmeyer (V = 500 ml).
- Barras agitadoras.
- Buretas.
- Agitador magnético.
- Balanza.

b. Reactivos

- Dicromato potásico 1Normal
- Ácido sulfúrico concentrado conteniendo 25 gramos de  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  por litro.
- Ácido fosfórico concentrado.
- Sulfato ferroso amónico (Sal de Mohr) 0,5 Normal

c. Procedimiento experimental.

- Pesar 1 gramo de muestra
- Introducir en un erlenmeyer.
- Añadir con la ayuda de un dosificador 10 mililitros de dicromato potásico 1N imprimiendo un movimiento de giro al matraz para asegurar una mezcla adecuada con la muestra
- Adicionar lentamente con agitación lenta, 20 mililitros de ácido sulfúrico concentrado, dejando la mezcla en reposo durante 30 minutos.
- Añadir 200 mililitros de agua, y dejar enfriar
- Agregar 10 mililitros de ácido fosfórico concentrado introduciéndose también en el matraz una barra agitadora.
- Adicionar a la mezcla, 4 o 5 gotas del indicador difenilamina y valorar con sal de Mohr mediante bureta y utilizando agitador magnético hasta cambio de color.
- La coloración tiene un viraje del color rojo burdeos a verde brillante, pasando por tonos azules violáceos. (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

**2.2.6. Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn) en suelo y foliar.**

a. Materiales y Equipos

- Material de laboratorio.
- Vasos de plástico.
- Probeta (V = 50 ml)
- Tubos para FAAS.
- Gradilla.
- Balanza.

- Agitador.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica en Llama (FAAS).

b. Reactivos

- Ácido Dietilenotriaminopentaacético (DTPA).
- Patrones de los elementos que se desean determinar.

c. Procedimiento experimental.

- Pesar una masa de muestra (masa = 20 gramos)
- Adicionar un volumen de DTPA (V = 40 mililitros).
- Agitar la mezcla durante dos horas y transcurrido este tiempo,
- Filtrar este extracto
- Hacer las diluciones necesarias y medir los micronutrientes mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (FAAS). (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

**2.2.7. Determinación de macronutrientes (Na, K, Ca, Mg) en suelo y foliar**

La determinación de y medición de Macronutrientes se basa en la extracción de los analitos con acetato amónico y posterior medición de la absorbancia de los macronutrientes mediante Espectroscopía de Absorción Atómica en Llama (FAAS).

a. Materiales y Equipos

- Material de laboratorio.
- Vasos de plástico.
- Probeta (V = 50 ml).
- Tubos para FAAS.
- Gradilla.
- Balanza.
- Agitador.

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

b. Reactivos

- Acetato amónico.
- Patrones de los analitos que se desea determinar.

c. Procedimiento experimental.

- Pesar una masa de muestra (masa = 5 gramos)
- Adicionar un volumen de acetato amónico (Volumen = 50 mililitros).
- Agitar la mezcla resultante durante 30 minutos y transcurrido este tiempo, filtrar. Proceder a realizar diluciones necesarias para medir los macronutrientes mediante la técnica de Espectroscopía de Absorción Atómica en Llama (FAAS). (Álvarez y Marín, 2011, Pág. 15 - 30)

### 2.2.8. Proceso de análisis

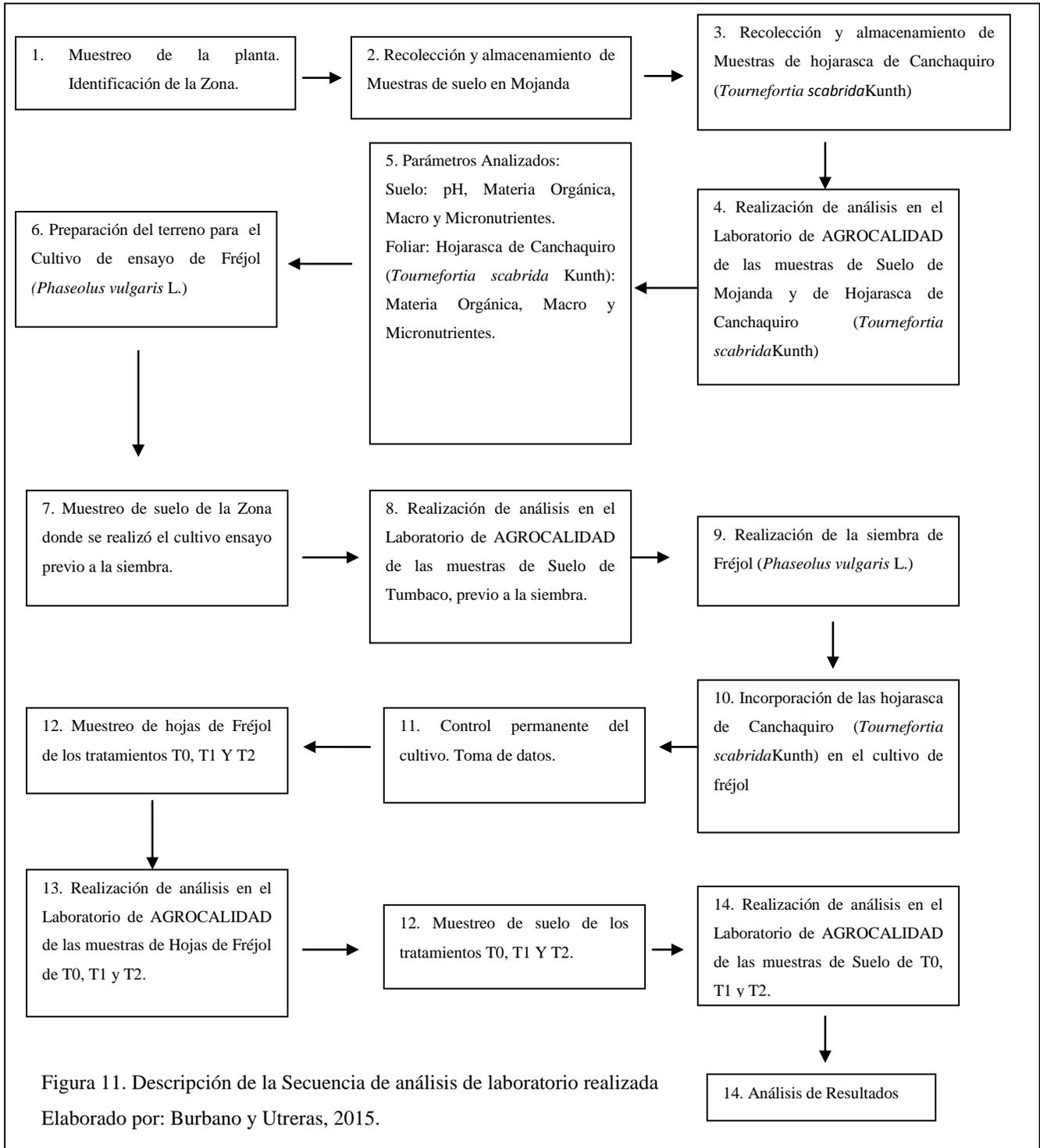


Figura 11. Descripción de la Secuencia de análisis de laboratorio realizada  
Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de los análisis y la discusión de lo realizado en el ensayo para la fase de campo y fase de laboratorio; identificando cada una de las variables evaluadas en cada tratamiento y enfocada en el cumplimiento de los objetivos planteados, de esta manera se obtuvieron los resultados descritos a continuación.

Para analizar los datos se obtuvo los promedios de los resultados, los cuales fueron comparados entre sí.

#### 3.1. Análisis de los resultados obtenidos en el Laboratorio de AGROCALIDAD para el suelo de Mojanda - Imbabura

Tabla 11.

Resultados de los Análisis de Laboratorio para las muestras de suelo de Mojanda - Imbabura.

<b>CONTENIDO DE M.O., % NITRÓGENO, MACRO Y MICRONUTRIENTES DEL SUELO DE MOJANDA - IMBABURA</b>		
<b>PARÁMETRO ANALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>SUELO MOJANDA</b>
pH	-	6,22
Materia Orgánica	%	7,22
Nitrógeno	%	0,36
<b>MACRO Y MICRONUTRIENTES</b>		
Fósforo	ppm	5,68
Potasio	cmol/kg	1,95
Calcio	cmol/kg	14,96
Magnesio	cmol/kg	2,67
Hierro	ppm	524,56
Manganeso	ppm	16,15
Cobre	ppm	11,91
Zinc	ppm	7,32

Nota: AGROCALIDAD, 2015

La tabla 11 muestra los resultados obtenidos en el Laboratorio de AGROCALIDAD para las muestras de suelo de Mojanda – Imbabura, donde crece el Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth):

pH: Se registró un valor promedio de pH de 6,22 para el suelo de Mojanda - Imbabura. Estos valores según AGROCALIDAD (2015), corresponde a suelos ligeramente ácidos. Tanto suelos intervenidos como no intervenidos son clasificados como andosoles alofánicos, por tener valores de pH superior a 5, estos valores son comunes de los suelos derivados de cenizas volcánicas, por sus altos contenidos de hierro. (Podwojewski & Poulénard, 2000).

La acidez de estos suelos puede ser ocasionada por la pérdida de cationes, que contribuyen a la acidificación. Campillo (2014), menciona que, la remoción de cationes es causada por acción del drenaje y la permeabilidad. Tales factores son característicos de clases texturales arenosas, como el suelo de la zona del Páramo de Mojanda que presenta textura Arenosa - Franco.

Materia orgánica: La materia orgánica en el suelo, donde habita el Canchaquiro, (*Tournefortia scabrida* Kunth) presenta un porcentaje de 7,22 %, según AGROCALIDAD (2015), el rango porcentual alto para un suelo, debe ser mayor al 2%. Probablemente esto se deba a las bajas temperaturas de la zona ya que según Podwojewski y Poulénard (2000) a temperaturas entre 5 – 12 °C, la actividad biológica se reduce. Como consecuencia, la mineralización de la materia orgánica baja y eso permite su acumulación en grandes cantidades.

El contenido de materia orgánica del suelo de un sistema natural determinado tiende a permanecer relativamente constante, y el nivel de equilibrio al que se llega depende del clima, del tipo de suelo y del tipo de cobertura vegetal. (Perdomo, 2001, pág. 13). Más del 95% del Nitrógeno y entre el 20-75% del Fósforo están en la materia orgánica. La materia orgánica es anfotérica, es decir tiene cargas positivas y negativas, esta generalmente posee carga negativa, por esta razón, el Calcio (14,96%), Magnesio

(2,67%), y Potasio (1,95%) está ligado electrostáticamente a la materia orgánica del suelo.

Nitrógeno: La tabla 11 expresa un promedio de 0,36 % de Nitrógeno total, según AGROCALIDAD (2015), es considerado como un porcentaje alto a partir de >0,31%.

Probablemente esto deba a que en sistemas naturales que no han sido alterados por el hombre la mayoría del nitrógeno inorgánico que toman las plantas deriva del Nitrógeno de la Materia Orgánica y al encontrarse la materia orgánica en un porcentaje elevado, esta debe estar aportando significativamente el porcentaje de Nitrógeno presente en el suelo de la zona. (Perdomo y Barbazán 2001).

Macro y micronutrientes: Se puede evidenciar los siguientes resultados para macronutrientes y micronutrientes: Fósforo con (5,68 ppm), Potasio con (1,95 cmol/kg), Calcio con (14,96 cmol/kg), Magnesio con (2,67 cmol/kg), Hierro con (524,56 ppm), Manganeso con (16,15 ppm), Cobre con (11,91 ppm) y Zinc con (7,32 ppm), según AGROCALIDAD (2015) en la tabla de Interpretación de resultados para la región Sierra (Ver Anexo 1) y dando confiabilidad a los resultados obtenidos para las muestras de suelo del Sector de Mojanda, los porcentajes expresados son elevados con excepción del Fósforo (5,68 ppm) el cual se encuentra en niveles bajos, es posible este hecho, debido a las interacciones directas con los nutrientes de la Materia orgánica, que por presentar un contenido alto, provoca una reducción del proceso de fijación de Fósforo (Meléndez y Soto, 2003, Pág. 12 – 17).

### 3.2. Análisis de los resultados obtenidos en el Laboratorio de AGROCALIDAD para las Hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth).

Tabla 12.

Resultados de los Análisis de Laboratorio para las muestras de Hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth)

<b>CONTENIDO DE M.O., % NITRÓGENO, MACRO Y MICRONUTRIENTES DE LA HOJARASCA DE CANCHAQUIRO (<i>Tournefortia scabrida</i> Kunth)</b>		
<b>PARÁMETRO ANALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>HOJARASCA</b>
Materia Orgánica	%	62,97
Nitrógeno	%	2,72
<b>MACRO Y MICRONUTRIENTES</b>		
Fósforo	ppm	0,05
Potasio	cmol/kg	0,51
Calcio	cmol/kg	2,93
Magnesio	cmol/kg	0,20
Hierro	ppm	2880,63
Manganeso	ppm	456,44
Cobre	ppm	16,75
Zinc	ppm	24,41

Nota:AGROCALIDAD, 2015

La tabla 12 presenta los resultados obtenidos en el Laboratorio de AGROCALIDAD para las muestras de hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth).

Materia Orgánica: La materia orgánica presenta un porcentaje de 62,97 %, siendo este un valor elevado, según Meléndez y Soto (2003), la materia orgánica al ser incorporada al suelo intervine en el intercambio catiónico, además genera un efecto benéfico sobre la fertilidad de los suelos; está demostrado que incrementos mínimos de materia orgánica beneficia simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además es fuente importante de macronutrientes y micronutrientes especialmente Nitrógeno.

Nitrógeno: el Nitrógeno total en la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) presenta un valor de 2,72%, este valor es considerado de medio a alto,

ya que según Perdomo y Barbazán (2001), “los contenidos de Nitrógeno total en la planta expresados en relación a su peso seco total, generalmente oscilan entre 1,00 y 5,00%.”

“En sistemas naturales que no han sido alterados por el hombre la mayoría del Nitrógeno inorgánico que toman las plantas deriva del Nitrógeno de la Materia Orgánica del Suelo” (Perdomo y Barbazán, 2001, pág. 51) y al encontrarse la materia orgánica en un porcentaje del 62,97%, es determinante que el Canchaquiro obtiene el nitrógeno del suelo del lugar donde se desarrolla y de la materia orgánica de su hojarasca.

La alta humedad de los suelos donde habita el Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), es probable que contribuya a las propiedades físico químicas, importe y traslocación de minerales que presentan la especie, al parecer dicha característica promueve el aumento de la velocidad de crecimiento vegetal, en consecuencia determina el aumento materia orgánica. Gracias al aumento de los niveles hídricos del suelo los cambios se presentan directamente relacionados con un aumento del contenido de Nitrógeno total en la planta.

La pluviosidad constante durante el año que tiene la zona de Mojanda, probablemente provoca que la hojarasca del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) incidan en la disociación y fijación del Nitrógeno debido a que la hojarasca depositada en el suelo forma un colchón soporte capaz de aprovechar y almacenar nutrientes que por acción biológica son asimilados proporcionalmente durante su periodo de vida. “A este proceso se lo denomina inmovilización del nitrógeno” (Perdomo y Barbazán, 2001, pág. 4).

Macro y micronutrientes: Los resultados obtenidos para macro y micronutrientes indican parámetros y condiciones minerales en niveles altos con excepción de Fósforo con 0.05 ppm, esto probablemente se deba al estado en el cual se encontraba la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), ya que debido a las condiciones climáticas de la zona y su alta pluviosidad contribuya a un drenaje de este elemento, además la consideración del contenido de Hierro con 2880,63 ppm, evidencia la capacidad de

mineralizar y fijar este elemento. Es necesario tomar en cuenta que la información que se detalla a través en los resultados no se encuentran descritos bibliográficamente para el Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth).

### 3.3. Análisis de los resultados obtenidos en el Laboratorio de AGROCALIDAD para el suelo de Suelo de Tumbaco.

Tabla 13.

Resultados de los Análisis de Laboratorio para las muestras de suelo de Tumbaco previo al cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L).

CUADRO DE pH, M.O., % NITRÓGENO, MACRO Y MICRONUTRIENTES DEL SUELO DE TUMBACO PREVIO AL CULTIVO		
PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	SUELO TUMBACO
pH	—	7,43
Materia Orgánica	%	1,47
Nitrógeno	%	0,07
MACRO Y MICRONUTRIENTES		
Fósforo	ppm	229,00
Potasio	cmol/kg	1,08
Calcio	cmol/kg	9,60
Magnesio	cmol/kg	3,01
Hierro	ppm	442,60
Manganeso	ppm	49,80
Cobre	ppm	12,18
Zinc	ppm	6,13

Nota:AGROCALIDAD, 2015

La tabla 13 detalla los resultados obtenidos de los análisis realizados para al suelo de Tumbaco, previo a la realización del cultivo para la evaluación de la hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth).

pH: Se obtuvo un valor promedio de 7,43, el rango de pH para los suelos agrícolas de Tumbaco está entre 6,00 y 8,00, es decir de un suelo ligeramente ácido a un suelo alcalino. (Montalvo, 2013. Pág. 23-24).

Materia orgánica: El suelo de Tumbaco presenta una concentración porcentual de 1,47%, según Montalvo (2013), el rango porcentual de materia orgánica para suelos de uso agrícola del sector de Tumbaco, se encuentra en el rango entre 1,84% y 2,20%, el porcentaje citado por el cuadro de interpretación de resultados para análisis de suelos de la región sierra emitido por AGROCALIDAD (2015), referencia un rango del 1,00 y 2,00% para niveles medios en materia orgánica. Se evidencia que el contenido del 1,47% de materia orgánica, cataloga al suelo, como un suelo medio en contenido de materia orgánica y apto para el desarrollo agrícola. La materia orgánica proporciona grandes beneficios a los suelos, contribuyendo a que las partículas minerales individuales del suelo formen agregados estables, mejorando así la estructura del suelo y facilitando su laboreo. (Sepulveda, Tapia y Ardiles, 2010, Pág. 1).

Nitrógeno: La tabla 13 determina un porcentaje de 0,07% de Nitrógeno Total. Según AGROCALIDAD (2015) el rango porcentual bajo de Nitrógeno total para los suelos de la región sierra es de 0,00 a 0.15%, considerándose de esta manera una carencia de este elemento para el suelo de la zona Tumbaco previo a la realización del cultivo ensayo.

Según Perdomo y Barbazán probablemente “el contenido de Nitrógeno del suelo cambia al variar el manejo del uso del suelo, y se varía el balance de mecanismos de pérdida y ganancia de nitrógeno del suelo.” (2011, Pág. 13). “Cabe también señalar que los parámetros referenciales de Nitrógeno en los suelos de la zona corresponden a un rango entre 0.02% a 0.40% en contenido de nitrógeno total” (Montalvo, 2013. Pág. 23).

Macro y micronutrientes: El contenido de macro y micronutrientes existentes en el suelo de Tumbaco previo al desarrollo del cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris*L), expresa que; para el Fósforo posee un contenido de 229 ppm, 1,08 cmol/kg de Potasio, 9,60 cmol/kg de Calcio, 3,01 cmol/kg de Magnesio, 442,60 ppm de Hierro, 49,80 ppm de Manganeso, 12,18 ppm de Cobre y 6,13 ppm de Zinc, de esta manera se corrobora los datos preexistentes para el suelo de uso agrícola de la zona de Tumbaco, los Macro y

micronutrientes se encuentran dentro del estándar establecido.(Montalvo, 2013. Pág. 23).

### 3.4. Análisis de los resultados obtenidos en el Laboratorio para muestras de Suelo en T0, T1 y T2 en comparación con los parámetros iniciales del suelo de Tumbaco.

Tabla 14.

Resultados de los Análisis de suelo obtenidos del suelo Inicial (previo al cultivo ensayo) vs.T0, T1, T2 una vez realizado el cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*)

<b>CUADRO COMPARATIVO DE pH, M.O., % NITRÓGENO, MACRO Y MICRONUTRIENTES PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS</b>					
<b>PARÁMETRO ANALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>SUELO INICIAL</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
pH	—	7,43	7,11	5,81	7,07
Materia Orgánica	%	1,47	2,99	3,05	3,26
Nitrógeno	%	0,07	0,15	0,15	0,16
<b>MACRO Y MICRONUTRIENTES</b>					
Fósforo	ppm	229,00	240,20	231,10	231,60
Potasio	cmol/kg	1,08	0,97	1,03	1,01
Calcio	cmol/kg	9,60	8,90	9,45	9,98
Magnesio	cmol/kg	3,01	2,70	2,98	3,10
Hierro	ppm	442,60	246,60	260,10	249,10
Manganeso	ppm	49,80	19,16	18,29	19,69
Cobre	ppm	12,18	7,57	8,09	7,85
Zinc	ppm	6,13	13,13	11,96	13,59

Nota:AGROCALIDAD, 2015

La tabla 14 expresa los resultados obtenidos de los análisis de Laboratorio para T0, T1 y T2 una vez realizado el cultivo ensayo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) en los cuales se involucró la hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida Kunth*) comparado con las características iniciales del suelo antes de realizar el cultivo ensayo. De esta manera se expresan los siguientes resultados:

pH: Se presentan valores de pH para el suelo inicial de Tumbaco de 7,43; para T0: 7,11; T1: 5,84 y T2: 7,07, donde se puede determinar que el pH para T0, T1 y T2 se encuentra dentro del rango establecido para un cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), el cual debe estar entre 5,50 a 7,00; aunque es tolerante valores de pH del suelo que oscilen entre 4,5 y 8,2; es decir de ligeramente ácido a suelo alcalino, dentro del rango óptimo la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta (Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, 2007, pág. 15). La disminución del pH en los tratamientos T1 con 5,84 y T2 con 7,07 expresa la incidencia de la materia orgánica agregada y dispuesta por la hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth).

Materia Orgánica: Los tratamientos presentaron diferencias porcentuales significativas de Materia Orgánica encontrándose de esta manera que para el suelo inicial el porcentaje referenciado es de 1,47%; para T0 un contenido del 2,99%; T1 un contenido de 3,05% y T2 un contenido del 3,26%, según AGROCALIDAD (2015), se considera un porcentaje alto en Materia Orgánica si esta sobrepasa el 2,00%, de esta manera se podría determinar que la incorporación de Hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth), al cultivo duplica el contenido porcentual de Materia Orgánica en relación al porcentaje de materia orgánica expresado en los análisis al suelo de Tumbaco previo a la realización del cultivo ensayo.

Según Carrera y Canacuán(2011), el porcentaje óptimo de materia orgánica para un cultivo, debe ser mayor al 2,00%, esto provoca un incremento de la capacidad de hídrica del suelo, mejora la disposición de minerales, aumenta la carga microbiana y mejora el sistema suelo – planta.

Nitrógeno: Se evidencia el efecto sobre la fijación de nitrógeno, sugiriendo una posible interacción sinérgica de las especies tratadas en el cultivo evaluación tomando en cuenta que el Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), es una especie con la capacidad de fijar Nitrógeno a través de su raíces. En la tabla 14 se puede observar que existen incrementos que van de 0,15 para T0 y T1 a 0,16 para T2, en comparación con la concentración inicial de

Nitrógeno que para el suelo de Tumbaco con 0,07%, los cambios generados expresan un incremento significativo para el suelo del cultivo.

El incremento del porcentaje de nitrógeno total tanto para T0, tratamiento testigo, como para T1 y T2 donde fue involucrada la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth), posiblemente esté relacionado al establecimiento de la simbiosis *Rhizobium*-Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), que es el resultado de una compleja secuencia de interacciones que culminan con la formación de un nódulo en la raíz, esta forma una estructura especializada, formada por varios tipos de células altamente diferenciadas, dentro de estas células se encuentra una forma especial de *Rhizobium* que son los responsables de llevar a cabo la fijación de nitrógeno. (Vásquez, 1996, Pág. 4), además de la evidente mejora de las condiciones de la calidad gracias al incremento de materia orgánica.

Macro y micronutrientes: Según Sánchez (2010) tanto los Macronutrientes como los micronutrientes y las consideraciones de un pH óptimo, intervienen en la capacidad de fijar Nitrógeno en el suelo y en la planta. En la tabla 14 se puede identificar elementos como el Manganeso y Fósforo, forman un eje sinérgico en la asimilación de Nitrógeno en su forma de  $\text{NH}_4^+$  siendo que concentraciones expresadas de dichos elementos se presentan en consideraciones altas para el suelo del cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), es necesario señalar que el Hierro y Cobre son antagonistas en la asimilación de Nitrógeno en su forma  $\text{NO}_3^-$ , y de esta manera la disminución del pH contribuye a la reducción del  $\text{Fe}^{+3}$  a  $\text{Fe}^{+2}$  corroborando los altos contenidos de este elemento como detalla AGROCALIDAD (2015) en su cuadro de interpretación de resultados de análisis de suelos de la región sierra. Por este motivo se puede observar que para T1 se refleja una disminución en el pH a 5,84 y es el tratamiento con mayor contenido de Hierro (260.10 ppm).

Como se mencionó anteriormente, el contenido de macro y micronutrientes se encuentran establecidos por AGROCALIDAD para el suelo de Tumbaco, lo que da confiabilidad a los resultados obtenidos en el presente estudio.

### 3.5. Análisis de los resultados obtenidos en el Laboratorio de AGROCALIDAD para muestras Foliare en T0, T1 y T2.

Tabla 15.

Resultados de los Análisis de Laboratorio para las muestrasfoliars de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en T0, T1 y T2.

<b>CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS DE M.O., % NITRÓGENO, MACRO Y MICRONUTRIENTES DE MUESTRAS FOLIARES DEL CULTIVO DE FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i>L)</b>				
<b>PARÁMETRO ANALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
Materia Orgánica	%	74,82	71,47	77,46
Nitrógeno	%	3,47	4,14	4,52
<b>MACRO Y MICRONUTRIENTES</b>				
Fósforo	ppm	0,33	0,36	0,36
Potasio	cmol/kg	3,26	2,96	3,42
Calcio	cmol/kg	4,36	3,74	4,42
Magnesio	cmol/kg	1,03	0,84	1,21
Hierro	ppm	731,08	851,60	1155,54
Manganeso	ppm	59,28	67,95	75,27
Cobre	ppm	9,00	9,99	9,00
Zinc	ppm	18,59	19,49	21,19

Nota:AGROCALIDAD, 2015

La tabla 15 expresa los resultados obtenidos de los análisis realizados a las muestras foliars de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), tomadas de T0, T1 y T2:

Materia Orgánica: Para los tratamientos en los cuales se involucró la hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth), se observa que entre T0 y T1, el contenido de materia orgánica varía en un 3,35%; entre T0 y T2 varía en 2,64% y entre T1 y T2 5,99%, siendo T1 con 71,47 % el tratamiento con menor porcentaje de materia orgánica y T2 el de mayor porcentaje con 77,46%.

Tanto para los tratamientos en los cuales interactuaron la hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth), como para el tratamiento testigo, se evidencia que el flujo de nutrientes en el sistema suelo-planta está gobernado por ambiente, la genética

de la planta, el manejo del recurso suelo, además de una serie de complejas interacciones entre las raíces de la planta - microorganismos, y reacciones químicas en sus diferentes vías de movimiento. Las consideraciones de cantidad de nutrientes en la planta depende de los procesos que se llevan a cabo en el suelo, lo que implica que cuando la disponibilidad excede a la demanda, varios procesos actúan para evitar dicho exceso. Dichos procesos incluyen transformaciones por microorganismos tales como la nitrificación, desnitrificación, inmovilización, fijación, precipitación, hidrólisis, así como procesos físicos tales como lixiviación y volatilización, se considera que para los tres tratamientos el contenido de materia orgánica se encuentran en porcentajes altos.

**Nitrógeno:** Los porcentajes de nitrógeno total tanto para T0, T1 y T2, expresan valores similares, de esta manera se expresa para T0= 3,47%, T1= 4,14% y T2=4,52%. Para los tratamientos en los cuales interviene la hojarasca del Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth), se evidencia un aumento porcentual de 0,67% entre T0 y T1; 0,38 % entre T1 y T2 y 1,05 % entre T0 y T1, es necesario señalar que una característica intrínseca que presentan los nódulos de las raíces del Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), y su relación simbiótica con microorganismos, es la de fijar nitrógeno. Esto se puede evidenciar al observar T0 que presenta un porcentaje de 3,47% en el cual no involucró hojarasca de Canchaqui (*Tournefortia scabrida* Kunth), y que pese a esto la consideración de Nitrógeno Total expresa un incremento. Según Perdomo y Barbazán (2001), los contenidos de Nitrógeno en la planta expresados en relación a su peso seco total, generalmente oscilan entre 1,00 y 5,00%, en relación a la bibliografía citada se evidencia una traslocación de nitrógeno de manera eficiente tomando en cuenta que las muestras del cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron tomadas en el periodo posterior a la floración previo a la post cosecha.

**Macro y micronutrientes:** En la Tabla 15 se determina el contenido de macro y micronutrientes evaluados en T0, T1 y T2, en las hojas de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L), donde se pudo observar que el fósforo aumento su concentración en T1 y T2 (0,36 ppm) en comparación con T0 (0,33 ppm). Para el potasio se obtuvo un incremento en T2 (3,42 cmol/kg) en comparación a T0 (3,26 cmol/kg) y T1 (2,96 cmol/kg), esto probablemente

se deba a que el potasio es un elemento móvil y se pierde debido a las lluvias y a la textura del suelo, al igual que el calcio que para T1 (3,74 cmol/kg) muestra una concentración menor que para T0 (4,36 cmol/kg) y T2 (4,42 cmol/kg). En el caso del hierro, manganeso, cobre y zinc se observa que para T2 el tratamiento un incremento significativo de la concentración de estos elementos, posiblemente estos intervienen directamente con la absorción de nitrógeno como se muestra en el Anexo 2, el cual explica los sinergismos entre macro y micronutrientes y su relación en la absorción de nutrientes principalmente nitrógeno.

### 3.6. Análisis de las variables del cultivo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

#### 3.6.1. Altura de la Planta

Tabla 16.

Alturas en cm., tomadas alas plantas de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) en T0, T1 y T2

TRATAMIENTO	ALTURA 1 (cm)	ALTURA 2 (cm)	ALTURA 3 (cm)	ALTURA 4 (cm)	PROMEDIO (cm)
T0	48,79	51,30	47,20	44,30	45,35
T1	52,30	52,87	49,18	49,65	51,06
T2	51,90	61,40	65,32	62,17	60,11

Nota: Burbano y Utreras 2015

En la tabla 16 se detallan las alturas de las plantas de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en T0, T1 y T2, evidenciándose que el tratamiento que presenta la mayor altura es T2 con un promedio de 60,11 cm de altura, seguido de T1 con 51,06 cm de altura y finalmente T0 con 45,35 cm de altura, según el INIAP el tamaño óptimo para esta variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) oscila entre 45 – 65 cm de altura (tabla 6) demostrando así que las plantas obtenidas en los diferentes tratamientos se encuentran dentro del rango establecido para la genética de la planta y bibliografía del ostentor.

Los macronutrientes intervienen directamente en la altura de la planta ya que según la FAOe IFA (2002), niveles deficientes de Fósforo < 0.35 ppm, intervienen

negativamente en la fijación del Nitrógeno y por ende afectan directamente a la altura de las plantas. En el presente ensayo se observa que el nivel del fósforo (0.05 ppm) es adecuado para el desarrollo de las plantas de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Lo mismo ocurre con el porcentaje de Potasio, ya que niveles <0.2 cmol/kg inhiben el macollamiento, y como se puede observar en los resultados obtenidos, el nivel de Potasio se encuentra dentro de los rangos determinados para favorecer el desarrollo del cultivo.

A pesar de que las características nutricionales del suelo se vieron mejoradas con la incorporación de la Hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) esto no incide sobre las características de la planta de Fréjol en los diferentes tratamientos, ya que como se mencionó anteriormente, las características de altura están determinadas genéticamente por la variedad.

### 3.6.2. Vainas por planta.

Tabla 17.

Número de vainas por planta en T0, T1 y T2

TRATAMIENTO	Número Vainas por Planta 1	Número Vainas por Planta 2	Número Vainas por Planta 3	Número Vainas por Planta 4	Promedio
T0	9,00	12,00	7,00	9,00	9,00
T1	10,00	8,00	9,00	9,00	9,00
T2	10,00	10,00	8,00	8,00	9,00

Nota: Burbano y Utreras 2015

La tabla 17 expresa el número de vainas por planta en los tratamientos T0, T1 y T2. Se puede observar que no existe variación en el Número de vainas, los resultados obtenidos indican una tasa de producción de vainas por planta estándar en relación a la bibliografía de la variedad utilizada, es decir de 8 a 12 unidades detallado en la tabla 6, según lo detalla Carrera y Canacúan (2011), en su estudio sobre la variedad

de frejol rojo moteado, posiblemente la genética de la planta juega un rol ponderante sobre el número de vainas por planta, el efecto del nitrógeno y la materia orgánica no se ven directamente relacionadas a esta variable, se evidencia de esta manera que el contenido nutricional para T0, T1 y T2 fue el adecuado.

### 3.6.3. Granos por Vaina.

Tabla 18.

Número de granos por vaina tomadas a las plantas de fréjol una vez terminado su periodo de crecimiento, en T0, T1 y T2

No TRATAMIENTO	Númerode granos por Planta 1	Númerode granos por Planta 2	Númerode granos por Planta 3	Númerode granos por Planta 4	Promedio
T0	4	3	3	3	3.25
T1	4	3	4	3	3.50
T2	4	4	3	4	3.75

Nota: Burbano y Utreras 2015

La tabla 18 expresa que el número de granos por plantapara los tres tratamientos, no evidencia variación, es probable que la genética de la plantas incida intrínsecamente de en la producción de granos según lo detalla Carrera y Canacúan (2011), en su estudio sobre la variedad de frejol rojo moteado. La variedad presenta un rango entre 3 y 4 granos por vainas como se muestra en la tabla 6, el número de granos se encuentra en el rango señalado. Cabe mencionar que el nitrógeno al formar parte primordial de las células, incide en la generación de follaje y estructuras de sostén de la planta mas no interfiere la producción de granos por planta.

## CONCLUSIONES

La evaluación de la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) determina, que la capacidad de aporte de nutrientes al suelo del cultivo ensayo de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), presenta un mejoramiento de las características químicas del suelo, en el contenido de materia orgánica, nitrógeno total y nutrientes en los tratamientos en los cuales se involucró la hojarasca de la especie en estudio.

La adición de hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) determina un cambio significativo en el pH del suelo pasando de pH ligeramente alcalina a pH Neutro, pH adecuado para el desarrollo de la variedad de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluada, esto propone una inferencia sobre la capacidad de absorción y asimilación de Macro y Micronutrientes.

La hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) aporta niveles adecuados de Nitrógeno al suelo, aunque no refleja incrementos significativos sobre las plantas de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se evidencia que la variedad evaluada presenta un crecimiento y desarrollo estándar en los diferentes tratamientos.

## RECOMENDACIONES

Profundizar la investigación en torno a la capacidad del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) para mejorar las características fisicoquímicas de suelos erosionados.

Realizar una evaluación sobre la capacidad del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) y su capacidad de mejora de características fisicoquímicas en cultivos donde las características del suelo no presenten porcentajes adecuados de Nitrógeno Total.

Repetir el ensayo en un cultivo donde no exista la interacción Suelo - *Rhizobium* como sucede con el Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Establecer un proceso de compostaje para la hojarasca de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) para que de esta manera se acelere el proceso de mineralización y mejoramiento de la bio disponibilidad de macro y micro nutrientes que la hojarasca posee.

Promover estudios sobre las características fitoquímicas del Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) para de esta manera seguir generando información sobre la especie en estudio.

Implementar campañas de reforestación en zonas de páramo para recuperación de suelos.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Álvarez y Marín, (2011). *Manual de procedimientos analíticos para suelos y plantas*. Universidad Autónoma Chapingo. 2011. (Consulta: 14 de Mayo 2012).
- Alzaté Fernando, Álvaro Idárraga, Oswaldo Días, Wilson Rodríguez, (2013). *Flora de los bosques montanos de Medellín. Programa de Expedición de Medellín*. Municipio de Medellín – Colombia.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- Barajas Fabiola, Fernández José, Galindo Robinson, (2005). *Diversidad y composición de la familia Boraginaceae en el Departamento de Santander – Colombia*.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- Barbazán Mónica, (1998). *Análisis de Plantas y síntomas visuales de deficiencia de Nutrientes*. Universidad de la República. Montevideo – Uruguay.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- Carrera y Canacuán, (2011). *Efecto de tres bio estimulantes y un químico en 2 variedades de Fréjol arbustivo cargabello y calima rojo en Cotacachi Imbabura. Ecuador*. (Consulta: 26 de Enero 2015)
- Caffa y Bernardin, (2006). *El ciclo del Nitrógeno: La fijación del Nitrógeno*. Universidad Nacional de Comahue. Escuela Superior de Salud y Ambiente. Argentina.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- Campillo, (2014). *La acidificación de los suelos, origen y mecanismos involucrados*.Centro Regional de Investigaciones INIA, Chile. (Consulta: 26 de Enero 2015)
- Egas María, Torres Carlos, (2012). *Estudio de Factibilidad y Sostenibilidad de la ruta turística Lagunas de Mojanda a ser implementado por la Comunidad Santa*

- Mónica. Universidad Central del Ecuador. Quito – Ecuador.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- FAO E IFA, (2002). *Los Fertilizantes y su uso*.Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes. Cuarta edición. Roma – Italia.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- FIGUEROA, MAYZ, (2004). *Fijación Biológica del Nitrógeno*.Revista Agrícola UDO. México, (Consulta: 10 de Enero 2015)
- FONAG, Fondo para la protección del agua. (2010). *Abonos Orgánicos. Protegen el suelo y garantizan alimentación sana*.Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Estados Unidos de Norteamérica.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- García Efraín, 2009. *Guía técnica para los cultivos de fréjol en el municipio de Santa Lucía, Teustepe, San Lorenzo, Departamento de Boaco, Nicaragua*. IICA. (Consulta: 10 de Enero 2015)
- Guevara Morales Santiago Miguel, (2013). *Zonificación ecológica ambiental del cantón Otavalo, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte. (Consulta: 10 de Enero 2015)
- Harrison, (2013). *Los ciclos de la tierra. El ciclo de la Tierra. El ciclo del Nitrógeno: De Microbios y de Humanos*.
- Hernández, (2002).*Los Fertilizantes y su uso*. Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes. Cuarta edición. Roma – Italia.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- INIAP, (1995). *Variedades de Fréjol en el Ecuador*. Instituto Nacionalde investigaciones Agropecuarias. Cuarta edición. Ecuador. (Consulta: 10 de Enero 2015)

- Loján Leoncio,(1992). *El verdor de los Andes Ecuatorianos. Realidades y Promesas*. Ecuador. Primera Edición.
- Lombeida Del Hierro Byron Gerardo, (2008).*Creación de un complejo turístico en la zona de Mojandita de Curubi, Provincia de Imbabura*.(Consulta: 10 de Enero 2015)
- Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fréjol Voluble. (2007). Colombia. (Consulta: 14 de Febrero 2015).
- Meléndez Gloria Y Soto Gabriela, (2003). *Taller de Abonos orgánicos*.Universidad de Costa Rica. (Consulta: 14 de Febrero 2015).
- Montalvo, (2013). *Efectos de la contaminación del suelo en la productividad de cinco sectores agrícolas de la parroquia de Tumbaco*.Universidad Central del Ecuador. Quito – Ecuador. (Consulta: 14 de Febrero 2015).
- Perdomo Carlos, Barbazán Mónica, (2001). *Nitrógeno. Área de suelos y aguas*.Universidad de la República. Montevideo – Uruguay. (Consulta: 10 de Enero 2015)
- Pereyra, M. (2001). *Asimilación del Nitrógeno en Plantas*. Facultad de Agronomía, Universidad de la Pampa. (Consulta: 14 de Mayo 2012).
- Podwojewski, P., &Poulenard, J. (2000). *La degradación de los suelos en los páramos. Páramo, Los Suelos del Páramo*.Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia de Suelo. Ecuador.(Consulta: 26 de Enero 2015)
- Robles Marco, Martínez Cristian, Paredes Marcelo, Barragán Cecilia, Salgado Silvia, Terneus Esteban, (2008). *Plan de Manejo y Desarrollo de la Zona de Mojanda*. Proyecto Páramo Andino. Ecociencia. Ecuador. (Consulta: 26 de Enero 2015)

- Rodríguez C., Sevillano F., Subramaniam P., (1984). *La Fijación de Nitrógeno atmosférico. Una Biotecnología en la producción Agraria*. Instituto de Recursos Naturales y Agro biología. Primera edición. Salamanca.
- Sánchez Javier, (2010). *Fertilidad del Suelo y Nutrición Mineral de las Plantas. Conceptos Básicos*. FERTITEC S.A. (Consulta: 10 de Enero 2015)
- San Martino, Liliana, (2008). *Muestreo de suelos y análisis foliar para cerezos*. Los Antiguos, Santa Cruz. (Consulta: 14 de Mayo 2012).
- SERGICABALLERO, (2012). *Plantas fijadoras de Nitrógeno. Agricultura ecológica y Permacultura*. Disponible en: <http://www.sergicaballero.com/plantas-fijadoras-de-nitrogeno/>. (Consulta: 10 de Enero 2015)
- Sepulveda, Tapia, Ardiles, (2010). *Beneficios de la Materia Orgánica en el Suelo*. Centro Regional de Investigaciones INIA, Chile. (Consulta: 26 de Enero 2015)
- Vásquez Jesús, (1996). *Fijación Biológica del Nitrógeno en frijol de temporal y la diversidad genética de las poblaciones nativas de Rhizobium*. Universidad autónoma de Nuevo león. Monterrey –México. (Consulta: 14 de Febrero 2015).

# **ANEXOS**

Anexo 1.

Interpretación de Resultados – Región Sierra.

 <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
	<b>Rev. 2</b>	
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	

Observaciones:

**INTERPRETACION DE RESULTADOS - REGION SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
BAJO	< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3
MEDIO	1 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6
ALTO	> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1

**INTERPRETACION DE RESULTADOS - REGION 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



**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 Ing. Roberto Chando  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Folios y Aguas  
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: AGROCALIDAD, 2015.

Anexo 2.

Sinergismos y Antagonismos más importantes

<b>Asimilación del Nutriente</b>	<b>Antagonismo con Elemento</b>	<b>Sinergismos con Elemento</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg, Ca, K	Mn, P
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe, Cu, Cl	Ca, Mg, K
P	Cu, Zn	
K	Ca, Mg	Mn (suelos ácidos)
Ca		Mn (suelos básicos)
Mg	Ca, K	
Fe	Cu, Zn	K
Zn	Cu, P	
Cu	Zn, P	
Mn	Zn, Ca	

Nota: Sánchez 2010

Anexo 3.

Descripción de análisis de resultados de Laboratorio.

 <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-FC  Rev. 2			
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>		Hoja 1 de 2		
Informe N°: LN-SFA-E14 Fecha emisión informe: 30/12/2014					
<b>DATOS DEL CLIENTE</b> Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras Dirección: Tumbaco Provincia: Pichincha                      Cantón: Quito Teléfono: 2377355 Correo Electrónico: extremoandres@msn.com N° Orden de Trabajo: SFA-14-DSL-2006 N° Factura/Documento: 20660					
<b>DATOS DE LA MUESTRA:</b>					
Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco			
Cultivo: ----					
Provincia: Imbabura	Coordenadas:	X: ----			
Cantón: ----		Y: ----			
Parroquia: ----		Altitud: ----			
Muestreado por: ----					
Fecha de muestreo: 12-12-2014		Fecha de inicio de análisis: 22-12-2014			
Fecha de recepción de la muestra: 22-12-2014		Fecha de finalización de análisis: 30-12-2014			
<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS</b>					
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-141510	Muestra 5	pH	Potenciométrico	---	6.18
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	7.10
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0.36
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	4.2
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	1.74
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	14.10
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	2.68
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	519.0
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	14.76
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	11.78
Zinc	Absorción Atómica	ppm	6.99		
Analizado por: Daniel Bedoya, Wilson Castro, Luis Cacuango					

Nota: AGROCALIDAD, 2015.

 <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			
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>		Hoja 1 de 2		
<p style="text-align: right;">Informe N°: LN-SFA-E14-1451 Fecha emisión Informe: 09/01/2015</p>					
<b>DATOS DEL CLIENTE</b> Persona o Empresa solicitante: Lucía Burbano Dirección: Tumbaco Provincia: Pichincha                      Cantón: Quito Teléfono: --- Correo Electrónico: lulaburbano@hotmail.com N° Orden de Trabajo: SFA-14-DSL-2024 N° Factura/Documento: 20729					
<b>DATOS DE LA MUESTRA:</b>					
Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco			
Cultivo: ---					
Provincia: Pichincha		X: ---			
Cantón: Quito		Y: ---			
Parroquia: Tumbaco		Altitud: ---			
Muestreado por: ---					
Fecha de muestreo: 27-12-2014		Fecha de inicio de análisis: 29-12-2014			
Fecha de recepción de la muestra: 29-12-2014		Fecha de finalización de análisis: 09-01-2015			
<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS</b>					
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-141916	Muestra 1	pH	Potenciométrico	---	7.12
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	1.47
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0.07
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	225.2
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0.98
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	9.84
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	3.20
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	408.2
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	56.27
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	13.34
Zinc	Absorción Atómica	ppm	6.08		
Analizado por: Daniel Bedoya, Wilson Castro, Luis Cacuango					

Nota: AGROCALIDAD, 2015.





 <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°: UN-SFA-E14-137  
Fecha emisión Informe: 30/12/2014

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras

Dirección: Tumbaco Teléfono: 2377355

Provincia: Pichincha Correo Electrónico: extremoandres@msn.com

Cantón: Quito N° Orden de Trabajo: SFA-14-DSL-2006

N° Factura/Documento: 20660

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco

Cultivo: ----

Provincia: Imbabura

Cantón: ---- Coordenadas: X: ----

Parroquia: ---- Y: ----

Muestreado por: ---- Altitud: ----

Fecha de muestreo: 12-12-2014 Fecha de inicio de análisis: 22-12-2014

Fecha de recepción de la muestra: 22-12-2014 Fecha de finalización de análisis: 30-12-2014

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-141509	Muestra 4	pH	Potenciométrica	---	6.15
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	7.22
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0.36
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	6.4
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	2.02
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	14.40
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	2.36
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	536.6
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	18.58
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	12.74
Zinc	Absorción Atómica	ppm	8.54		

Analizado por: Daniel Bedoya, Wilson Castro, Luis Cacuango

Nota: AGROCALIDAD, 2015.

 <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	PGT/SFA/09-FO02
		Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR	Hoja 1 de 1

Informe N°: LA-SFA-E15-0303  
 Fecha emisión informe: 04/03/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras  
 Dirección: Tumbaco  
 Provincia: Pichincha Cantón: Quito  
 Teléfono: 022377355  
 Correo Electrónico: [extremoandres@msn.com](mailto:extremoandres@msn.com)  
 N° Orden de Trabajo: SFA-2015-DSL-348  
 N° Factura/Documento: 2.1583

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: ---	
Provincia: Pichincha	X: ---
Cantón: Quito	Coordenadas: Y: ---
Parroquia: Tumbaco	Altitud: ---
Muestreado por: ---	
Fecha de muestreo: ---	Fecha de inicio de análisis: 19-02-2015
Fecha de recepción de la muestra: 19-02-2015	Fecha de finalización de análisis: 04-03-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-150513	3	Cenizas	Gravimétrico	%	22.54
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	77.46
		Nitrógeno	Kjeldahl	%	4.52
		Fósforo	Colorimétrico	%	0.36
		Potasio	Absorción atómica	%	3.42
		Calcio	Absorción atómica	%	4.42
		Magnesio	Absorción atómica	%	1.21
		Hierro	Absorción atómica	ppm	1155.54
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	75.27
		Cobre	Absorción atómica	ppm	9.00
		Zinc	Absorción atómica	ppm	21.19

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:



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 ASESORAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Vía Interoceánica Km. 143 y Eloy Alfaro, Granja del MAJAP,  
Tumbaco - Quito  
Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845

PGT/SFA/09-FO02

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR

Hoja 1 de 1

Informe N°: LI-SFA-E15-0068  
Fecha emisión informe: 04/03/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras

Dirección: Tumbaco

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Teléfono: 022377355

Correo Electrónico: [extremoandres@msn.com](mailto:extremoandres@msn.com)

N° Orden de Trabajo: SFA-2015-DSL-348

N° Factura/Documento: 21583

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Foliar

Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco

Cultivo: ---

Provincia: Pichincha

X: ---

Cantón: Quito

Coordenadas: Y: ---

Parroquia: Tumbaco

Altitud: ---

Muestreado por: ---

Fecha de muestreo: ---

Fecha de inicio de análisis: 19-02-2015

Fecha de recepción de la muestra: 19-02-2015

Fecha de finalización de análisis: 04-03-2015

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-150512	2	Cenizas	Gravimétrico	%	28.51
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	71.47
		Nitrógeno	Kjeldahl	%	4.34
		Fósforo	Colorimétrico	%	0.30
		Potasio	Absorción atómica	%	1.26
		Calcio	Absorción atómica	%	3.24
		Magnesio	Absorción atómica	%	0.84
		Hierro	Absorción atómica	ppm	851.00
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	67.95
		Cobre	Absorción atómica	ppm	9.20
Zinc	Absorción atómica	ppm	19.49		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:

**AGROCALIDAD**  
AGENCIA ECUATORIANA  
DE ASESORAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO  
LABORATORIO DE SUELOS,  
FOLIARES Y AGUAS  
Responsable del ANÁLISIS  
Suelos, Foliar y Aguas

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

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 143 y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO02</b>
	<b>Rev. 2</b>	
	<b>INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR</b>	<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LH-SFA-E15-0370  
 Fecha emisión Informe: 04/03/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras

Dirección: Tumbaco

Teléfono: 022377355

Correo Electrónico: extremoandres@msn.com

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-2015-DSL-348

N° Factura/Documento: 21583

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo: ----			
Provincia: Pichincha	Coordenadas:	X: ----	
Cantón: Quito		Y: ----	
Parroquia: Tumbaco		Altitud: ----	
Muestreado por: ----			
Fecha de muestreo: ----	Fecha de inicio de análisis: 19-02-2015		
Fecha de recepción de la muestra: 19-02-2015	Fecha de finalización de análisis: 04-03-2015		

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-150514	1	Cenizas	Gravimétrico	%	25.18
		Materia orgánica	Gravimétrico	%	74.82
		Nitrógeno	Kjeldahl	%	3.47
		Fósforo	Colorimétrico	%	0.33
		Potasio	Absorción atómica	%	3.26
		Calcio	Absorción atómica	%	4.36
		Magnesio	Absorción atómica	%	1.03
		Hierro	Absorción atómica	ppm	731.08
		Manganeso	Absorción atómica	ppm	59.28
		Cobre	Absorción atómica	ppm	9.00
		Zinc	Absorción atómica	ppm	18.59

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:



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 ASESORAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Via 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°: UN-SFA-EIS-0367  
Fecha emisión informe: 27/02/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras

Dirección: Tumbaco

Teléfono: 022377355

Correo Electrónico: extremoandres@msn.com

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-2015-DSL-348

N° Factura/Documento: 21583

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ---		
Provincia: Pichincha	Coordenadas:	X: ---
Cantón: Quito		Y: ---
Parroquia: Tumbaco		Altitud: ---
Muestreado por: ---		
Fecha de muestreo: ---	Fecha de inicio de análisis: 19-02-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 19-02-2015	Fecha de finalización de análisis: 27-02-2015	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-150511	2	pH	Potenciométrico	---	5.81
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	3.05
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0.35
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	231.1
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	1.03
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	9.45
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	2.98
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	260.1
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	18.29
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	8.09
Zinc	Absorción Atómica	ppm	11.96		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

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 ASIGURAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Via Interoceánica Km. 14% 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°: UN-SFA-015-0905  
Fecha emisión informe: 27/02/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras

Dirección: Tumbaco

Teléfono: 022377355

Correo Electrónico: [extremoandres@msn.com](mailto:extremoandres@msn.com)

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-2015-DSL-348

N° Factura/Documento: 21583

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ---		
Provincia: Pichincha	Coordenadas:	X: ---
Cantón: Quito		Y: ---
Parroquia: Tumbaco		Altitud: ---
Muestreado por: ---		
Fecha de muestreo: ---	Fecha de inicio de análisis: 19-02-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 19-02-2015	Fecha de finalización de análisis: 27-02-2015	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA 150509	3	pH	Potenciométrico	---	7.07
		Materia Orgánica	Volúmetrico	%	3.26
		Nitrógeno	Volúmetrico	%	0.16
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	231.8
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	1.01
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	9.58
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	3.10
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	249.1
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	19.69
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	7.85
Zinc	Absorción Atómica	ppm	13.59		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

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 ASESORAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Vía Interoceánica Km. 143 y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,  
Tumbaco - Quito  
Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845

PGT/SFA/09-F001

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: IN-SFA-115-E086  
Fecha emisión Informe: 27/02/2015

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Andrés Utreras

Dirección: Tumbaco

Teléfono: 022377355

Correo Electrónico: [extremoandres@msn.com](mailto:extremoandres@msn.com)

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-2015-DSL-348

N° Factura/Documento: 21583

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ---			
Provincia: Pichincha		Coordenadas:	X: ---
Cantón: Quito			Y: ---
Parroquia: Tumbaco		Altitud: ---	
Muestreado por: ---			
Fecha de muestreo: ---		Fecha de inicio de análisis: 19-02-2015	
Fecha de recepción de la muestra: 19-02-2015		Fecha de finalización de análisis: 27-02-2015	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-159510	2	pH	Potenciométrico	---	7.13
		Materia Orgánica	Volamétrico	%	2.99
		Nitrogeno	Volamétrico	%	0.15
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	240.1
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0.97
		Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg	8.90
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	2.70
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	246.6
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	19.16
		Cobre	Absorción Atómica	ppm	7.57
Zinc	Absorción Atómica	ppm	11.13		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Carcuango

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

Anexo 4.

Fotografías Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth)

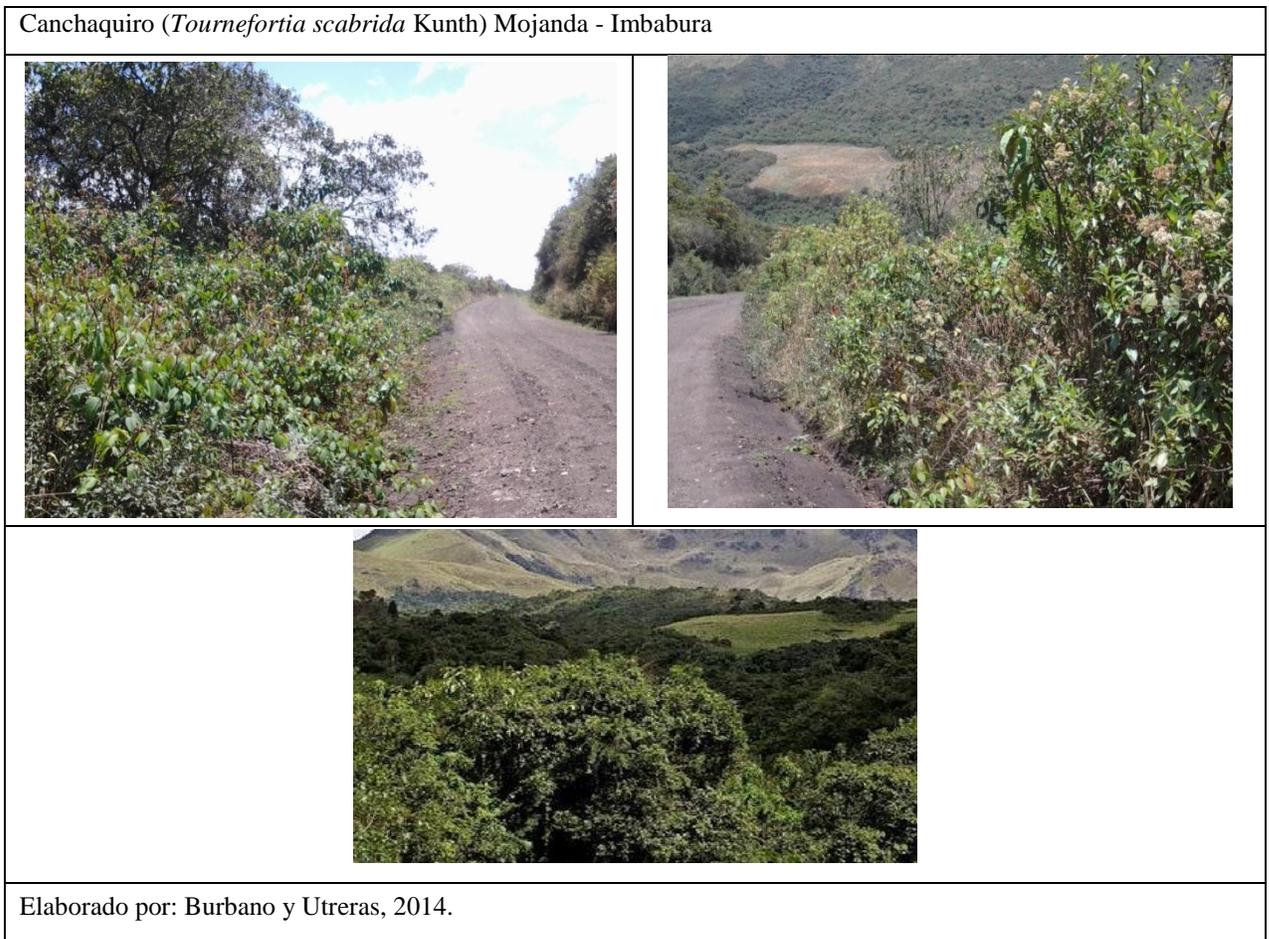
Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) Mojanda - Imbabura



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

Anexo 5.

Fotografías Lugar de Muestreo. Mojanda – Imbabura



Anexo 6.

Fotografías Arboles de Canchaquiro (*Tournefortia scabrida* Kunth) muestreados

Canchaquiro ( <i>Tournefortia scabrida</i> Kunth) Mojanda - Imbabura	
	
	
	
Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.	

Anexo 7.

Fotografías Muestreo Hojarasca de Canchaqui ( *Tournefortia scabrida* Kunth)

Canchaqui ( *Tournefortia scabrida* Kunth) Mojanda - Imbabura



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Anexo 8.

Fotografías Muestreo de Suelo Mojanda - Imbabura

Canchaqui ( *Tournefortia scabrida* Kunth) Mojanda - Imbabura



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Anexo 9.

Fotografías de Fase de Campo

Preparación del Terreno



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2014.

Siembra de Fréjol (*Phaseolus vulgaris*L.)



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Desarrollo del cultivo



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Tratamientos: T0, T1 y T2



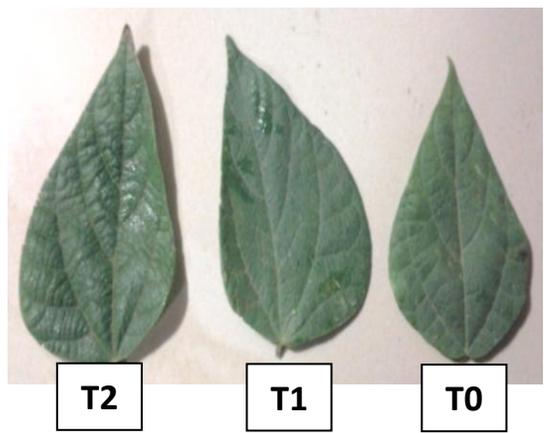
Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Tratamientos: T0, T1 y T2



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Tratamientos: T0, T1 y T2



Elaborado por: Burbano y Utreras, 2015.

Anexo 10.

Abreviaturas

FAAS: Espectrofotómetro de Absorción Atómica en Llama.

DTPA: Ácido Dietileno triamino penta acético.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

FBN: Fijación Biológica del Nitrógeno.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

AGROCALIDAD: Agencia Nacional del Aseguramiento de Agro.

ADN: Adenosin Trifosfato

CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

FONAG: Fondo para la protección del Agua.