



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**

**AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA**

**HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y**

**YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA: GLADYS CECILIA VACA VÁSQUEZ**

**DIRECTORA: MSc. GLADYS YAGUANA**

**IBARRA - ECUADOR**

**MARZO 2018**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA**  
**HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y**  
**YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR.**

Trabajo de Titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su  
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADO:**

**MSc. Gladys Yaguana**  
**Directora**



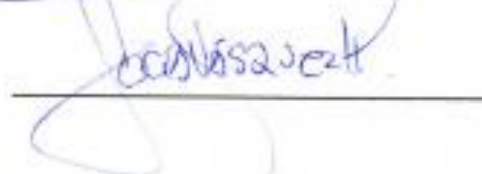
**PhD. Jesús Aranguren**  
**Asesor**



**MSc. Oscar Rosales**  
**Asesor**



**MSc. Lucía Vásquez**  
**Asesora**



**IBARRA – ECUADOR**

**MARZO 2018**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
Cédula de identidad	100385352-8		
Apellidos y nombres:	Vaca Vásquez Gladys Cecilia		
Dirección:	San Antonio de Padua y San Vicente Ferrer 3-05		
Email:	<a href="mailto:gladysvaca29@gmail.com">gladysvaca29@gmail.com</a>		
Teléfono fijo:	06-2603061	Teléfono móvil:	0993236019

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
Título:	INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR.
Autor:	Vaca Vásquez Gladys Cecilia
Fecha:	13 de marzo del 2018
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ing. Recursos Naturales Renovables
Directora:	Ing. Gladys Yaguana, MSc.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, GLADYS CECILIA VACA VÁSQUEZ, con cédula de identidad Nro. 100385352-8 en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de terceros, por lo tanto, la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de las misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamo por parte de terceros.

Ibarra, 13 de marzo de 2018.

**LA AUTORA:**



Gladys Cecilia Vaca Vásquez  
C.I: 100385352-8

**ACEPTACIÓN:**



Ing. Betty Mireya Chávez Martínez  
JEFA DE BIBLIOTECA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, GLADYS CECILIA VACA VÁSQUEZ, con cédula de ciudadanía Nro.100385352-8; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada **INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad técnica del Norte.



---

Gladys Cecilia Vaca Vásquez

C.I: 100385352-8

Ibarra, 13 de marzo del 2018

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** 13 de marzo del 2018

**VACA VÁSQUEZ GLADYS CECILIA**, INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR/ TRABAJO DE GRADO.

Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Carrera de ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. EC. 13 de marzo del 2018. 103 páginas

**DIRECTORA:** Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.

El objetivo principal de la investigación fue: Analizar la incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha. Entre los objetivos específicos se encuentra: Caracterizar las propiedades físicas del suelo de cada uno de los sitios experimentales, a través de análisis de laboratorio. Evaluar la conservación de humedad del suelo en diferentes tratamientos en cultivos asociados de maíz-arveja con riego por goteo, en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, mediante el método gravimétrico y diseño experimental (DBCA). Determinar la factibilidad del uso de coberturas muertas y riego por goteo entre los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha, con base a un cuestionario aplicado a los líderes comunitarios mediante entrevistas.

**Fecha:** 13 de marzo del 2018



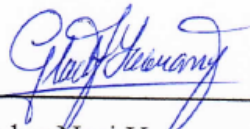
Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.  
DIRECTORA



Gladys Cecilia Vaca Vásquez  
C.I: 100385352-8

## CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita: VACA VÁSQUEZ GLADYS CECILIA, bajo mi supervisión.



---

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez. MSc.

DIRECTORA

## DECLARACIÓN

Manifestó que la presente obra es original y se ha desarrollado sin violar los derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y soy la titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldremos en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 13 de marzo del 2018



\_\_\_\_\_  
Gladys Cecilia Vaca Vásquez

C.I: 100385352-8



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiar y bendecir mi camino en la trayectoria de mi vida estudiantil.

A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales por haberme formado profesionalmente y brindar mi apoyo a la sociedad.

A la Directora de tesis, MSc. Gladys Yaguana y el equipo asesor conformado por: PhD. Jesús Aranguren, MSc. Lucía Vásquez y MSc. Oscar Rosales; por el apoyo y los consejos brindados para la culminación de este estudio.

A la Ing. María Vizcaíno y al Ing. Jorge Torres por su colaboración y ayuda en el trayecto de esta investigación.

A mis padres, familiares y amigos que siempre me motivaron, a alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a Dios por guiarme y bendecirme en mi vida al darme un hogar de amor y valores, con unos padres maravillosos; que han sido un ejemplo de respeto, paciencia, perseverancia, responsabilidad y dedicación.

A todos los miembros de mi hogar, como mis hermanos, que por siempre creyeron en mi capacidad para lograr mis sueños, que me han motivado e incentivado a luchar por cumplir este sueño anhelado. A mi sobrina que con su inocencia ha sido mi fortaleza e inspiración diaria.

Y de igual manera, dedico esta tesis a esos amigos y compañeros de vida, quienes me han extendido la mano en los buenos y en los malos momentos; por brindarme esa confianza y apoyarme en todas las decisiones.

## ÍNCIDE DE CONTENIDO

### Contenido

AGRADECIMIENTO .....	ix
DEDICATORIA.....	x
ABREVIATURAS .....	xviii
RESUMEN .....	xix
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de la investigación.....	2
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis .....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Marco teórico.....	8
2.2.1. El Suelo: soporte de la vida .....	8
2.2.2. Propiedades físicas del suelo .....	10
2.2.3. Mulch o coberturas orgánicas muertas, como estrategia de retención de la humedad.....	21
2.2.4. Incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados .....	23
2.3. Marco legal .....	23
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador.....	23

2.3.2. Ley de Gestión Ambiental.....	24
2.3.3. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).....	25
2.3.4. Plan Nacional del Buen vivir.....	25
CAPÍTULO III .....	27
3. MARCO METODOLÓGICO .....	27
3.1. Caracterización del área de estudio .....	27
3.2. Materiales y métodos.....	30
3.2.1. Fase I: Caracterización de las propiedades físicas del suelo .....	32
3.2.2. Fase II: Análisis de la conservación de la humedad del suelo.....	34
a) Diseño experimental.....	34
b) Humedad del suelo.....	37
c) Diagrama ombrotérmico .....	39
d) Comparación de los resultados.....	39
3.2.3. Fase III: Análisis de factibilidad del uso de coberturas muertas y riego por goteo .....	40
3.3. Consideraciones bioéticas.....	41
CAPÍTULO IV .....	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. Caracterización de las propiedades físicas del suelo de Aloburo y Yahuarcocha.....	42
4.1.1. Resultado inicial de Aloburo y Yahuarcocha.....	42
4.1.2. Cambios producidos en las propiedades físicas del suelo en Aloburo y Yahuarcocha .....	44
4.2 Conservación de la humedad del suelo en diferentes tratamientos .....	49
4.2.1. Humedad del suelo de Aloburo y Yahuarcocha .....	51
4.2.2. Diagrama ombrotérmico de junio 2016 a junio 2017.....	54

4.3 Socialización del proyecto y sensibilización dentro del área de estudio .....	57
4.3.1. Entrevista a los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha .....	57
CAPÍTULO V.....	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
REFERENCIAS .....	64
ANEXOS .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Órdenes Taxonómicos de los suelos.....	10
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los suelos según su textura.....	13
<b>Tabla 3.</b> Valores de porosidad en porcentaje.....	15
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de pendientes .....	21
<b>Tabla 5.</b> Descripción de los sitios experimentales de Aloburo y Yahuarcocha.....	27
<b>Tabla 6.</b> Esquema de los tratamientos de mulch orgánico.....	35
<b>Tabla 7.</b> Resultados iniciales de los parámetros físicos del suelo en los sectores de estudio de Aloburo y Yahuarcocha.....	43
<b>Tabla 8.</b> Resultados de análisis del área de estudio final de Aloburo y Yahuarcocha .....	45
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza de la humedad del suelo de Aloburo .....	49
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza de la humedad del suelo de Yahuarcocha .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sección transversal de la Tierra a través de un continente .....	9
<b>Figura 2.</b> Triángulo de textura del suelo.....	12
<b>Figura 3.</b> Horizonte del suelo .....	14
<b>Figura 4.</b> Ubicación del área de estudio, parroquia San Miguel de Ibarra. ....	28
<b>Figura 5.</b> Ubicación del área de estudio de Aloburo y Yahuarcocha. ....	29
<b>Figura 6.</b> Superficie de los ensayos de Aloburo y Yahuarcocha.....	32
<b>Figura 7.</b> Muestra de suelo en el anillo del barreno .....	33
<b>Figura 8.</b> Disposición alternada de plantas de alverja y maíz con sistema de riego en el sector de Aloburo .....	36
<b>Figura 9.</b> Sistema de riego por goteo y zanja de coronación en el sector de Aloburo .....	36
<b>Figura 10.</b> Sistema de riego por goteo y zanja de coronación en el sector de Aloburo .....	37
<b>Figura 11.</b> Colocación de la muestra de suelo dentro de una funda hermética utilizando un escardillo en el sector de Yahuarcocha.....	38
<b>Figura 12.</b> Ingreso de muestras de suelo a la estufa en el laboratorio de la Univesidad Técnica del Norte .....	39
<b>Figura 13.</b> Entrevista a los líderes comunitarios del sector de Aloburo .....	40
<b>Figura 14.</b> Densidad aparente del suelo de Aloburo y Yahuarcocha ( $\text{g/cm}^3$ ) .....	46
<b>Figura 15.</b> Agua aprovechable del suelo de Aloburo y Yahuarcocha (%) .....	47
<b>Figura 16.</b> Porosidad del suelo de Aloburo y Yahuarcocha (%) .....	48
<b>Figura 17.</b> Promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo de Aloburo .....	50
<b>Figura 18.</b> Promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo de Yahuarcocha .....	51
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de humedad de Aloburo y Yahuarcocha .....	52
<b>Figura 20.</b> Análisis clúster de la humedad del suelo de Aloburo y Yahuarcocha .....	54
<b>Figura 21.</b> Precipitación vs. Temperatura periodo Junio 2016 - Junio 2017, estación meteorológica INAMHI-Ibarra.....	55
<b>Figura 22.</b> Precipitación vs. Temperatura periodo Enero 1994 - Diciembre 2004, estación meteorológica INAMHI- Ibarra Aeropuerto .....	56

<b>Figura 23.</b> Personas entrevistadas que han sembrado maíz en el área de influencia del proyecto (%) en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.....	58
<b>Figura 24.</b> Interés por la conservación de la humedad del suelo por parte de los entrevistados (%) en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.....	60
<b>Figura 25.</b> Disposición al cambio del sistema de riego a riego por goteo (%) en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.....	61
<b>Figura 26.</b> Entrevista con el Sr. José Revelo propietario del terreno de Aloburo .....	83
<b>Figura 27.</b> Socialización del proyecto con los miembros de la Junta de Agua y Riego .....	83
<b>Figura 28.</b> Entrevista con el canal de la Universidad Técnica del Norte (UTN).....	83
<b>Figura 29.</b> Entrevista con los miembros de la Junta de Agua y Riego del sector de Yahuarcocha .....	83



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Resultados iniciales de las propiedades físicas del suelo .....	71
<b>Anexo 2.</b> Resultados finales de las propiedades físicas del suelo por tratamientos .....	73
<b>Anexo 3.</b> Cuestionario de factibilidad del uso de coberturas orgánicas muertas y riego por goteo en el área de estudio.....	81
<b>Anexo 4.</b> Socialización del proyecto en el sector de Aloburo y Yahuarcocha .....	83

## ABREVIATURAS

AGROCALIDAD	Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro
ANOVA	Análisis de varianza
BIOPELIA	Biodiversidad, biomas y más. Enciclopedia ilustrada de la vida en la Tierra
ESPOL	Escuela Politécnica del Litoral
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FLACSO	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador
GEOECUADOR	Grupo Espacial de Operaciones del Ecuador
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INIAP	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SNI	Sistema Nacional de Información
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente
UPGMA	Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic averages
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UTN	Universidad Técnica del Norte

# INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en las localidades de Aloburo y Yahuarcocha, ubicadas en la provincia de Imbabura-Ecuador. El problema principal de estos sitios es el deterioro del recurso suelo afectado por las malas prácticas agrícolas que han ocasionado procesos de erosión, alta exposición a la radiación solar, escasa vegetación y bajos niveles de cobertura de suelo. El objetivo de esta investigación fue analizar la incidencia de coberturas orgánicas de cebada (*Hordeum vulgare* L), fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) y arveja (*Pisum sativum* L) en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados de maíz (*Zea mays* L) y arveja (*Pisum sativum* L). Para esto, se caracterizaron las siguientes propiedades físicas del suelo: densidad aparente, agua aprovechable y porosidad, determinados en laboratorios especializados de Agrocalidad y analítico de agua y suelo de la Universidad Técnica del Norte; donde se obtuvieron muestras de suelo al inicio y al final del cultivo para la observación de cambios de humedad. A su vez se evaluó la conservación de la humedad del suelo y riego por goteo con el método gravimétrico, para lo cual se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, y un diagrama ombrotérmico para determinar la temperatura y precipitación en un periodo de un año (2016-2017) para disponer de un registro climático para el cultivo. Por último, se socializó los resultados a la población mediante talleres y se aplicó entrevistas para determinar la factibilidad del uso de coberturas vegetales muertas en dichos sectores afectados. Por consiguiente, a través de los análisis descritos se obtuvieron satisfactorios resultados en la conservación de humedad del suelo, siendo el mejor tratamiento el de cultivo de fréjol, mientras que el menos recomendado fue el tratamiento testigo. Se concluye que la acción de coberturas orgánicas fue un factor importante en la conservación de la humedad del suelo, para que los cultivos asociados de maíz y arveja no sean afectados por estrés hídrico.

**Palabras claves:** Mulch orgánicas, humedad del suelo, riego por goteo, cultivos asociados.

**Incidence of Organic Coverings in the Conservation of Soil Moisture in Crops  
Associated in Aloburo and Yahuarcocha, Imbabura-Ecuador**

**ABSTRACT**

The present study was conducted in the localities of Aloburo and Yahuarcocha, located in the province of Imbabura-Ecuador. The main problem of these sites is the erosion process, solar exposure to solar radiation, scarce vegetation and soil cover levels. The objective of this research was to analyze the incidence of organic cover of barley (*Hordeum vulgare* L), beans (*Phaseolus vulgaris* L) and peas (*Pisum sativum* L) in the conservation of soil moisture in growth phases associated with corn (*Zea mays* L) and peas (*Pisum sativum* L). For this, the following physical properties of the soil were characterized: apparent density, usable water and porosity, determined in laboratories of Agrocalidad and analysis of water and soil of the Universidad Técnica del Norte; where soil samples were obtained at the beginning and at the end of the crop to observe changes in humidity. In turn, soil moisture conservation and drip irrigation were evaluated with the gravimetric method, using an Experimental Design of Completely Random Blocks (DBCA) with 4 treatments and 4 repetitions, and an ombrothermic diagram for determine the temperature and precipitation in a period of one year (2016-2017) to have a climate record for the crop. Finally, the results were socialized to the population by workshops and interviews were applied to determine the feasibility of using dead plant cover in those affected areas. Therefore, through clinical analyzes satisfactory results were obtained in the conservation of soil moisture, being the best treatment of the bean crop, while the least recommended was the control treatment. It is concluded that the action of organic coverages was an important factor in the conservation of soil moisture, that the associated corn and pea crops were not affected by water stress.

**Key words:** Organic mulch, soil moisture, drip irrigation, associated crops.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En la seguridad alimentaria, se aplican métodos apropiados de manejo del suelo entre los cuales está la utilización de coberturas orgánicas que ayudan a disminuir la erosión hídrica y eólica. Esta técnica contribuye al aumento de la producción de cultivos, conservación de los recursos naturales y al desarrollo sostenible de la población.

En las dos últimas décadas, se ha dado una revalorización de la biología de suelos, como un componente importante en los sistemas de producción y se ha empezado a aplicar prácticas de manejo al nivel de finca, que permitan restablecer la vida del suelo. La adición de materia orgánica, de una u otra forma, ya sea como coberturas vivas o coberturas secas (Meléndez & Soto, 2003).

La vida del suelo, es el tiempo que el permanece en equilibrio bioquímico para ser lo suficientemente fértil para producir vida, tanto de flora como de fauna, también intervienen varios elementos orgánicos e inorgánicos que permiten la durabilidad de la fertilidad del suelo como son: las partículas minerales, rocas, plantas, organismos vivos y animales en descomposición. La fértil demora mucho tiempo en formarse y es muy fácil que se desertifique, debido a erosiones hídricas, eólicas o el excesivo uso de fertilizantes. Se puede evitar la erosión con métodos simples como la utilización de coberturas orgánicas (PNUMA, 2013).

En este contexto, es necesario analizar la capacidad de retención de la humedad del suelo, mediante la aplicación de mulch orgánico en cultivos asociados. La investigación se realizará en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, ubicadas en la provincia de Imbabura, por sus características de zonas de baja precipitación y por cuanto el agua es un recurso cada vez más escaso.

## **1.1. Problema de la investigación**

Los suelos de climas secos tienen escasa vegetación y están expuestos a la acción erosiva de la lluvia y el viento. Los suelos se ocupan muy poco para la producción de cultivos, debido a la escasez de agua tanto pluvial como de riego. El suelo es un medio multifuncional. No sólo constituye la base del 90% de los alimentos humanos, forraje, fibra y combustible, sino que ofrece también beneficios que van más allá de las funciones productivas. El suelo constituye la dimensión espacial del desarrollo de los asentamientos humanos. Cada suelo desempeña una serie de diferentes funciones y presenta un grado distinto de vulnerabilidad a las diversas presiones. En cualquier caso el suelo es un recurso limitado, y aunque se puede recuperar algunas de sus funciones, no es un medio totalmente renovable (Alarcón, 2008).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016), la degradación del suelo es un proceso en el que existe una modificación en la calidad del mismo, lo cual provoca la reducción de su capacidad para cumplir correctamente con sus funciones; afectando así el suministro de bienes y servicios de quienes lo utilizan.

En el Ecuador, el problema de la degradación del suelo se relaciona más con la región interandina, donde la actividad agropecuaria es predominante. Los suelos han sido y siguen siendo afectados por numerosos procesos erosivos, a tal punto que la erosión constituye uno de los principales aspectos de degradación de los recursos naturales. Alrededor del 50% del territorio del país tiene que ver con este gran problema que es la degradación (GEOECUADOR, 2008).

Después de cinco décadas de la aplicación de los principios de la Revolución Verde en la agricultura ecuatoriana y buena parte de los suelos del país, se han visto seriamente deteriorados por el uso de tecnologías inadecuadas, tanto ecológica, económica y socio cultural (Segrelles, 2001).

Según la clasificación de los ecosistemas de Holdridge, el país posee 25 zonas de vida, de las cuales, 11 son de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. En estos lugares

se evidencia problemas de degradación, en los valles secos interandinos localizados principalmente en las provincias de Loja, Pichincha, Imbabura y Carchi (FLACSO - MAE-PNUMA, 2008).

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE , 2013), entre las características de las regiones secas del país, constan de precipitaciones bajas, poco frecuentes, irregulares e impredecibles; mayores variaciones de temperatura diurna (temperatura máxima del día en relación a temperatura mínima de la noche) que ocasionan que los suelos sean pobres en materia orgánica provocando una escasez del agua. Dentro de las regiones secas se encuentran las semiáridas, donde las precipitaciones van de 500 a 800 mm/año en la temporada lluviosa, rango en el que se encuentra el cantón Ibarra.

Los sectores de Aloburo y Yahuarcocha tienen precipitaciones que oscilan entre 600 y 650 mm/año, por lo que se consideran zonas semiáridas. La vegetación es escasa propia de las zonas de vida bosque seco montano bajo y estepa espinosa. Los suelos por lo general son de textura liviana, de fácil drenaje y con escaso contenido materia orgánica. Estos factores contribuyen al poco crecimiento de la vegetación y limitada fauna de los ecosistemas. Es visible la escasa cobertura vegetal y el poco aprovechamiento del suelo en la producción de cultivos, lo cual atenta contra la seguridad alimentaria y nivel de vida de una población creciente (MAE, 2012).

Los suelos de los sectores de Aloburo y Yahuarcocha están afectados por las malas prácticas agrícolas, las mismas que han ocasionado procesos de erosión, lo cual aumenta la pobreza y marginalidad de la población, produciendo implicaciones económicas negativas en los agricultores del área de estudio; e indirectamente pueden producir procesos de sedimentación y contaminación en la laguna de Yahuarcocha (Rodríguez, Ruz, Valenzuela, & Belmar, 2000). Ante esta situación, surgió la necesidad de realizar esta investigación, con la finalidad de analizar la incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, a fin de mantener la humedad del suelo y mejorar sus propiedades físicas mediante prácticas agroecológicas, como son las coberturas orgánicas.

## 1.2. Justificación

Con el presente estudio se plantearán alternativas para la restauración de suelos degradados, ubicados en áreas de baja precipitación, implementando cobertura vegetal viva y muerta; mediante cultivos asociados y materiales colocados sobre el suelo que aportan nutrientes para la planta, retienen la humedad, incrementan la actividad microbiana, controlan malezas y previenen la erosión (Mártinez, Córdoba, Castejón, & Higuera, 2013).

La utilización de las coberturas orgánicas (mulch, acolchado o mantillo) es una práctica agroecológica que permitirá mantener la humedad, reducir la evapotranspiración y mejorar las condiciones del suelo en cuanto a su estructura, temperatura, contenido de materia orgánica y en consecuencia su fertilidad. Esta alternativa técnica ayudara al aprovechamiento eficiente de los recursos suelo y agua, generando vida en el ecosistema. Así mismo contribuirá para el desarrollo local de estos sectores a través de la restauración del recurso suelo, sobre el cual tienen lugar las diferentes actividades productivas en especial la agricultura y la ganadería (Banco Mundial, 2008).

Es importante aplicar coberturas orgánicas para evitar la pérdida de humedad del suelo, ya que la humedad depende de la diferencia de la presión de vapor entre los cultivos y el ambiente, la cual está influenciada por la temperatura y la evaporación. Bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa, la tasa de pérdida de humedad del suelo depende de la humedad inicial, por lo que la pérdida de agua se incrementa con el aumento de la temperatura (Universidad en el Campo, 2011).

El trabajo se justifica en La Constitución de la República del Ecuador publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008, considera la protección Ambiental como uno de los deberes primordiales del Estado, en el Capítulo Segundo, Sección Segunda referida al ambiente sano, indica que este: “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay”. De manera más específica tiene relación con el Artículo 409 inciso 1: “es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo”; y Artículo 410: “el estado



brindara a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria”.

También en el Plan Nacional del Buen Vivir, objetivo 3: garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones. En el contexto de este objetivo es: La mejor ventaja que cuenta el Ecuador es la biodiversidad, por lo cual es importante saberla aprovechar, por medio del uso sostenible y su conservación; por lo tanto, es necesario producir estrategias para mantener, proteger, recuperar y desarrollar la socialización del conocimiento de la diversidad para la investigación (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017-2021).

También la presente investigación forma parte del proyecto “Eficiencia de mulch orgánico en el mejoramiento de suelos y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados en Aloburo y Yahuarcocha, Imbabura – Ecuador”; financiado por la Universidad Técnica del Norte y ejecutado por el Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica del Grupo de Investigación “Manejo y Conservación de Suelos y Aguas” (GI-MARESUAG).

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

- Analizar la incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Caracterizar las propiedades físicas del suelo de cada uno de los sitios experimentales.
- Evaluar la conservación de humedad del suelo en diferentes tratamientos en cultivos asociados de maíz-arveja con riego por goteo, en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha.

- Determinar la factibilidad del uso de coberturas muertas y riego por goteo entre los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha.

#### **1.4. Hipótesis**

Hipótesis nula: La conservación de la humedad del suelo es similar para todos los tratamientos.

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

Hipótesis alternativa: La conservación de la humedad del suelo varía al menos en alguno de los tratamientos.

$$H_a = T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$$

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. Antecedentes

El suelo esta inevitablemente influenciado a una serie de fenómenos naturales como la erosión hídrica o eólica que entre otras originan pérdidas de nutrientes en el suelo. La importancia de los abonos orgánicos es fundamental para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por ejemplo el mulch orgánico ayuda a mantener la retención de humedad en el suelo, a controlar el crecimiento de plantas no deseadas, regula naturalmente la temperatura (Wang, Chen, & Shangguan, 2015).

En una evaluación desarrollada en distintas partes del mundo, enfocada en determinar el potencial de acumulación de nutrientes de algunas especies usadas como mulch orgánico, se encontró altos contenidos de fósforo (P) y Potasio (K) en arvejilla (*Vicia villosa*) y rábano forrajero (*Raphanus sativus*), con valores cercanos al 0,35% de P y 3% de K en materia seca. En el mismo estudio, se obtuvieron altos contenidos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*) con valores cercanos a 1% de calcio (Ca) y 0,4% de Mg en materia seca (Wildner citado en Prager, Sanclemente, Sánchez, Miller & Sánchez, 2012).

En un análisis comparativo de investigaciones realizadas en Colombia, se estableció que, con el uso de leguminosas, se incrementa el ciclaje del nitrógeno (N) gracias al potencial de fijación de este elemento desde el estado gaseoso N<sub>2</sub> hasta formas amonificadas que posteriormente se bioacumulan en moléculas ricas en nitrógeno y que también, en parte, se nitrifican. Sin embargo, hay otros elementos que pueden ser absorbidos, sintetizados y posteriormente devueltos al suelo tras la incorporación del material vegetal procedente de los restos de leguminosas (Shaxson & Barber, 2005).

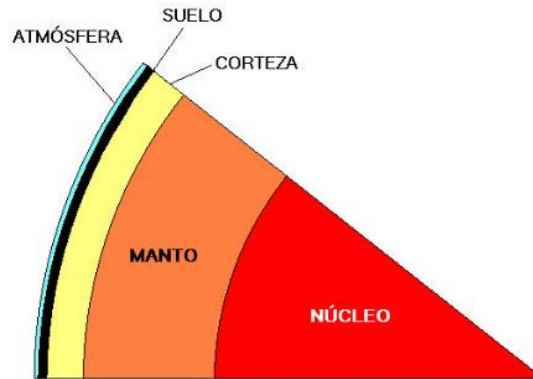
En un estudio realizado en la ciudad de Lima- Perú, acerca del efecto de un sistema de manejo convencional y un integrado sobre los organismos del suelo en el cultivo de trigo. Los resultados demostraron que la biomasa fungosa fue casi 100 veces menor que la biomasa bacteriana, pero esta última no fue significativamente más alta en el sistema de manejo integrado. En cambio, las poblaciones de amebas y los nemátodos sí fueron más altas en la parcela de manejo integrado, en 64% y 22%, respectivamente. Cuando se midió la mineralización del nitrógeno (N), ésta fue 30% más alta con manejo integrado, diferencia que fue atribuida al 30% más de materia orgánica encontrada en dicha parcela (Bloem citado en Julca, Meneses, Blas & Bello, 2006).

En Ecuador, los estudios sobre el uso de las coberturas orgánicas llevados a cabo por la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL), han puesto en evidencia la importancia del uso de mulch orgánico en el suelo, la disponibilidad de fósforo y potasio intercambiable y al mismo tiempo mejoran la porosidad y capacidad de retención de humedad, como para otros cultivos, señalándose que es factible la incorporación al suelo de hasta 108 kg de Nitrógeno/ha/mes (Suquilanda, 2008). El mulch orgánico al pasar el tiempo proporcionan la liberación lenta de nitrógeno y otros nutrimentos necesarios para el desarrollo de la planta y mejora la capacidad de retención de humedad.

## **2.2. Marco teórico**

### ***2.2.1. El Suelo: soporte de la vida***

El suelo es la fina capa de materia fértil ubicado en el límite entre la atmósfera y la zona continental de la corteza terrestre como indica la Figura 1., atmósfera, corteza y suelo interactúan para proporcionar a los seres vivos los recursos que necesitan (BIOPEdia, 2017).



**Figura 1.** Sección transversal de la Tierra a través de un continente

**Fuente:** López A., 2006

El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de adoptar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvia cediéndola a las plantas a medida que lo necesitan. También en el suelo las raíces encuentran el aire necesario para vivir (Schlegel & Chiappini, 1996).

El suelo está constituido principalmente por cuatro componentes que son: la materia mineral con el (45%), materia orgánica con el (5%), aire con el (25%) y agua con el (25%). El suelo contiene en su mayoría por materia mineral, producto de la descomposición de la roca madre de la corteza del globo terrestre terráqueo. Además, el suelo es un agente biótico, es decir, los animales, las plantas y en general la materia orgánica que cae en la superficie y entra en contacto con seres microscópicas (hongos y bacterias) que se encargan de desintegrar la materia orgánica y revolverla con las partículas minerales (Acosta, 2006).

Los suelos pueden clasificarse por su textura, estructura, porosidad, densidad aparente, densidad real, profundidad, color, temperatura y humedad. Los órdenes taxonómicos del suelo que facilitan la interpretación (Tabla 1). Donde fueron agregados en: horizonte y características diagnosticas como el régimen de humedad del suelo, régimen de temperatura del suelo y otras (Muñoz, 2011).

**Tabla 1***Órdenes Taxonómicos de los suelos*

<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>
Histosoles	Suelos orgánicos con más de 30% de materia orgánica hasta 40 cm de profundidad
Espodosoles	Suelos minerales con horizontes de Al amorfo y M.O.
Andisoles	Son suelos de colores oscuros, siendo altamente porosos, ligeros, permeables, de buena estructura y fáciles de trabar.
Oxisoles	Suelos con alta porosidad, generalmente arcillosos, límites de horizonte difusos y saturación básica muy baja
Vertisoles	Suelos compuestos por arcillas expandibles, lo que da lugar a cuarteaduras y fisuras de tamaños profundidades variables.
Aridisoles	Suelos minerales bajo régimen arídico pero con horizontes pedogenéticos adicionales al superficial.
Ultisoles	Suelos minerales con un horizonte argílico y baja saturación de bases (<35%).
Mollisoles	Suelos superficiales moderadamente profundos, con epipedón mólico, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia fiable y dotada suficientemente de bases, principalmente Ca y Mg.
Alfisolos	Suelos minerales con horizontes de iluviación de arcillas y saturación relativamente alta en profundidad, con humedad suficiente para que puedan desarrollarse cultivos.
Inceptisoles	Suelos minerales de baja evolución pero con horizontes genéticos y humedad asequibles a cultivos.
Entisoles	Suelos recientes, minerales, con horizontes pedogenéticos débiles o sin ellos, de muy baja evolución.
Gelisoles	El permafrost está definido como una condición térmica en la cual un material (incluyendo el suelo) se mantiene por debajo de 0° C por 2 o más años en sucesión.

**Fuente:** Fernández & Anadón, 2006

**2.2.2. Propiedades físicas del suelo**

El suelo consta con diferentes propiedades y características, y es importante entender cada una de ellas para su correcto manejo y así evitar la degradación del mismo por el mal uso de prácticas agrícolas. Las propiedades físicas de un suelo son el resultado de la interacción que se origina entre las distintas fases del mismo (suelo, agua y aire) y la proporción en la que se encuentran cada una de estas. La condición física de un suelo determina su capacidad de sostenimiento, facilidad para la penetración de raíces, circulación del aire, capacidad de almacenamiento de agua, drenaje y retención de nutrientes, entre otros

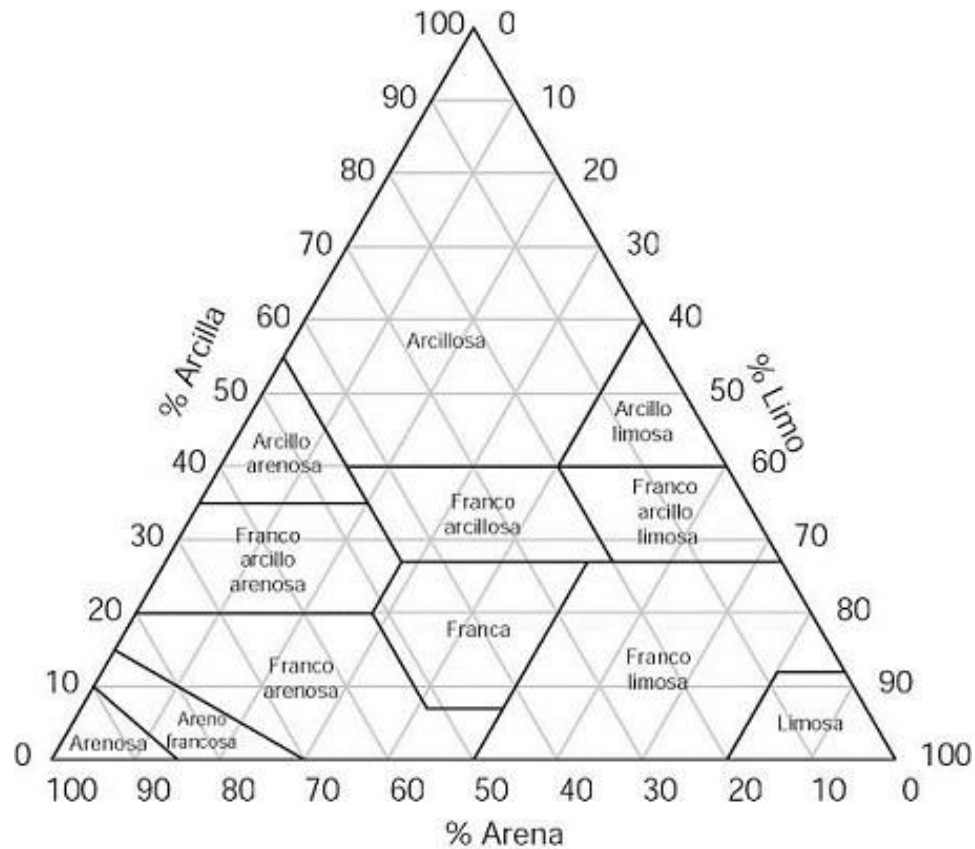
factores (Castellanos, 2014). Las principales propiedades físicas que influyen en el desarrollo de los cultivos son las siguientes: textura, estructura, porosidad, densidad aparente, densidad real, humedad del suelo, capacidad de campo, punto de marchitez, agua aprovechable y evapotranspiración, que se encuentran relacionadas con la capacidad de retención de agua en el suelo.

### **2.2.2.1. Textura: tangibilidad para los sentidos**

La textura del suelo es una de las propiedades de la fase sólida, de la parte inorgánica del suelo. La propiedad depende del material parental del suelo. De la combinación de las distintas fracciones de arena, limo y arcilla es posible de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases textuales, para esto se utiliza el triángulo de texturas o Diagrama textural (Jaramillo, 2002).

- Arena: partículas comprendidas entre 0,05 y 2 mm
- Limo: Partículas entre 0,002 y 0,05mm
- Arcilla: Partículas menores de 0,002 mm

Para determinar el tipo granulométrico o clase textural de un suelo donde se utiliza los diagramas triangulares (Figura 2). Siendo el triángulo de referencia un triángulo rectángulo o un triángulo equilátero. El interior del triángulo está dividido en casillas, cada uno de ellas presenta una clase de suelo caracterizado por las proporciones de unos o de dos elementos dominantes; suelos arenosos, limosos, arcillosos, arcillo arenoso, etc (Córdova, Rojas, Montalván, Lozada, & Alva, 2014).



**Figura 2.** Triángulo de textura del suelo

**Fuente:** FAO, 2015

Es la proporción de los componentes inorgánicos del suelo en forma y tamaños de arena, limo y arcilla (Tabla 2). La textura de los horizontes del suelo a grandes rasgos estos influyen en: la capacidad de retención de agua para las plantas, riesgo de compactación (dificultad de paso de las raíces en horizontes muy arcillosos), disponibilidad de nutrientes, erosionabilidad, rendimiento de los cultivos y comportamiento frente al laboreo (Gisbert, Ibáñez, & Moreno, 2010).



**Tabla 2***Clasificación de los suelos según su textura*

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Textura gruesa	86-100	0-14	0-10	Arenoso	Suelo arenoso
	70-86	0-30	0-15	Arenoso franco	
Textura moderadamente gruesa	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso	
	23-52	28-50	7-27	Franco arenoso	
Textura media	20-50	74-88	0-27	Franco limoso	Suelos francos
	0-20	88-100	0-12	Limoso	
	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso	
Textura moderadamente fina	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso	
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso	
	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso	
Textura fina	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso	Suelos arcillosos
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso	

**Fuente:** United States Department of Agriculture, 2004

### 2.2.2.2. Estructura: arquitectura de las partículas

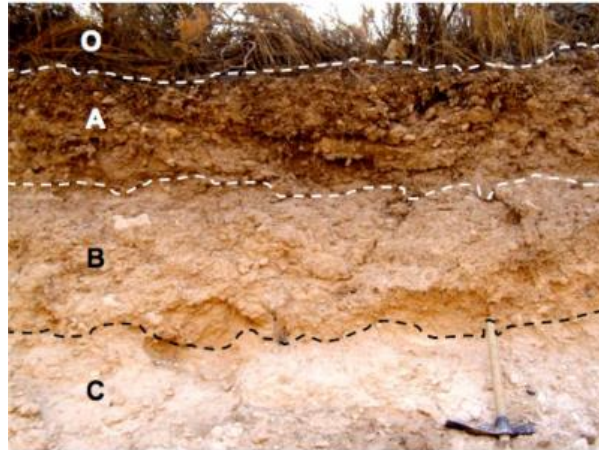
La estructura del suelo es la organización natural de las partículas del suelo en unidades del suelo agregados que resultan de los procesos edáficos. Las partículas están divididas por los poros. La estructura del suelo varia partes del horizonte se describe en términos de grado, tamaño y tipo de agregados (Vargas Rojas, 2009).

Según el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP, 2015), el suelo se extiende tanto en superficies como en profundidad; consta de varias capas llamados horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie (Figura 3). Cada uno de los horizontes del suelo tiene distintas propiedades físicas y químicas, lo que se refleja en su aspecto y el conjunto de horizontes llamados perfiles del suelo que se puede percibir en un corte de caminos:

**Horizonte A:** capa superior, más oscura y fértil, con más raíces. Es la capa arable del suelo.

**Horizonte B:** capa más arcillosa, menos fértil y con menos raíces.

**Horizonte C:** capa más profunda. Prácticamente sin raíces.



*Figura 3.* Horizonte del suelo

**Fuente:** INIAP, 2015

### **2.2.2.3. Porosidad: ligereza para aliviar**

La porosidad del suelo son los espacios vacíos en el suelo. Estas expansiones están relacionadas con el arreglo de los constituyentes primarios del suelo. Este término de porosidad se describe de acuerdo al tipo, tamaño y abundancia. Existen dos tipos de porosidad (Jiménez & Khalajabadi, 2005).

La porosidad cerrada está conformada en poros en forma de “fondo de bolsa” y los “dedos de guante”, estos poros no intervienen casi nada en circulación del agua, pero juegan en un rol importante en la retención de la misma en las condiciones de aireación. La porosidad abierta son considerados poros reales, tubos o vacíos presentando en forma de red que atraviesan los agregados, estos canalículos son esenciales en la circulación de los fluidos y en los fenómenos de retención (Scalone, 2008).

Puede ser calculada a partir de la densidad real y densidad aparente y resulta la suma de la porosidad capilar relacionada con la retención de humedad y de la porosidad no capilar o intercambio gaseoso. Puesto que el volumen aparente siempre será superior al volumen real, la densidad real siempre será mayor que la densidad aparente, donde se puede llevar a cabo el cálculo de la porosidad (Atarés Huerta, 2017):

$$P = \frac{P_{real} - P_{aparente}}{P_{real}} * 100 = \%$$

En donde:

P= Porosidad

Paparente= Densidad Aparente

Preal= Densidad Real

%= Porcentaje

La importancia agrícola de la porosidad del suelo es muy grande y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivo, labranza y otras propiedades del suelo y su manejo. Los valores de porosidad en porcentaje del suelo también depende de las raíces, si se incrementa la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con lo que el crecimiento de las raíces se limita a valores críticos (Tabla 3) (Ingaramo, Paz, Mirás, & Vidal, 2007).

**Tabla 3**

*Valores de porosidad en porcentaje*

Porosidad total (%)	Interpretación
<30	Muy baja
30-40	Baja
40-50	Media
50-60	Alta
>60	Muy alta

**Fuente:** Flores & Alcalá, 2010

#### **2.2.2.4. Densidad Aparente: cohesión de las masas del suelo**

La densidad aparente o muestras no disturbadas se ve afectada por la estructura del suelo esto quiere decir por la compactación del suelo, por sus características de expansión y contracción, que dependen a su vez del contenido de agua del suelo. La densidad aparente es la relación entre la masa del suelo seco a 105 °C o 110 °C por 24 a 48 horas y el volumen total, englobando los espacios porosos de suelo (Lara et al, 2009). Tomando tal como aparece

en el perfil del terreno; en este volumen se incluyen no sólo las partículas de suelo, sino también los espacios de aire y materia orgánica. En definitiva, este valor depende de la textura, la estructura y el grado de compactación del suelo.

En suelos arenosos la densidad aparente puede ser tan alta como 1,6 g/cm<sup>3</sup>. En franco cercana a 1,2 g/cm<sup>3</sup> y en suelos arcillosos cercana a 1.0 g/cm<sup>3</sup>. Los suelos orgánicos o los suelos volcánicos tienen densidades menores a 1.0 g/cm<sup>3</sup> (suelos fumíferos de 0,7 a 1,0 g/cm<sup>3</sup>, suelos de turba de 0,2 a 0,5 g/cm<sup>3</sup>). Un suelo agrícola promedio, cultivado, puede tener un valor de densidad aparente de 1,3 - 1,35 g/cm<sup>3</sup> (Carvache, 2010):

$$DA = \frac{Ps}{VC} = g/cm^3$$

En donde:

DA= Densidad Aparente

Ps= Peso seco

VC= Volumen del cilindro

g/cm<sup>3</sup>= gramos / centímetros cúbicos

A menor densidad aparente, mayor espacio poroso, es decir, se trata de un suelo compacto, por lo tanto, la densidad aparente es inversamente proporcional al espacio poroso. La densidad aparente varía de acuerdo al estado de agregados del suelo, al contenido de agua y la proporción del volumen ocupando por los espacios intersticiales, que existen incluso en suelos compactos (Heredía, 2017). La densidad aparente es afectada por factores como: la textura, la materia orgánica, la consolidación y la profundidad.

Los suelos de textura fina, bien estructurados y con alto contenido de materia orgánica presentan valores más bajos de densidad aparente que los suelos de textura gruesa, poco estructurados y con bajos contenidos de materia orgánica (Tabla 4), los valores pueden llegar ser inferiores a 0,25 en suelos turbosos y superiores a 1,90 en suelos muy compactos, en suelos minerales volcánicos los valores se aproximan a 0,85 (Porta, López, & Roquero, 1999).

### **2.2.2.5. Densidad Real:**

La densidad real o también conocida como densidad de las partículas, se refiere al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo. Esto se determina con el peso de la muestra del suelo y el volumen obtenido. El volumen se determina con un picnómetro, en el cual se emplea el principio de Arquímedes, en donde el volumen de un líquido es desplazado por los sólidos sumergidos (Rubio Gutiérrez, 2010):

$$Dr = \frac{Ps}{Vs} = g/cm^3$$

En donde:

Dr= Densidad Real

Ps= Peso de los solidos

Vs= Volumen de los solidos

g/cm<sup>3</sup>= gramos / centímetros cúbicos

Este valor puede cambiar dependiendo del tipo de minerales y del material madre y de la cantidad de materia orgánica del suelo. Un volumen de sólidos minerales pesa mucho más que la materia orgánica, esto afecta la densidad de las partículas. Por lo tanto, los suelos de la superficie son generalmente menos densos que los del subsuelo (Buckman & Brady, 1977).

La densidad real cambia indudablemente por el porcentaje de elementos que conforma el suelo. Por lo tanto, posee varias densidades: El cuarzo y los feldespatos 2,6 y la materia orgánica 1,5. Donde la densidad real de los suelos que no obtienen la suma infrecuente de minerales pesados, está aproximadamente de 2,65 si suma de materia orgánica no sobrepasa a 1% (Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 2004).

### **2.2.2.6. Humedad del suelo: elemento vivificante**

Se refiere al contenido de agua en una cantidad determinada de suelo. El tipo de humedad que se midió fue la higroscópica; ésta es la humedad que aún conserva el suelo

luego de haber sido sacado al aire y que se pierde al someterlo a temperaturas de 105°C. Se considera que la humedad higroscópica está presente en el suelo, como una delgada película de espesor aproximadamente molecular, ésta varía dependiendo de la atmósfera con respecto al vapor del agua (Forsythe, 1980).

La humedad gravimétrica se representa como un porcentaje en peso, se refiere al cuerpo de agua que es retenida por el patrón de materia de sólidos del suelo. La fórmula que se utiliza para obtener la humedad volumétrica (Angella, Frías, & Salgado, 2016). Esta es la fórmula que se aplicó para obtener los resultados de las muestras obtenidas en campo para determinar los porcentajes de humedad de suelo:

$$\theta g = \frac{mh - ms}{ms} * 100 = \%$$

En donde:

$\theta g$ = Humedad gravimétrica

mh= Peso del suelo húmedo

ms= Peso del suelo seco

%= Porcentaje

- **Capacidad de campo del suelo y Punto de marchitez**

La capacidad de campo y punto de marchitez del suelo son los límites que definen la necesidad de agua de un cultivo para su óptimo desarrollo. El agua contenida en el suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es el agua capaz de absorber el sistema radical del cultivo, por lo cual, para el cálculo de las necesidades de agua es necesario tener en cuenta estos límites, que varían en función del tipo de suelo entre otros factores (Pérez, 2017). A su vez el punto de marchitez es el contenido de agua de un suelo al cual la planta se marchita (Silva, Silva, Garrido, & Acevedo, 2015).

- **El agua aprovechable**

El agua aprovechable es la cantidad de agua retenida en un suelo entre la capacidad de campo y punto de marchitez, en otras palabras, es la humedad útil del suelo y está presente en mayor proporción en suelos arcillosos que en suelos arenosos. Representa la relación más significativa del suelo, por tanto, es el rendimiento de sistemas agrícolas y se modifica por el tipo de suelo o las prácticas agrícolas (Salcedo et al, 2007).

- El movimiento del agua hacia el suelo y dentro del suelo.
- La capacidad de almacenaje de humedad de los suelos.
- La disponibilidad de la humedad de los suelos para las plantas.

El sistema del suelo implica la forma, grado y tamaño de complementación. Por lo tanto, el sistema del suelo alterado por la porosidad y por tanto la disposición de agua y su retención se sujeta al número de poros. La porosidad y retención de agua en el suelo se sujeta a la porosidad total depende por la densidad aparente y la densidad real del suelo (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008).

- **Necesidad de agua en un cultivo**

La necesidad de agua en un cultivo se relaciona a la porción de agua requerida para contrarrestar la pérdida de la evaporación y transpiración (evapotranspiración). Puesto que las cifras de evapotranspiración y de las necesidades de agua del cultivo son similares, sus definiciones difieren: donde la necesidad de agua de cultivo trata sobre la cantidad de agua que precisa el suelo mismo que puede ser obtenido del riego o de la lluvia, en cambio la evapotranspiración es la cantidad de agua pérdida por la evaporación y transpiración (Snyder, 2014). Es decir que la necesidad de riego interpreta la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

- **Evapotranspiración**

La evaporación y la transpiración ocurren al mismo tiempo y no hay una forma simple de diferenciar entre estos dos procesos. En las primeras fases del cultivo, se pierde el agua primordialmente por evaporación directa o radiación solar al suelo, pero con el crecimiento del cultivo al cubrir éste totalmente el suelo, el proceso principal se convierte en la transpiración. Por otro lado, la evapotranspiración se divide en dos componentes (evaporación y transpiración) en relación con el área foliar por unidad de superficie y debajo del suelo. Durante la siembra, casi el 100% de la evapotranspiración ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la evapotranspiración ocurre como transpiración (FAO, 2006).

#### **2.2.2.7. Pendiente del terreno**

La pendiente del terreno se refiere al desnivel de la superficie del sitio; se mide usando un clinómetro dirigido a la dirección de la pendiente más empinada (Vargas Rojas, 2009). Cuando la montaña es empinada, mayor es la fuerza erosiva del agua; a mayor longitud de la pendiente, hay mayor arrastre de partículas.

El grado de inclinación de las formas es básico en la caracterización del relieve (Tabla 4). Las pendientes fuertes favorecen la escorrentía superficial, disminuyen el tiempo de contacto y reducen la infiltración del agua (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009). En suelos agrícolas, la pendiente se expresa en porcentajes o tantos metros de desnivel por cada 100m de longitud horizontal (Pedraza, 1996).



**Tabla 4**

*Clasificación de pendientes*

Clase	Pendiente-Rango	Relieve
1	0-5%	Plano
2	5-12%	Ligeramente ondulado
3	12-25%	Ondulado
4	25-50%	Montañoso
5	50-70%	Muy montañoso
6	>70%	Escarpado

**Fuente:** Vargas Rojas, 2009

**2.2.3. *Mulch o coberturas orgánicas muertas, como estrategia de retención de la humedad***

Las coberturas orgánicas (mulch) es una estrategia para la retención de humedad en el suelo. Su fundamental labor de las coberturas orgánicas muertas es proteger de una acción erosiva de lluvias y disminuir la velocidad de la escorrentía. También aminora las oscilaciones de temperatura del suelo, evitando el riesgo de la sequía. El mulch es un agente termo regulador donde beneficia el desarrollo de fauna y flora microbiana (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014).

**2.2.3.1. *Tipos de mulch***

Los dos principales tipos de mulch son los inorgánicos y los orgánicos. Los mulch inorgánicos están formados por piedras, goma pulverizadora y plástico poliéster, entre otros. El mulch inorgánico no proporciona nutrientes al suelo, ni tampoco mejora la estructura del suelo. Por otro lado el mulch inorgánico no se descompone fácilmente (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2015).

El mulch orgánico están formados por astillas, hojas, tallos, cáscaras de cacao, paja, papel y una gran variedad de materia residuos derivados de restos vegetales. El mulch orgánico proporciona nutrientes al suelo y favorece al desarrollo de diversos microorganismos en el suelo, también ayuda a mantener la humedad del suelo y evita la evapotranspiración (Zribi, Faci, & Aragués, 2011).

### ***2.2.3.2. Asociación de cultivos***

La asociación es una modalidad útil en áreas de pequeños agricultores, ya que puede proporcionar más de una cosecha. El método reduce el espacio para el crecimiento de las malezas mediante el aumento de la densidad del cultivo a través de la combinación de dos o más especies. Los estudios de asociaciones suelen realizarse con variantes combinadas de cultivos y con cultivos solos, para así poder determinar el rendimiento equivalente y decidir si la asociación es factible agronómica y económicamente (FAO, 2010).

La asociación de gramíneas más leguminosas, se pueden definir como la interpretación equilibrado entre dos especies, de gramíneas y leguminosas. El determinar la asociación de cultivos, esto requiere de algunos preparativos de siembra, para reducir la competencia, dominio o desplazamiento entre cultivos asociados. El porcentaje de leguminosas en la pradera, donde el alto provecho de la asociación de cultivos debe ser de accesibilidad entre 30 a 40% de leguminosas. Estos arreglos se dan de 1:1, 2:1 y 3:1 esto representa que uno, dos o tres gramíneas por una leguminosa (Rojas, Olivares, Jiménez, & Hernández, 2005).

### ***2.2.3.3. Sistema de riego por goteo***

El sistema de riego por goteo donde se aplica directamente al suelo, gota a gota es la disposición de los cultivos con el agua necesaria para su desarrollo. El sistema de riego se denomina la frecuencia, donde se puede regar por lo menos de una a dos veces por día, dependiendo del tipo del suelo y las condiciones climáticas a la cual este expuesto el cultivo, por lo que se evitara el peligro del stress hídrico (Liotta, 2015).

### ***2.2.3.4. Conservación de la humedad***

El mantenimiento de los residuos de los cultivos sobre la superficie del suelo aumenta la conservación de la humedad en el perfil del suelo, especialmente en áreas secas. Los residuos de cultivos en la superficie: (FAO, 2014).

- Incrementa la infiltración de agua por medio de la prevención del encostramiento y mejoran la estructura del suelo.
- Captura más humedad que los suelos descubiertos, debido a la rugosidad superficial.
- Dan sombras de suelo y por tanto se reduce la evapotranspiración.
- Aumenta la cantidad de retención de agua del suelo debido al mejoramiento de la estructura del mismo.

#### ***2.2.4 Incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados***

Las coberturas orgánicas secas es el reciclaje de la biomasa de la cosecha para aumentar nutrientes al suelo. Por ejemplo, las plantas o ramas que sirven como mulch para la conservación de suelos y para poder evitar la erosión, en cultivos asociados (López & Rocha, 2007).

### **2.3. Marco legal**

La investigación está basada en los cuerpos legales del Ecuador, principalmente en la Constitución de la República del Ecuador 2008, con acuerdos, leyes y objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021, los cuales dan la base legal para la conservación del suelo dentro del Ecuador.

#### ***2.3.1. Constitución de la República del Ecuador***

La Constitución de la República del Ecuador (2008) considera la protección ambiental como uno de los deberes primordiales del Estado, en el Capítulo Segundo, Sección Segunda referida al ambiente sano, indica que este artículo 14; “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay.” También menciona en su artículo 281; “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para

garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”. En el mismo artículo, numeral 3; señala que se debe “Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria”.

A su vez el suelo es un sector estratégico en la Constitución del Ecuador de gobierno que habla en el Título VI del Régimen del buen vivir en la sección quitan del suelo menciona en el artículo 409;

Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. (p.123).

Para las áreas de degradación y desertificación se debe conservar, proteger y restaurar las áreas de erosión y desertificación para asegurar la seguridad alimentaria. También menciona en el artículo 410: “El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria”.

### ***2.3.2. Ley de Gestión Ambiental***

En la Ley de Gestión Ambiental (2004), establece la siguiente clausula:  
Subsistema de Gestión Ambiental. - está constituida por organismos y entidades de la administración pública central, institucional y sectorial, que conjuntamente o individualmente se encarga a la administración de los sectores determinados de la gestión ambiental, tales como el manejo de: el agua, suelo, aire, el manejo de los recursos biodiversidad y fauna, internamente de los principios generales que legisla en Sistema de Gestión Ambiental.

### ***2.3.3. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)***

El TULSMA (2012), establece un texto reglamentario acerca de la normativa ecuatoriana vigente en la Ley de Gestión Ambiental y con énfasis en la ley de control y prevención de la contaminación del ambiente, sin embargo, es apropiado nombrar las normas que se encuentran establecidas en el libro VI: Calidad Ambiental, el mismo que contiene siete anexos de los cuales seis se refieren a las normas de calidad ambiental para los diferentes recursos (agua, suelo y aire).

**Anexo 2:** Norma de calidad ambiental del recurso y criterios de remediación para suelos para suelos contaminados; estipula: La norma posee como principal objetivo es conservar o preservar la calidad del recurso suelo y salvaguardar la naturaleza del recurso suelo para preservar la integridad de la calidad de vida de las personas, los ecosistemas, las interrelaciones y del ambiente en general. Las gestiones encaminadas a preservar, conservar o recuperar. Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo con el uso y la calidad del recurso suelo deberán realizarse con base en las cláusulas de la Norma Técnica Ambiental.

- **De las actividades que degradan la calidad del suelo**

Los productores agrícolas, están en la obligación de utilizar técnicas que no degraden la calidad del suelo agrícola, así como deberán implementar procedimientos técnicos respecto al uso racional de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, este tipo de productos deberán ser manejados mediante buenas prácticas y métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos aplicables y vigentes en el país. (TULSMA, Recurso suelo - Libro VI-Anexo 2 (2015)).

### ***2.3.4. Plan Nacional del Buen vivir***

El Plan Nacional del Buen Vivir (2017-2021), en el eje 1 Derecho de todos durante toda la vida: propone en el objetivo 3: “Garantizar los derechos de la naturaleza para las

actuales y futuras generaciones”. Para garantizar la conservación y uso sostenible de la biodiversidad del país, política 3.1: “Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones”.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Caracterización del área de estudio

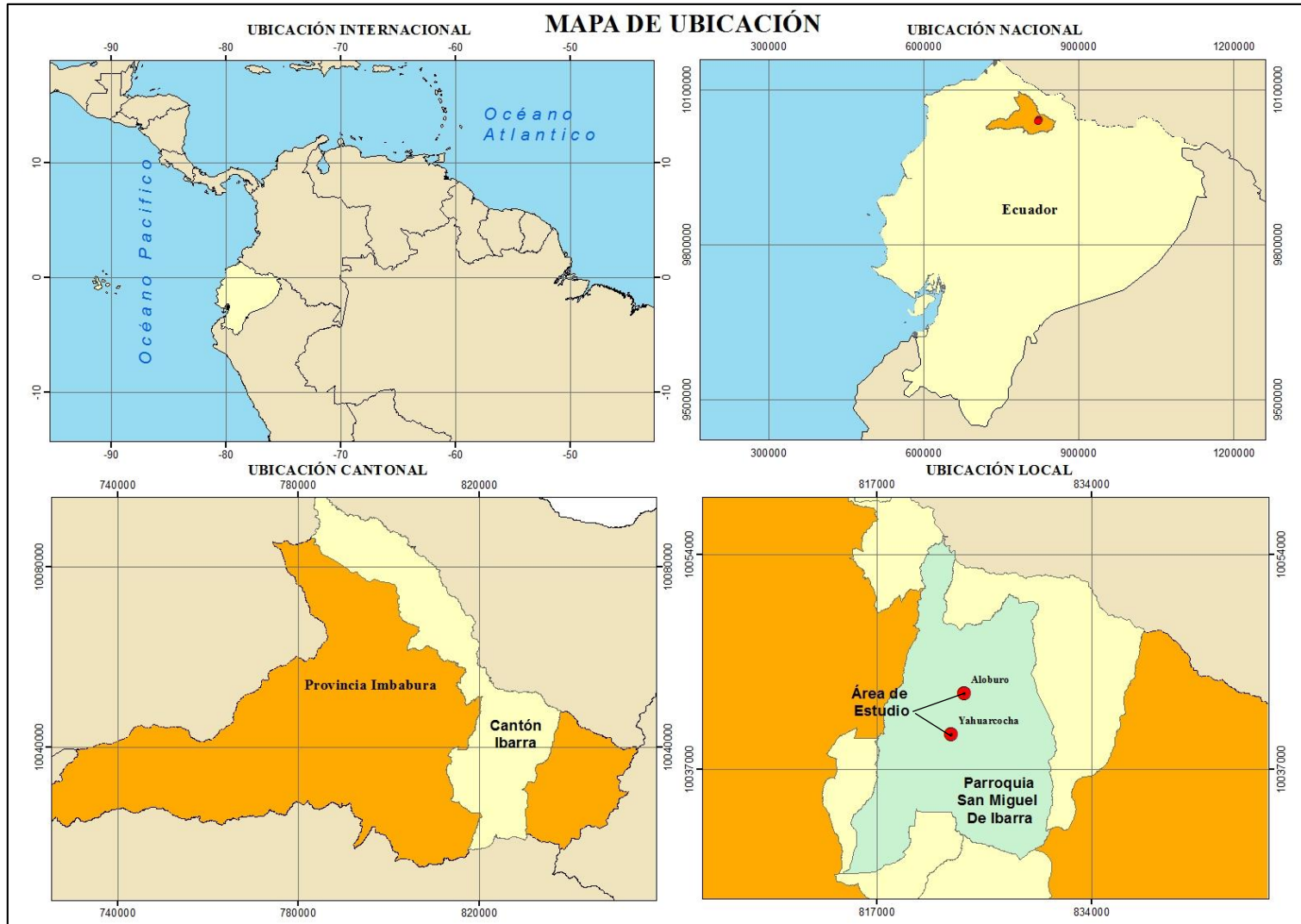
El área de estudio comprende la parte norte de la zona andina de la Sierra del Ecuador, en la provincia de Imbabura, parroquia San Miguel de Ibarra, específicamente en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, en los predios del señor José Revelo y de la señora María Gavilima respectivamente. El sector de Aloburo se encuentra en una altitud de 2462 msnm con longitud 78° 5' 23,58" oeste y latitud 00° 23' 21,08" norte, la temperatura media anual es de 13,24 °C y con una pendiente de 34,43%. Mientras que el sector de Yahuarcocha tiene una altitud de 2210 msnm con longitud 78° 5' 57,48" oeste y latitud 00° 21' 35,67" norte, con una temperatura media anual de 14,5 °C y con una pendiente menor a 3% (Tabla 5). Estos sectores tienen precipitaciones que oscilan entre 600 y 650 mm/año, las cuales se consideran semiáridas según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2012). La vegetación del área de estudio es de clima seco, existe poca vegetación y los suelos están expuestos a la erosión hídrica y eólica. La cobertura actual del suelo es de vegetación nativa propia del Bosque Seco Montano Bajo y Estepa Espinosa.

#### **Tabla 5**

Descripción de los sitios experimentales de Aloburo y Yahuarcocha

<b>Localización</b>	<b>Sitio N° 1</b>	<b>Sitio N° 2</b>
Provincia	Imbabura	Imbabura
Cantón	Ibarra	Ibarra
Parroquias urbanas (San Francisco, Caranqui, El Sagrario, Alpachaca y La Dolorosa de Priorato)	San Miguel de Ibarra	San Miguel de Ibarra
Sitio	Aloburo	Yahuarcocha
Altitud	2462 msnm	2210 msnm
Longitud en grados	78° 5' 23,58"W	78° 5' 57,48"W
Latitud en grados	00° 23' 21,08"N	00° 21' 35,67"N
Coordenada X (UTM)	823956	822908
Coordenada Y (UTM)	10043073	10039832

La ubicación geográfica del área de estudio se indica en las figuras 4 y 5.



**Figura 4.** Ubicación del área de estudio, parroquia San Miguel de Ibarra.

**Fuente:** SNI, 2013



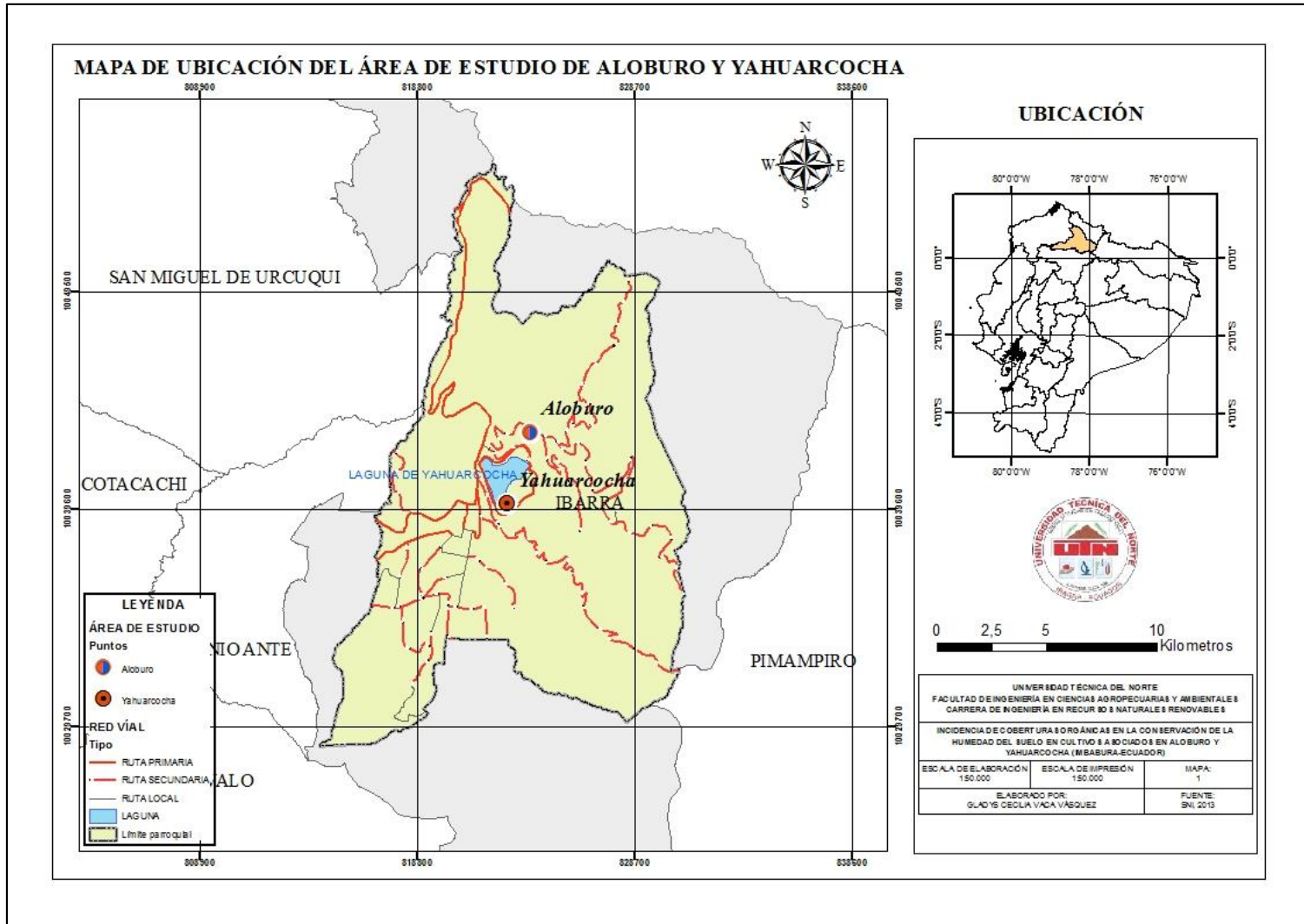


Figura 5. Ubicación del área de estudio de Aloburo y Yahuarcocha.

Fuente: SNI, 2013

### 3.2. Materiales y métodos

Los materiales y métodos que se emplearon en el presente trabajo son los siguientes:

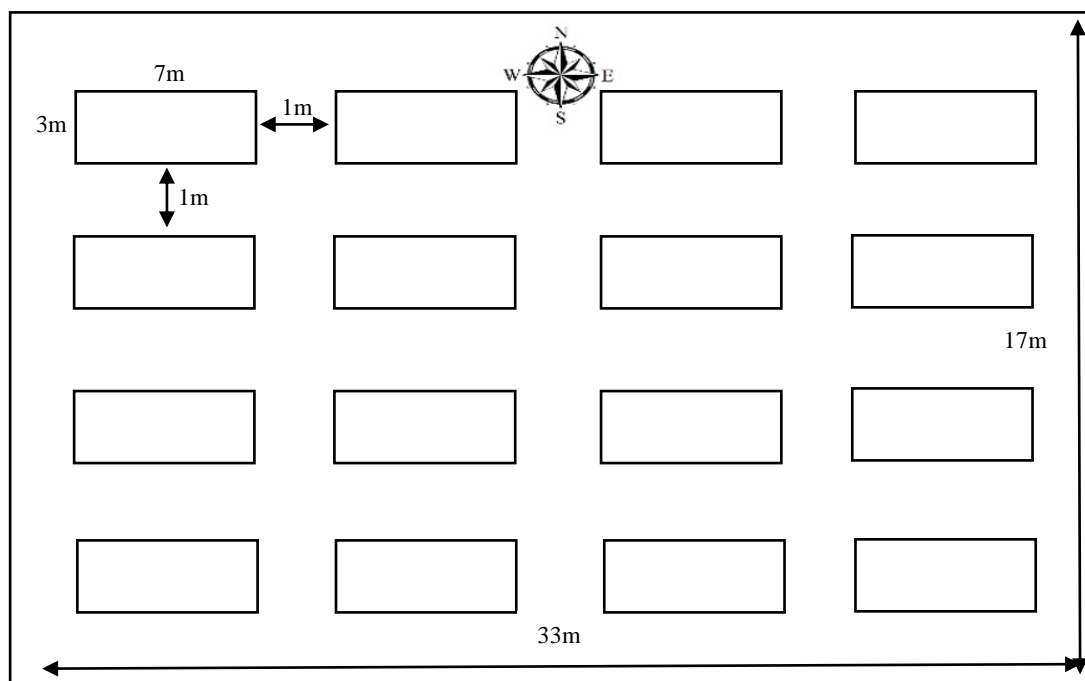
- **Materiales**
  - Cuestionario
  - Fundas plásticas
  - Libreta de campo
  - Postes
  - Estacas de madera de 45 cm
  
- **Equipos**
  - Clinómetro
  - Navegador GPS
  - Cámara digital
  - Barreno de cilindro
  - Barreno de espiral
  - Flexómetro 50 m
  - Sistema de riego por goteo
  
- **Herramientas**
  - Palas de desfonde
  - Azadón
  - Escardillo
  - Picos
  - Alambre de púas
  - Carretillas
  - Martillos

- **Materiales y equipos de oficina**
  - Computadora
  - Impresora
  - Suministro de escritorio
  - Software ArcGis 10.3 con licencia temporal del Laboratorio de Geomática de la Universidad Técnica del Norte
  - Carta topográfica digital del IGM, 2013 (Escala 1:50.000) del Instituto Geográfico Militar, formato shapefile
  - Base de datos del Sistema Nacional de Información “SNI”
  
- **Equipos de Laboratorio**
  - Crisoles
  - Estufa
  - Balanza de precisión
  - Espátulas de laboratorio
  - Cucharillas de laboratorio
  
- **Laboratorio**
  - Análisis de laboratorio de AgroCalidad
  
- **Insumos**
  - Semillas de maíz (*Zea mays* L) y arveja (*Pisum sativum* L)
  - Coberturas orgánicas (mulch) de cebada (*Hordeum vulgare* L), fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) y arveja (*Pisum sativum* L)

### 3.2.1. Fase I: Caracterización de las propiedades físicas del suelo

La taxonomía del suelo en el sector de Aloburo y Yahuarcocha es de orden Mollisol, suborden Ustoll significa que son suelos más o menos drenados de clima subhúmedo a climas semiáridos y gran grupo Durostoll que son suelos poco profundos erosionados (Ibáñez, Gisbert, & Moreno, 2013).

La Figura 6 indica los ensayos del sector de Aloburo y Yahuarcocha donde cada sitio experimental constó con un área comprendida de 17 m por 33 m dando como resultado un área de (561 m<sup>2</sup>). Cada parcela constituida por 3 m de ancho y por 7 m de longitud por parcela llegando a obtener 16 parcelas por sitio, en las que se aplicó los tratamientos con mulch orgánico de cebada, fréjol, arveja y un testigo sin mulch. La separación entre parcelas experimentales fue de 1 m entre ellas para el control de los ensayos.



**Figura 6.** Superficie de los ensayos de Aloburo y Yahuarcocha

Cuando se instaló el ensayo el 04 de diciembre del 2016, el terreno estaba previamente arado y se determinaron las características de la pendiente del terreno. Una vez finalizada esa fase, se realizó el muestreo representativo del terreno, para ello se aplicó un patrón de zig-

zag para la toma de submuestras tanto al inicio como al final del cultivo (AGROCALIDAD, 2016). Se tomaron 3 submuestras por parcela para obtener una muestra representativa de 1 kg por tratamiento y para cada sitio experimental. La muestra representativa fue enviada al laboratorio de Agrocalidad para el análisis de las propiedades físicas del suelo relacionadas con la retención de humedad: textura, capacidad de campo, punto de marchitez, agua aprovechable, densidad aparente, densidad real y humedad equivalente.

En la Figura 7 se observa las muestras de densidad aparente o muestras no disturbadas, que se obtuvieron empleando anillos de 7,62 cm de diámetro y 7,62 cm de alto (3 pulgadas por 3 pulgadas). Al inicio se tomó cuatro muestras por área de estudio para obtener la densidad aparente promedio por cada sitio experimental; al final del cultivo se determinó la densidad aparente para cada parcela o unidad experimental.



**Figura 7.** Muestra de suelo en el anillo del barrenó

Para determinar la pendiente del terreno en los dos sitios experimentales se aplicó la utilización del clinómetro ya que es un instrumento manual y fácil de usar. Un clinómetro es un instrumento que mide un ángulo con respecto a una superficie nivelada. El clinómetro se sostiene con la mano y se lee la pendiente en la escala graduada. El cálculo trigonométrico que se efectuó se lo demuestra de la siguiente manera:

$$P = \frac{N^{\circ}}{\text{Tan}} * 100 = \%$$

En donde:

P= Pendiente

N°= Numero de grados

Tan= Tangente

%= Porcentaje

El sector de Aloburo tiene una pendiente de 19° que posteriormente se procedió a transformar a porcentaje dando como resultado 34,43%. Por otro lado, en el sector de Yahuarcocha se midieron 1,5° los cuales al transformar a porcentaje dio 2,6%.

### ***3.2.2. Fase II: Análisis de la conservación de la humedad del suelo***

La presente fase se desarrolló mediante la aplicación del diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA).

#### ***a) Diseño experimental***

El análisis de la conservación de la humedad presentó un enfoque cuantitativo, ya que se utilizó un modelo estadístico para evaluar el tratamiento más adecuado, en relación a los datos obtenidos en el campo.

El suelo estaba previamente arado antes de la implementación de los ensayos donde se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en cada sitio, con 4 tratamientos y 4 repeticiones; siendo el tratamiento (T0) el testigo, el tratamiento (T1) mulch de arveja (*Pisum sativum* L), el tratamiento (T2) Mulch de cebada (*Hordeum vulgare* L) y el tratamiento (T3) mulch de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) y sus respectivas repeticiones (R) (Tabla 6).

**Tabla 6***Esquema de los tratamientos de mulch orgánico*

T0R1 Sin Mulch (testigo)	T1R1 Mulch arveja	T2R1 Mulch cebada	T3R1 Mulch fréjol
T1R2 Mulch arveja	T2R2 Mulch cebada	T3R2 Mulch fréjol	T0R2 Sin Mulch (testigo)
T2R3 Mulch cebada	T3R3 Mulch fréjol	T0R3 Sin Mulch (testigo)	T1R3 Mulch arveja
T3R4 Mulch fréjol	T0R4 Sin Mulch (testigo)	T1R4 Mulch arveja	T2R4 Mulch cebada

Una vez implementado los ensayos de cada sector, se procedió a realizar las labores culturales como es la aplicación de humus a partir de estiércol vacuno. Posteriormente se colocó 2 kg de humus por m<sup>2</sup> en cada parcela. Una vez terminada esta fase, se elaboraron 5 surcos por parcela a una distancia aproximada de 60 cm del uno del otro. Después se realizó la siembra de maíz y arveja, y a su vez se utilizó 2 kg de semilla de cada variedad para cada sitio experimental.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas con cultivos asociados de maíz y arveja, que fueron alternados en cada parcela por cada 20 cm cada planta, donde se implementó el sistema de riego por goteo de 5 hileras por parcela en los ensayos de Aloburo y Yahuarcocha. Esta disposición de las plantas está representada (Figura 8) donde claramente se observa las plantas de alverja y maíz sembradas alternadamente junto con el sistema de riego.



**Figura 8.** Disposición alternada de plantas de alverja y maíz con sistema de riego en el sector de Aloburo

En la Figura 9 se puede observar el sistema de riego por goteo en el sector de Aloburo. Además, por poseer el terreno una pendiente de  $19^\circ$  (34,43%) se precauteló realizar una zanja de coronación para evitar el arrastre del suelo y de minerales. Este sistema de riego por goteo es utilizable y adaptable a cualquier topografía, y reduce los problemas de erosión y daño a la estructura del suelo (Potosí, 2017). También se realizó salidas de campo con frecuencia de dos veces por semana, para la toma de muestras de suelo donde se determinó la humedad del suelo.



**Figura 9.** Sistema de riego por goteo y zanja de coronación en el sector de Aloburo



En la Figura 10 se puede apreciar el terreno de Yahuarcocha en el que consta el sistema de riego ya implementado. A su vez se tiene que este terreno tiene una pendiente menor a 3%. Se realizaron salidas de campo con frecuencia de dos veces por semana.



**Figura 10.** Sistema de riego por goteo y zanja de coronación en el sector de Aloburo

Después de tres semanas de siembra se colocaron las coberturas orgánicas de arveja, cebada y fréjol, en el cual se aplicó aproximadamente 1kg por m<sup>2</sup> en los ensayos de Aloburo y Yahuarcocha, dando un espesor de 3 cm por parcela.

#### ***b) Humedad del suelo***

Para obtención de muestras de suelo, se desarrollaron salidas de campo los días lunes y jueves de cada semana durante seis meses. En la Figura 11 se demuestra cómo se obtuvieron las muestras de suelo en los sitios experimentales; en lo cual se utilizó un escardillo para empezar con una limpieza de 2 a 3 cm en el sitio preparado para el muestreo. Después se escarbó el suelo a una profundidad de 10 a 15 cm. Posterior a esto se procedió a colocar la muestra dentro de una funda hermética previamente preparada y registrada para cada parcela.

Este mismo proceso se realizó tres veces por parcela en forma de zig-zag alcanzando un total de 16 muestras por sitio.



**Figura 11.** Colocación de la muestra de suelo dentro de una funda hermética utilizando un escardillo en el sector de Yahuarcocha

En la Figura 12 se observa la práctica que se realizó en el laboratorio analítico de agua y suelo de la Universidad Técnica del Norte. Para esto fue empleado el método gravimétrico donde se pesó 30 g de las muestras obtenidas en campo en vasos de precipitación; estas muestras de suelo llevaban consigo retenida la humedad. Luego se dejó que la muestra de suelo sea secada en la estufa por 24 - 48 horas a una temperatura de 100 - 110°C o hasta obtener un peso constante.



*Figura 12.* Ingreso de muestras de suelo a la estufa en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte

### *c) Diagrama ombrotérmico*

Se elaboró un diagrama ombrotérmico para presentar la distribución de la precipitación media y la temperatura media durante los meses del año. El diagrama ombrotérmico se realizó empleando datos meteorológicos de la estación del INAMHI-IBARRA, ubicada al Noreste de la ciudad de Ibarra (Latitud  $0^{\circ}19'47.04''N$ , Longitud  $78^{\circ}07'56.75''W$  y Altitud 2256 msnm).

La distancia comprendida entre la estación INAMHI-IBARRA y el sector de estudio ubicado en Yahuarcocha es de 4,98 km. Del mismo modo la distancia comprendida a la estación y el sitio de estudio en Aloburo es de 8,11 km. Al mismo tiempo la distancia comprendida entre los sitios de estudio; Aloburo y Yahuarcocha respectivamente es de 3,40 km. Por consiguiente, se elaboró el diagrama ombrotérmico junio 2016 – junio 2017 con datos de un periodo de tiempo de 1 año.

### *d) Comparación de los resultados*

Se realizó mediante la comparación de los valores de humedad del suelo obtenidos en cada uno de los tratamientos de manera mensual, se hizo la correlación de contenidos de humedad del suelo con la precipitación mensual.

Se determinó las comparaciones múltiples con el nivel de significancia global del test de ANOVA. Este nivel de significancia general es la probabilidad condicional de que en todas las hipótesis nulas siendo probadas sean verdaderas, o de rechazar al menos una de ellas.

### ***3.2.3. Fase III: Análisis de factibilidad del uso de coberturas muertas y riego por goteo***

Se elaboraron salidas de campo y charlas donde se analizó la factibilidad del uso de coberturas orgánicas muertas y riego por goteo. A su vez se trató sobre el mejoramiento del suelo y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados a través de la aplicación de la entrevista. La misma que fue estructurada con preguntas abiertas y cerradas con la finalidad de verificar la aceptación para replicar el modelo de ensayo en los terrenos de los entrevistados.

La entrevista se efectuó el 07 de mayo en Aloburo y el 07 de Julio en Yahuarcocha del 2017 y estuvo dirigida a los beneficiarios de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha y al grupo focal de los dos sectores; conformado por líderes comunitarios (Figura 13).



**Figura 13.** Entrevista a los líderes comunitarios del sector de Aloburo

### **3.3. Consideraciones bioéticas**

El estudio se realizó con el consentimiento informado de los dueños de los predios en los que se desarrolló, evitando en lo posible provocar molestias en los propietarios y moradores de los sectores al momento de la recopilación de datos. De la misma manera, se respetó la información brindada por los dueños, siendo los primeros beneficiados con la investigación de fines académicos.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta los resultados obtenidos de acuerdo a cada objetivo específico propuesto.

#### **4.1. Caracterización de las propiedades físicas del suelo de Aloburo y Yahuarcocha**

Los resultados obtenidos fueron analizados en base a las características físicas del suelo que influyen en la retención de humedad en los sectores de estudio de Aloburo y Yahuarcocha. Los parámetros que fueron analizados en ambos sitios son: densidad real, densidad aparente, humedad equivalente, capacidad de campo, punto de marchitez, agua aprovechable, porosidad y textura de suelo.

##### ***4.1.1. Resultado inicial de Aloburo y Yahuarcocha***

En la Tabla 7 se muestran los resultados iniciales en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.

**Tabla 7**

*Resultados iniciales de los parámetros físicos del suelo en los sectores de estudio de Aloburo y Yahuarcocha*

PARÁMETROS ANALIZADO	UNIDAD	RESULTADO INICIAL	
		ALOBURO	YAHUARCOCHA
Densidad Real	g/cm <sup>3</sup>	2,55	2,32
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,21	1,19
Humedad Equivalente	%	23,63	28,39
Capacidad de Campo	%	23,06	27,18
Punto de Marchitez	%	12,53	14,77
Agua Aprovechable	%	10,53	12,41
Porosidad	%	52,55	48,71
Arena	%	42	30
Limo	%	34	48
Arcilla	%	24	22
Clase Textura	---	Franco	Franco

*Nota:* Análisis realizados en los laboratorios de AGROCALIDAD

Los datos iniciales más relevantes en la conservación de la humedad del suelo son: Densidad aparente, agua aprovechable y porosidad del suelo. Donde se determinó su influencia con las coberturas orgánicas (Anexo 1).

- **Densidad Aparente del suelo**

Los rangos de densidad aparente dieron como resultado inicial 1,21 g/cm<sup>3</sup> en Aloburo y en el sector de Yahuarcocha 1,19 g/cm<sup>3</sup>, lo que implica que no son suelos compactos. Por lo tanto son suelos de textura liviana según (Schargel & Delgado, 1990). Esto indica que al ser el suelo menos compacto la porosidad es mayor, por lo tanto, las raíces de las plantas pueden desarrollarse sin dificultad.

- **Agua Aprovechable del suelo**

El resultado inicial obtenido en Aloburo demuestra un valor de 10,53 %. Mientras que en Yahuarcocha dio como valor inicial 12,41 %. Los datos están en correspondencia con los porcentajes de arena, limo y arcilla que determinan la clase textural en cada uno de los

sitios (Borja, Mercado, & Combatt , 2015). En Aloburo la mayor fracción es arena, por lo cual la retención de agua es 10,53 % y en Yahuarcocha la fracción más abundante es limo. Este dato es de suma importancia ya que el agua aprovechable, es la humedad que se encuentra en el suelo y que sirve para que las plantas puedan desarrollarse (Shaxson & Barber, 2005).

- **Porosidad del suelo**

En el dato inicial de la porosidad del suelo se demostró la diferencia entre el sector de Aloburo con un valor de 52,55 %. Mientras que en Yahuarcocha existió un valor de 48,71 %. Lo cual indica que el sector de Aloburo tuvo una porosidad mayor a la de Yahuarcocha. Los valores de porosidad según Cisneros (2003), demostraron que en el sector de Aloburo hubo una porosidad alta. Por otro lado, el sector de Yahuarcocha indicó un porcentaje de porosidad media. Esto significa que los poros del suelo permiten al agua y al aire ocupar estos espacios vacíos.

#### ***4.1.2. Cambios producidos en las propiedades físicas del suelo en Aloburo y Yahuarcocha***

La Tabla 8 indica los cambios producidos por tratamientos en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.



**Tabla 8***Resultados de análisis del área de estudio final de Aloburo y Yahuarcocha*

PARÁMETROS ANALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS FINALES POR TRATAMIENTO							
		ALOBURO				YAHUARCOCHA			
		T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Densidad Real	g/cm <sup>3</sup>	2,52	2,21	2,24	2,14	2,57	2,29	2,28	2,31
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,21	1,18	1,18	1,19	1,17	1,15	1,13	1,13
Humedad Equivalente	%	25,85	26,46	27,56	26,19	28,32	31,68	28,61	30,19
Capacidad de Campo	%	24,98	25,51	26,46	25,28	27,12	30,02	27,37	28,74
Punto de Marchitez	%	13,58	13,86	14,38	13,74	14,74	16,32	14,87	15,62
Agua Aprovechable	%	11,4	11,65	12,08	11,54	12,38	13,71	12,49	13,12
Porosidad	%	51,98	46,61	47,32	44,39	54,47	49,78	50,44	51,08
Arena	%	46	44	44	42	32	30	30	32
Limo	%	44	46	38	40	54	50	52	54
Arcilla	%	10	10	18	18	14	20	18	14
Clase Textura	---	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco Limoso	Franco	Franco Limoso	Franco Limoso

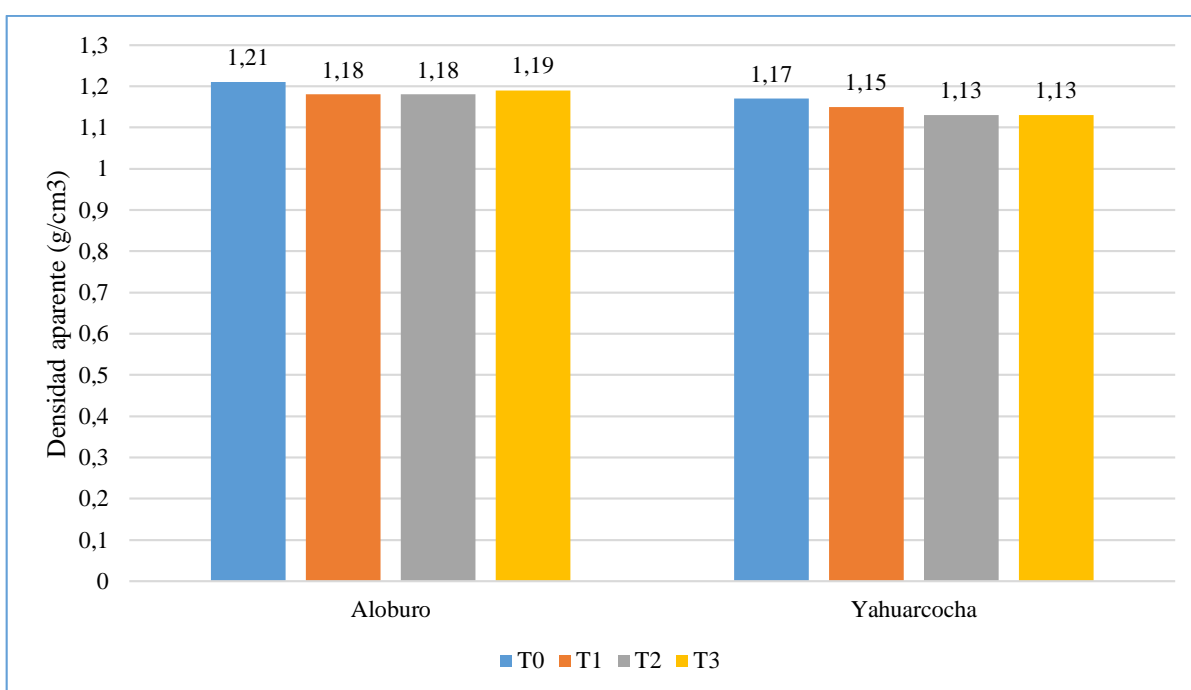
*Nota:* Análisis realizados en los laboratorios de AGROCALIDAD

A continuación, se detallan los siguientes parámetros: Densidad aparente, agua aprovechable y porosidad del suelo. Que son los datos más significativos para el mejoramiento de la retención de humedad del suelo con relación a las coberturas orgánicas (Anexo 2).

- **Densidad Aparente del suelo**

Los análisis de la densidad aparente en los tratamientos de Aloburo tuvieron como resultado que el testigo (T0) marcó una cantidad de 1,21 g/cm<sup>3</sup> y no tuvo cambios con respecto al valor inicial. Mientras que en los demás tratamientos se determinaron valores bajos que se relacionan con menores niveles de compactación del suelo por acción de las coberturas orgánicas aplicadas (Figura 14). Afirma Gómez (2013), que este cambio de la densidad aparente también se debió al proceso de roturación. El cual reduce la densidad y aumenta la porosidad; rompiendo suelos rocosos, compactados, arcillosos, entre otros, facilitando el desarrollo radicular y la capacidad de retención de agua (FAO, 2002).

En Yahuarcocha los cuatro tratamientos demuestran una disminución en los niveles de compactación debido a las coberturas orgánicas que fueron colocadas sobre la superficie. Este parámetro del suelo determina que aquellos suelos con mayor contenido de materia orgánica se vuelven menos compactos y permiten el mejor crecimiento de raíces especialmente cuando los valores de densidad aparente se encuentran de 1,13 a 1,17 g/cm<sup>3</sup> (Jiménez & Khalajabadi, 2005). El valor de la densidad aparente es un indicador primario de la salud de los suelos. Este parámetro reconoce los espacios porosos, lo cual interviene en la conservación de la humedad del suelo y en el desarrollo de las raíces (Sentís, 2012).



**Figura 14.** Densidad aparente del suelo de Aloburo y Yahuarcocha (g/cm<sup>3</sup>)

- **Agua Aprovechable del suelo**

En Aloburo el análisis de agua aprovechable dio como resultado un aumento de los tratamientos en porcentaje de humedad. En la Figura 15 se observa que el tratamiento de cebada (T2) reflejó un valor de 12,08 %; siendo el más alto. Seguido, el tratamiento de arveja (T1) con 11,65 %. Esto demostró que el tratamiento de fréjol (T3) con 11,54 % tuvo el porcentaje más bajo entre los tratamientos con coberturas orgánicas. Esto se atribuye al

diferente reciclaje de materiales orgánicos entre los tipo de suelo liviano, el cual contribuye a incrementar el agua aprovechable del suelo (Gicheru, Gachene, Mbuvi, & Mare, 2004). Y el testigo (T0) con 11,40 % resulto ser el menor tratamiento que retiene agua. Ya que el suelo de Aloburo es de escasa profundidad, o pedregoso, también la capacidad de almacenamiento de agua se ve limitada y, cuando es posible, debe suplirse con mayor frecuencia de riegos (Laserna, 2011).

Los resultados obtenidos del agua aprovechable en el sector de Yahuarcocha indica en la Figura 15 el tratamiento testigo (T0) resultó ser el valor más bajo con 12,38 %. Por otro lado, el tratamiento de arveja (T1) fue el valor más alto al ser de 13,71 %. Mientras el tratamiento de fréjol (T3) mostró un porcentaje de 13,12 %. Por último, seguido del tratamiento de cebada (T2) con 12,49 %, Según Novelo, León, González, & Figueroa (1998), se afirma que el establecimiento de la cobertura puede generar un incremento del 20 % en relación al dato inicial, en el contenido de agua aprovechable del suelo, en comparación con el testigo. De esta manera se demostró que el incremento del contenido de agua aprovechable tuvo relación con el contenido de materia orgánica, ya que las coberturas orgánicas fueron factores que intervinieron en la conservación de la humedad del suelo.

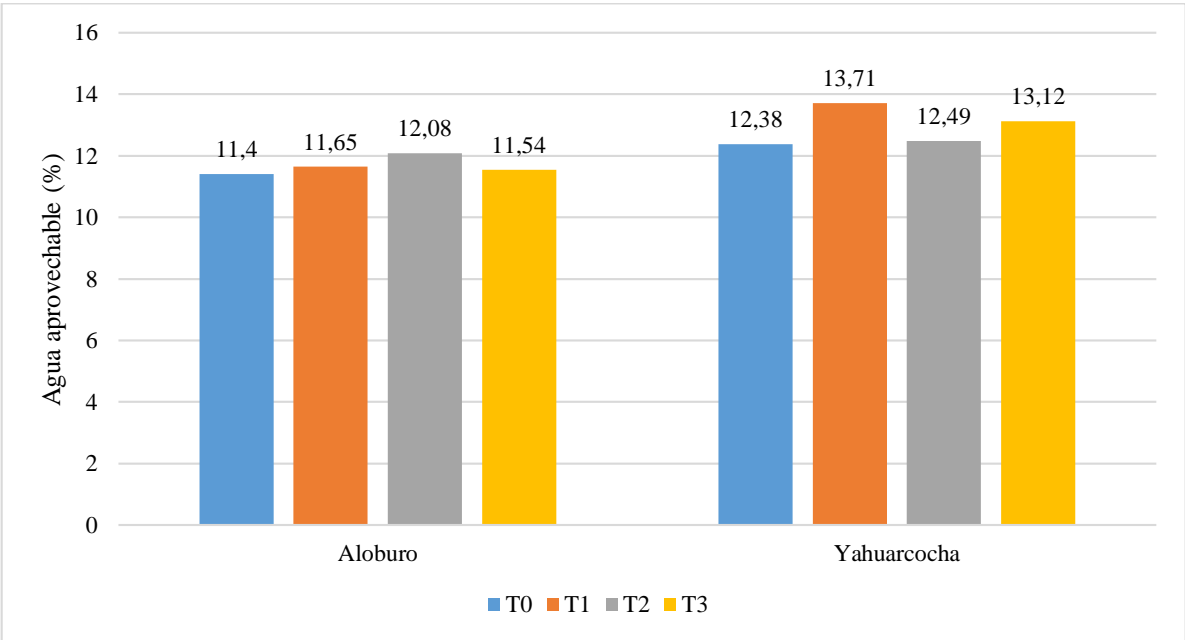
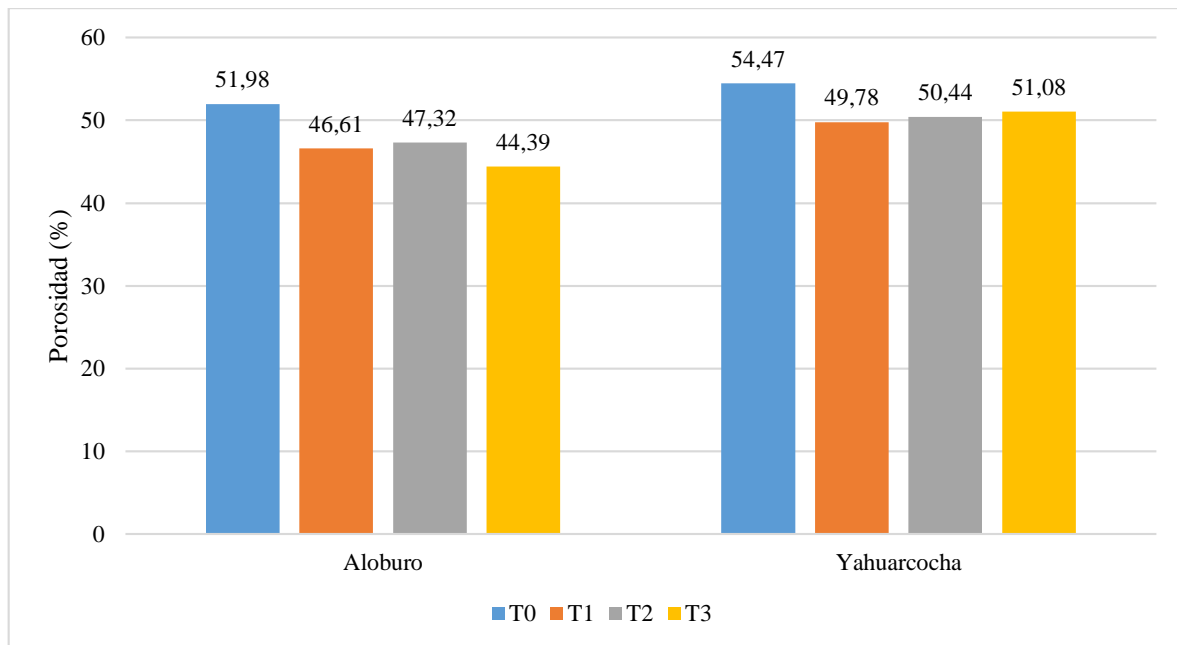


Figura 15. Agua aprovechable del suelo de Aloburo y Yahuarcocha (%)

- **Porosidad del suelo**

Los análisis finales de la porosidad del suelo de los tratamientos en el sector de Aloburo (Figura 16) dieron como resultado: En el tratamiento del testigo (T0) un valor 51,98 %; teniendo un rango de porosidad alto. Mientras que los demás tratamientos disminuyeron el porcentaje de porosidad a valores medios y tiene relación con el mayor tamaño de poros que se genera al colocar coberturas orgánicas (García Navarro, 2013).

En el sector de Yahuarcocha la porosidad del suelo (Figura 16) indica una disminución en los valores de los tratamientos en relación al testigo (T0) con valor de 54,47 %. Seguido del tratamiento de fréjol (T3) con 51,08 %, y el tratamiento de cebada (T2) de 50,44 %. Esto indicó que el rango de porosidad es alto a excepción del tratamiento de arveja con 49,78 %. Como resultado de la disminución en la compactación del suelo, la porosidad disminuyo dando como efecto el aumento del tamaño de los poros (García Ruiz, Sánchez Ortiz, Vidal Díaz, Betancourt Rodríguez, & Rosa Llano, 2010).



**Figura 16.** Porosidad del suelo de Aloburo y Yahuarcocha (%)

## 4.2 Conservación de la humedad del suelo en diferentes tratamientos

Al existir diferencia entre los porcentajes de contenido de humedad determinados durante el ciclo de los cultivos, para los diferentes tratamientos, se aplicó la prueba de significancia estadística Duncan (5%). Esta prueba es recomendada por Rodríguez (2007), para determinar la variación de parámetros medidos, cuando existe diferencia entre ellos. Los resultados obtenidos en la investigación fueron los siguientes:

- **Diseño estadístico del sector de Aloburo**

En el análisis de varianza de la Tabla 9 indicó diferencia significativa entre tratamientos y diferencia no significativa entre bloques. El coeficiente de varianza fue de 3,77 %. Al ser menor del 30 % es aceptable para este tipo de investigación.

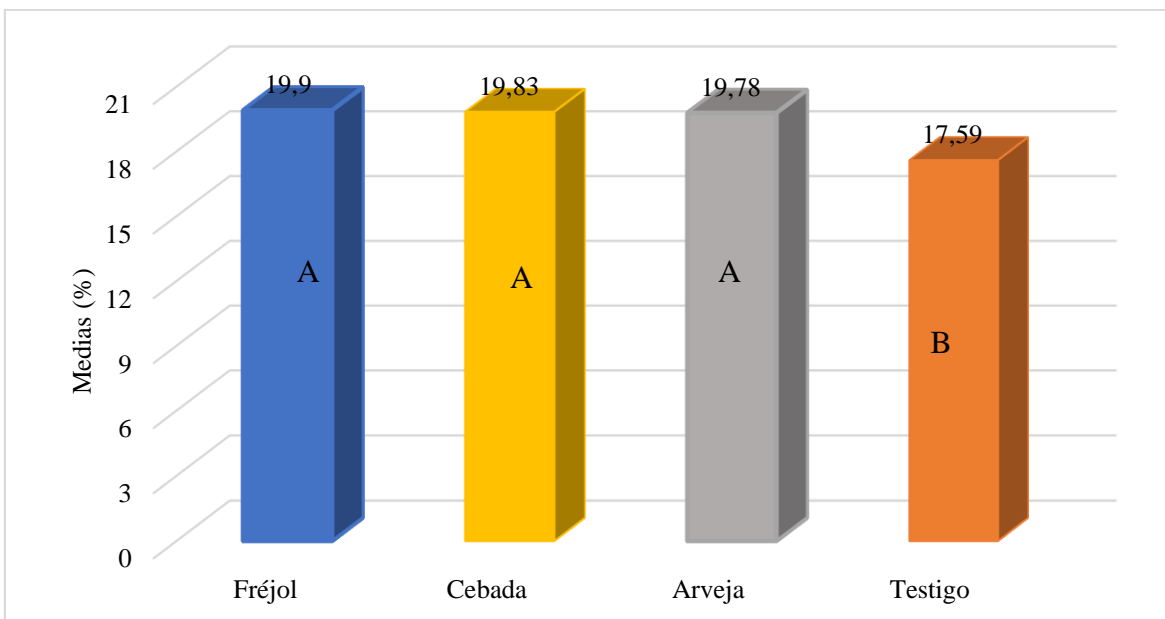
Lo cual significa que no existió uniformidad de humedad entre tratamientos que conforman las diferentes coberturas orgánicas.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza de la humedad del suelo de Aloburo*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	F % <sub>5</sub>	F % <sub>1</sub>
<b>BLOQUE</b>	1,81	3	0,6	1,14	ns	3,86	6,99
<b>TRATAMIENTO</b>	15,17	3	5,06	9,56	**	3,86	6,99
<b>Error</b>	4,76	9	0,53				
<b>Total</b>	21,75	15					
<b>CV= 3,77</b>							

La Figura 17 muestra el promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo. Los tres tratamientos con coberturas orgánicas registraron rangos de A determinando una similitud estadística entre ellos; en contraste con el testigo, que tuvo una capacidad de conservación de humedad del suelo menor ubicándose en el rango de B. La cobertura orgánica de fréjol fue el mejor tratamiento para el sector de Aloburo en cuanto a la conservación de humedad en el suelo.



**Figura 17.** Promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo de Aloburo

- **Diseño estadístico del sector de Yahuarcocha**

En el análisis de varianza la Tabla 10 se detectó que en el tratamiento es significativo mientras que los bloques no son significativos. El coeficiente de varianza fue de 5,48 % lo que garantiza la validez de los resultados.

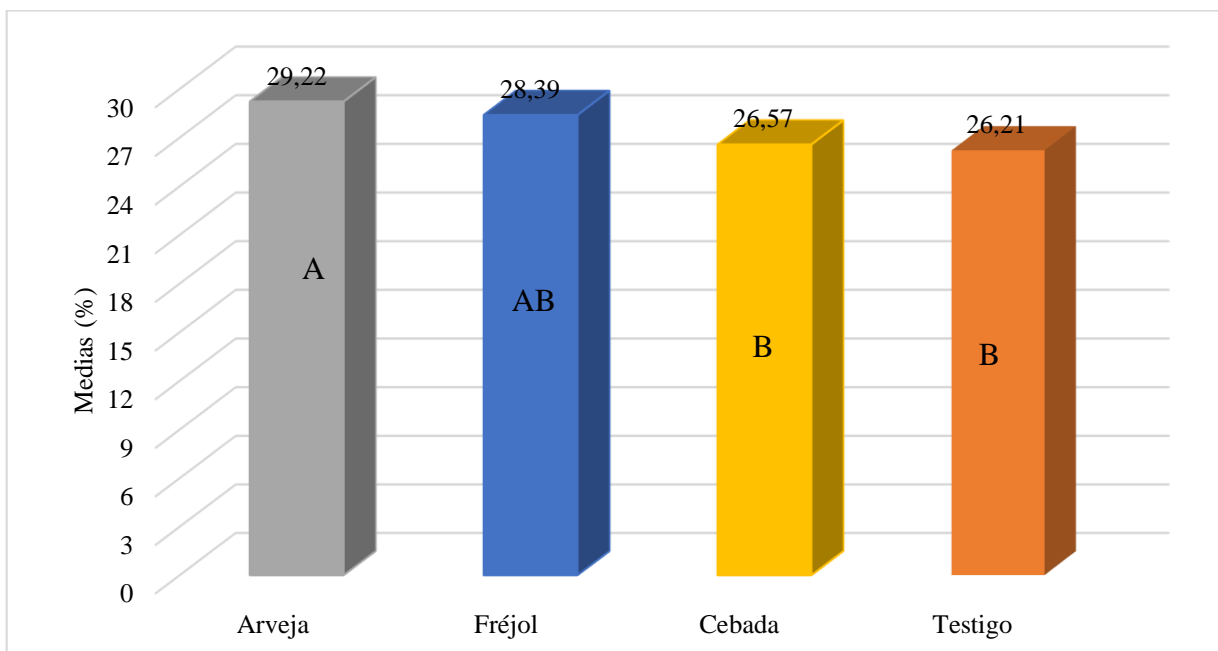
Por consecuencia esto indicó que existieron diferencias de humedad entre tratamientos que conforman las diferentes coberturas orgánicas.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza de la humedad del suelo de Yahuarcocha*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	F% <sub>05</sub>	F% <sub>01</sub>
<b>BLOQUE</b>	70,23	3	23,41	10,22	ns	3,86	6,99
<b>TRATAMIENTO</b>	24,99	3	8,33	3,64	**	3,86	6,99
<b>Error</b>	20,61	9	2,29				
<b>Total</b>	115,83	15					
<b>CV= 5,48</b>							

En la Figura 18 se ve una diferencia entre los tratamientos con diferentes rangos. Se consideró al tratamiento de arveja (T1) como el mejor de todos con un rango de A, marcando una diferencia notable de 3,01 % de humedad con relación al tratamiento testigo (T0). De igual manera hubo un buen resultado con el tratamiento de fréjol (T3) dando un rango de AB. Sin embargo, el tratamiento de cebada (T2) no dio los resultados positivos que se esperaba, siendo casi similar a los resultados del testigo (T0) con rangos de B.



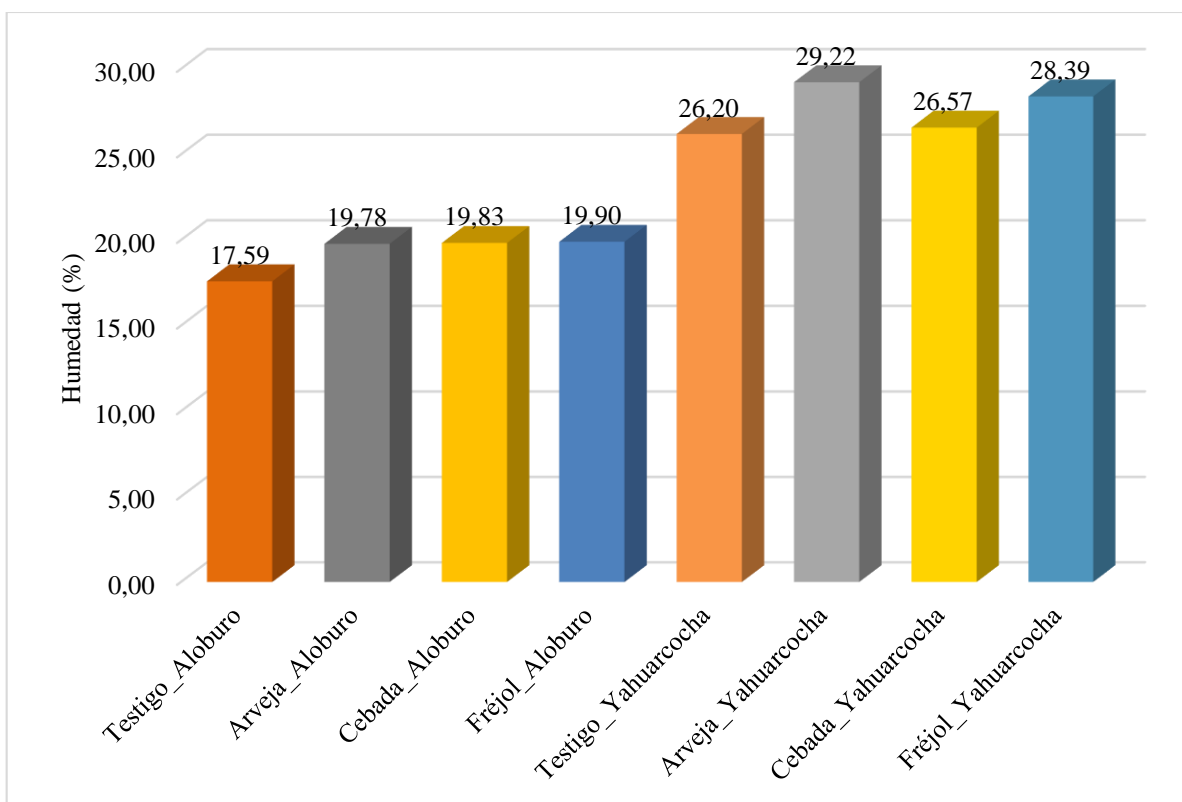
**Figura 18.** Promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo de Yahuarcocha

Por los resultados de análisis de varianza se acepta la hipótesis alternativa, ya que la humedad del suelo varió en los tratamientos tanto en el sector de Aloburo como en el de Yahuarcocha, indicando que el tratamiento más recomendado es el tratamiento de fréjol (T3), que conserva mejor la humedad del suelo para los dos sectores.

#### **4.2.1. Humedad del suelo de Aloburo y Yahuarcocha**

Los resultados de humedad en el periodo de cultivo de maíz (Figura 19) donde se pudo percibir que el sector de Aloburo tuvo menor porcentaje de humedad en relación a los

tratamientos realizados en contraste con el sector de Yahuarcocha. El sector de Yahuarcocha tuvo valores más altos de humedad de 26,20 % a 29,22 % con relación a los valores de Aloburo que variaron de 17,59 % a 19,90 %. Esto se debe al tipo de suelo en función de la textura, contenido de materia orgánica y a la temperatura anual de cada sitio (Ramos & Zúñiga, 2008).



**Figura 19.** Porcentaje de humedad de Aloburo y Yahuarcocha

- **Análisis de similaridad de humedad del suelo entre tratamientos y entre sitios experimentales**

Con la finalidad de establecer la similaridad de humedad del suelo entre tratamientos y entre sitios se aplicó el análisis clúster mediante el programa Past3. Este procedimiento agrupa los datos más homogéneos y a su vez demuestra los datos que son más heterogéneos entre sí, para poder de esta manera observar sus similitudes y sus desigualdades (Montanero, 2008), y tener una visión más amplia acerca de los datos obtenidos. Para lo cual se utilizó el



algoritmo Paired group (UPGMA) e índice de similitud, que construye un árbol enraizado (dendrograma) que refleja un enfoque cuantitativo, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula: (Michener & Sokar, 2017)

$$Dku = \frac{dki + dkj}{2}$$

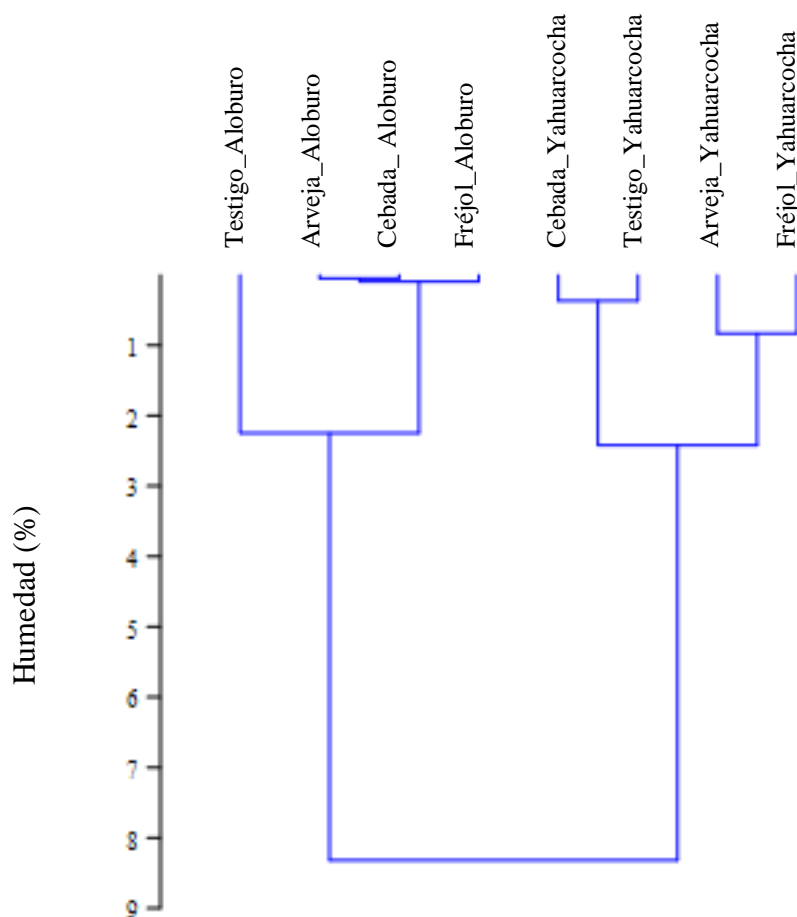
En donde:

Dku = Distantacia de cada grupo

dki = Promedio del grupo i

dkj= Promedio del grupo j

La figura 20 demuestra el análisis clúster con el que se determinó las semejanzas y diferencias entre los sitios de Aloburo y Yahuarcocha. En el sector de Aloburo se demuestra un parecido entre los tratamientos: de arveja, cebada y fréjol con una variación de 0,12 % de humedad, los cuales difieren con relación al testigo con una diferencia de 2,25 % de humedad. Por otro lado, en el sector de Yahuarcocha se demuestra una similitud entre los datos de humedad del testigo y la cebada con un valor de 0,37 %. A su vez los tratamientos de arveja y fréjol tienen una diferencia de 0,83 % de humedad. Por otro lado, la diferencia que existe entre el grupo de testigo y cebada con relación al grupo de arveja y fréjol es de 2,42 % de humedad. Y por último, los datos registraron una diferencia notable de los porcentajes de humedad entre los sectores de Aloburo y Yahuarcocha cuya diferencia fue de 8,32 %.

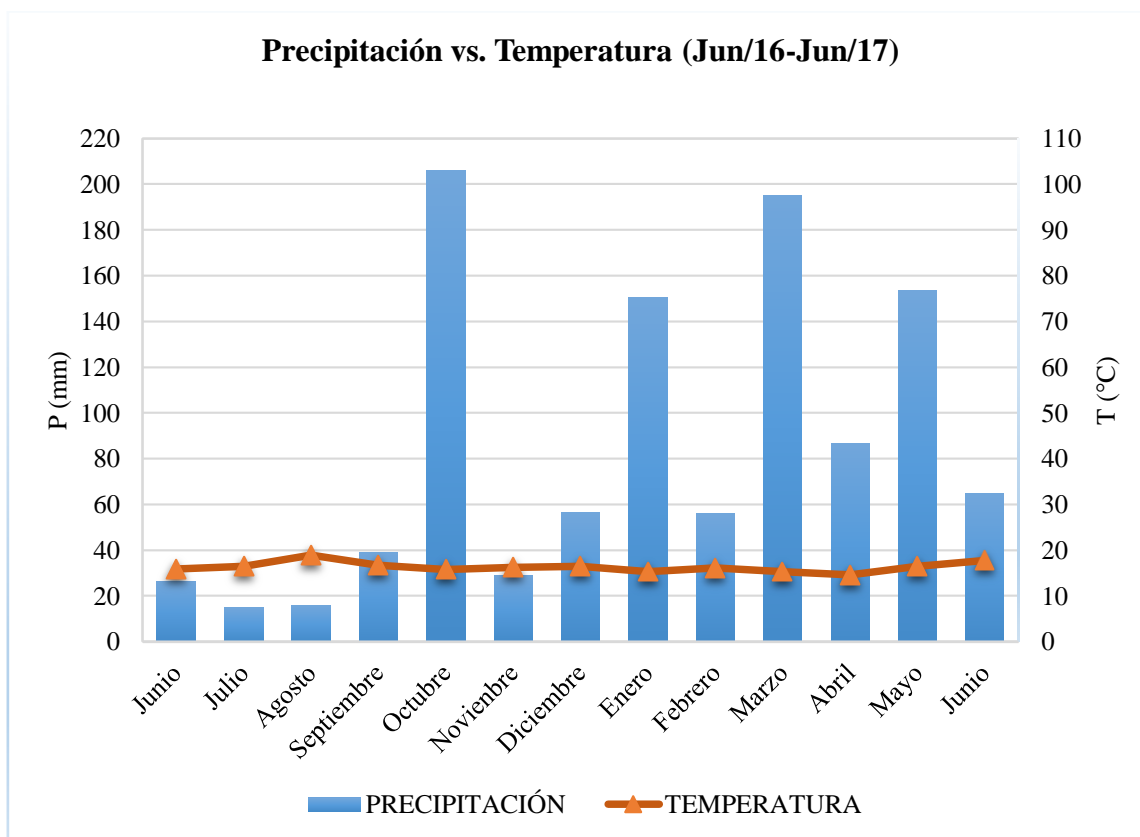


**Figura 20.** Análisis clúster de la humedad del suelo de Aloburo y Yahuarcocha

#### **4.2.2. Diagrama ombrotérmico de junio 2016 a junio 2017**

Los datos agroclimáticos de precipitación mensual y temperatura media mensual obtenidos de la estación del INAMHI-IBARRA, ubicada al Noreste de la ciudad de Ibarra (Latitud 0°19'47.04''N, Longitud 78°07'56.75''W y Altura 2256 msnm) para el periodo jun/16 – jun/17 (Figura 21), determinaron que la época lluviosa correspondió a los meses de septiembre, octubre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2017 y los meses secos fueron junio, julio, agosto, y noviembre del 2016. Según el Gobierno Provincial de Imbabura (GPI, 2015), los valores medios, máximos y mínimos de la temperatura tienen relación con la humedad atmosférica, las precipitaciones, nubosidad y los vientos. Este elemento climático está estrechamente ligado a la altitud geográfica mediante una ley inversa,

las características geográficas, la época del año y la hora del día, lo cual genera una excelente correlación lineal entre la altura del terreno y la temperatura media anual.



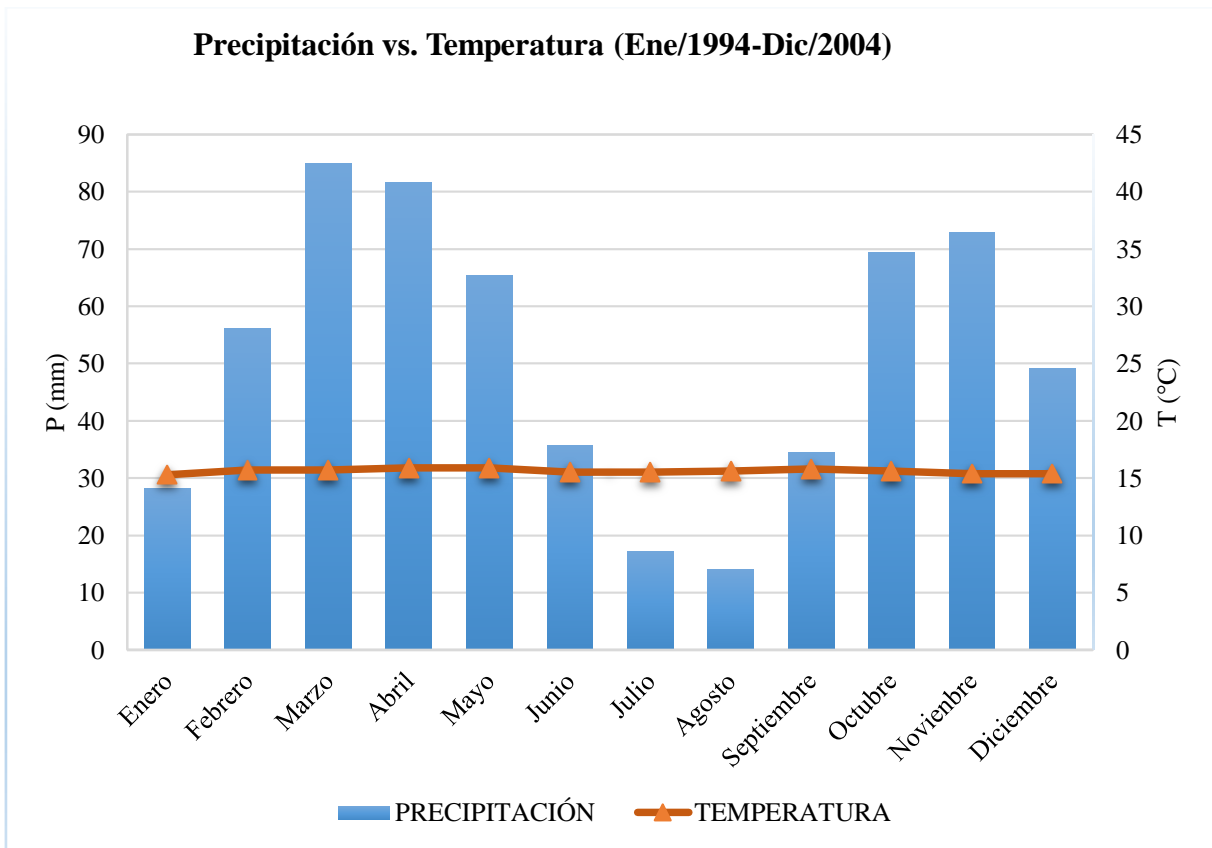
**Figura 21.** Precipitación vs. Temperatura periodo Junio 2016 - Junio 2017, estación meteorológica INAMHI-Ibarra  
**Fuente:** INAMHI, 2016

El periodo de cultivo empezó en diciembre 2016 y se extendió hasta junio 2017. En la Figura 21 se observa los meses más lluviosos graficados por encima de la línea de la temperatura, y ello tuvo incidencia directa en cuanto a la retención de humedad en el suelo, siendo necesario el riego sobre todo en los meses menos húmedos 2017.

En la retención del suelo también se notó incidencia de la pendiente. En el sector de Aloburo, por tener una pendiente del 34,43 % el drenaje fue más fácil y pudo ser afectado por ciertos niveles de escorrentía. En el sector de Yahuarcocha, la topografía fue casi plana, con una pendiente menor a 3 %. Por esta razón, el exceso de lluvias produjo altos niveles de humedad y enfermedades en el cultivo como fusarium dando pudrición en el tallo.

- **Diagrama Multianual**

El diagrama multianual es el promedio anual que están representado por un periodo de 10 años, desde el año 1994 al 2004. Esto dio como resultado los meses secos, que fueron: enero, julio y agosto del 2004. Mientras que los meses lluviosos fueron: febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2004 (Figura 22).



**Figura 22.** Precipitación vs. Temperatura periodo Enero 1994 - Diciembre 2004, estación meteorológica INAMHI- Ibarra Aeropuerto

**Fuente:** Beltrán & Pozo, 2010

Las Figuras 21 (año 2016-2017) y 22 (año 1994-2004) indican una diferencia en la distribución de la precipitación mensual, ya que la sumatoria alcanza un valor de 609 mm/año, con relación al diagrama ombrotérmico se evidencia un incremento de los niveles de precipitación hasta un valor de 1094 mm/año, obteniendo un aumento de lluvias principalmente en los meses de octubre, enero, marzo, abril y mayo del año 2017 con

precipitaciones mayores a 70 mm/año. Mientras que en el diagrama multianual se observa que el mes de enero fue un mes seco; y los meses de marzo, abril, y noviembre fueron meses de lluvias con precipitaciones superiores a 70 mm/año.

### **4.3 Socialización del proyecto y sensibilización dentro del área de estudio**

En las salidas de campo se realizaron charlas dirigidas a los miembros de la “Junta de Aguas de Riego de Aloburo y Yahuarcocha, sobre el mejoramiento del suelo y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados y coberturas orgánicas muertas. Además, se aplicó una entrevista con la finalidad de socializar y sensibilizar a dichas personas sobre este proyecto y su interés en resolver la problemática de la baja producción por los escasos niveles de humedad en la zona y en el suelo.

#### ***4.3.1. Entrevista a los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha***

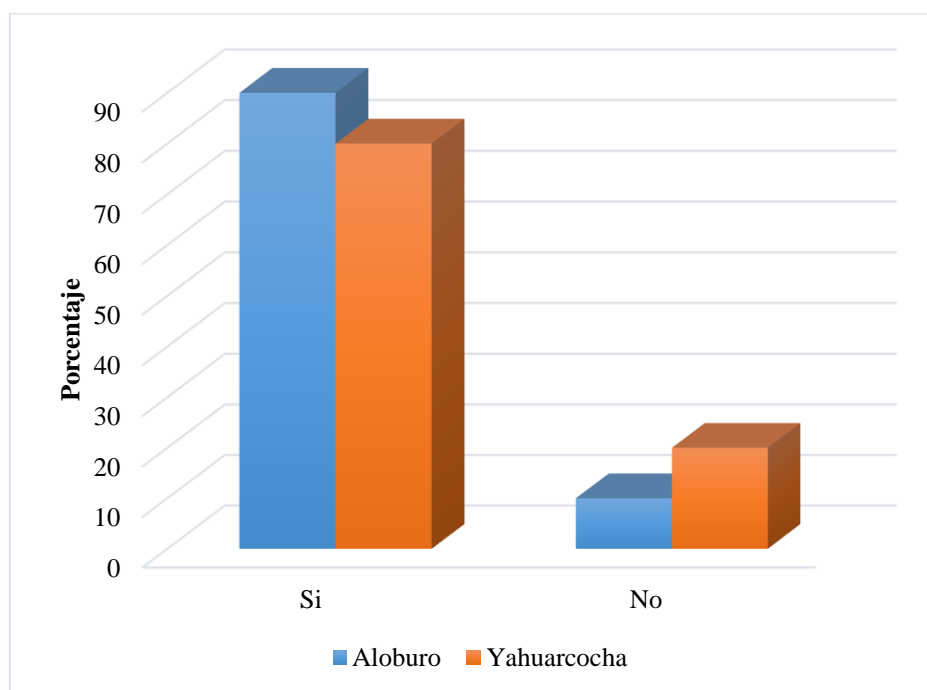
A continuación, se presentan los resultados de la entrevista dirigida a diez beneficiarios de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y de Yahuarcocha respectivamente, conformado por líderes comunitarios, para determinar la factibilidad de la realización de cultivos asociados, el uso de coberturas orgánicas muertas y riego por goteo. El cuestionario consta en el Anexo 3. El anexo 4 indica la aplicación de la entrevista y la socialización a los habitantes de los sitios experimentales.

- **Incidencia de cultivos de maíz**

En el sector de Aloburo el 90 % de las personas entrevistadas han sembrado cultivos de maíz en sus terrenos y el 10 % ha utilizado otro tipo de cultivos. Además, las personas que han sembrado maíz indicaron en un 80 % que lo han sembrado como monocultivo y el 10 % lo ha sembrado en asociación con arveja.

La Figura 23, demuestra que en el sector de Yahuarcocha el 80 % de los entrevistados han sembrado maíz y el 20 % han sembrado otro tipo de cultivo en sus terrenos. Las personas que siembran maíz en un 50 % lo asocia con fréjol y el 30 % lo siembra sin ningún asocio.

Con relación al cultivo de maíz, las condiciones climáticas de la región Sierra favorecen el cultivo ya que el mismo necesita una temperatura de 12 a 18°C y altitudes que oscilan entre 2200 a 2800 msnm (INIAP, 2016). Estas condiciones son similares a los de los sitios experimentales donde se realizó este estudio por lo que es factible la realización y ampliación de la superficie de cultivo en las dos localidades. Por los resultados de la entrevista dicha factibilidad se vuelve sostenible toda vez que la mayoría de los miembros de las juntas de agua de riego entrevistados lo realizan de manera asociada con arveja y fréjol. Los cultivos asociados consisten en la utilización simultánea del terreno con dos o más especies vegetales de interés agronómico, para mejorar la absorción de nutrientes, aumentar la productividad, ayudar en el control de plagas y enfermedades, dar soporte y sombra entre especies diferentes (Chaico, 2010).

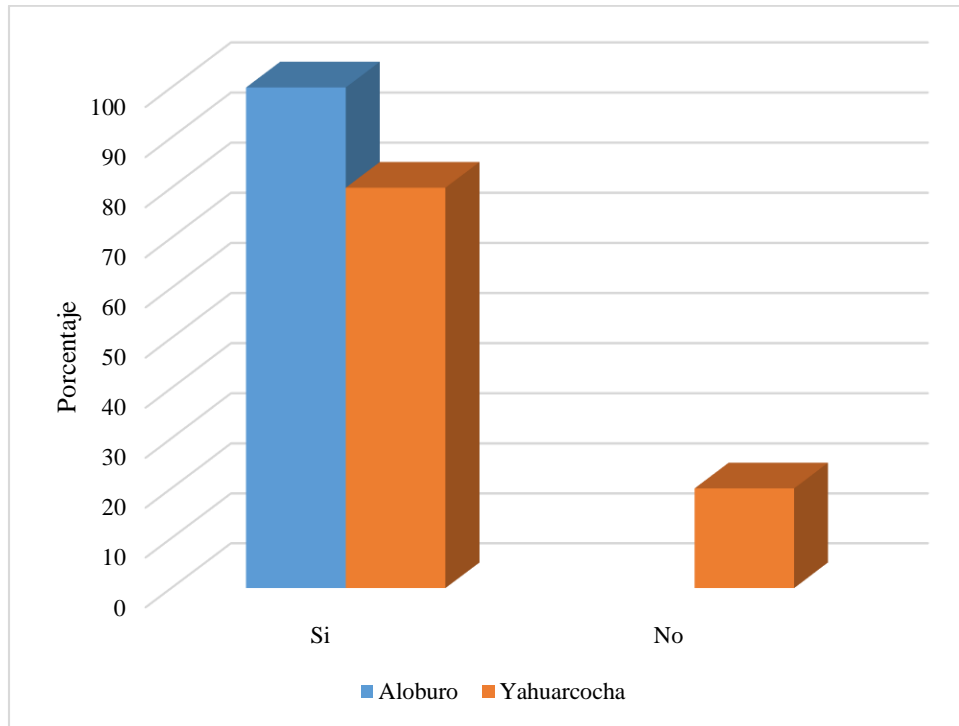


**Figura 23.** Personas entrevistadas que han sembrado maíz en el área de influencia del proyecto (%) en el sector de Aloburo y Yahuarcocha

- **Interés de los entrevistados por mantener la humedad en el suelo**

La Figura 24 demuestra que en el sector de Aloburo existe un total interés por la conservación de la humedad del suelo, debido a que los miembros de la Junta de Riego no tienen suficiente agua para sus cultivos. La alternativa de usar rastrojos o mulch es posible de replicarse ya que el 30 % de los entrevistados indicaron que han utilizado rastrojo de arveja, fréjol, maíz y malezas en sus cultivos; mientras, el 70 % utiliza el rastrojo para la alimentación de sus animales. La aplicación de rastrojo sobre el suelo ha sido reconocida por ciertos productores como una técnica favorable para la conservación de la humedad; pues, algunos de los productores que han realizado esta práctica han comprobado que en días soleados los cultivos sufren menos estrés hídrico, debido a que se mantiene la humedad del suelo por un periodo mayor que el retenido en suelos desnudos (Contreras, 2005). Los agricultores aplican coberturas orgánicas muertas en sus cultivos con interés en la agricultura sostenible, lo que a su vez mejora la calidad del suelo (Martínez, Bello, & Castellanos, 2012).

En el sector de Yahuarcocha el 80 % de las personas entrevistadas tienen interés por la conservación de la humedad. Así mismo, el 60 % de los entrevistados indicaron que utilizan el rastrojo de arveja, maíz, malezas, cebada y fréjol para sus cultivos, siendo el más utilizado el rastrojo de fréjol. El 40 % de los entrevistados utilizan rastrojo para la alimentación de sus animales de granja factor que debe tomarse en cuenta para trabajos de investigación y desarrollo en esta localidad.

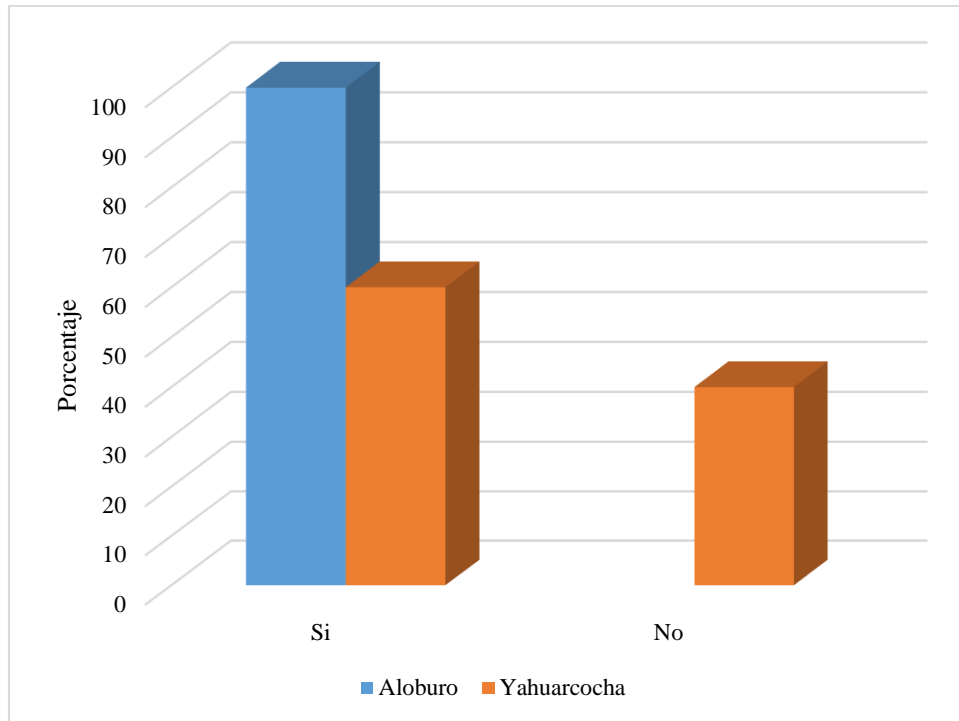


**Figura 24.** Interés por la conservación de la humedad del suelo por parte de los entrevistados (%) del sector de Aloburo y Yahuarcocha

- **Interés de los entrevistados por cambiar hacia el riego por goteo**

El sistema de riego tecnificado por goteo es utilizable y adaptable a cualquier topografía, así como reduce los problemas de erosión y daños a la estructura del suelo (Potosí, 2017). El beneficio de este método de riego es para reducir la aparición de follaje o maleza indeseada y no humedecerla para evitar la proliferación de plagas e insectos (Shock & Welch, 2013). La Figura 25 demuestra una predisposición del 100 % de los entrevistados del sector de Aloburo por aplicar el riego por goteo en sus cultivos, debido a la escasez de agua que tienen en épocas secas y debido a que este método de riego entrega agua puntualmente a la planta. En el sector de Yahuarcocha el 60 % de las personas tienen interés en el riego por goteo y el 40 % no tiene buena aprobación debido a su costo.





**Figura 25.** Disposición al cambio del sistema de riego a riego por goteo (%) del sector de Aloburo y Yahuarcocha

- **Aceptación de las personas para replicar la alternativa tecnológica en sus terrenos**

De las entrevistas se determinó que existe total aceptación (100 %) en los sitios de Aloburo y Yahuarcocha, por parte de los miembros de las Juntas de Agua y Riego para replicar la propuesta de uso de mulch, cultivos asociados y riego por goteo aplicados en esta investigación. Algunas de las razones mencionadas son de que existe mayor productividad, terrenos más abonados y volvería más rentable la producción agrícola en estos sitios.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se comprobó que la acción de las coberturas orgánicas fue un factor importante en la conservación de la humedad del suelo, para que los cultivos asociados de maíz y arveja no sean afectados por el estrés hídrico.
- En el sector de Aloburo se puede usar cualquiera de las tres coberturas orgánicas en los cultivos, siendo el más eficiente el fréjol; en el sector de Yahuarcocha los tratamientos de mejor resultado fueron la arveja y el fréjol. Sin embargo, si el terreno tiende a tener altos niveles de humedad o sobrepasar los valores de capacidad de campo, es mejor usar el tratamiento de cebada.
- Las técnicas agroecológicas aplicadas demostraron ser efectivas en el proceso de recuperación de suelos. Se observó cambios positivos en el mejoramiento de la retención de humedad, disminución de la densidad aparente y mayor porosidad del suelo.
- Existe interés de los entrevistados pertenecientes a la Junta de Agua y Riego de Aloburo y Yahuarcocha acerca de la réplica del modelo en estudio.
- El rastrojo de fréjol es el tratamiento más recomendado al presentar el mejor resultado en la retención de humedad del suelo.

## 5.2. Recomendaciones

- Se requiere ampliar la perspectiva de agricultura sostenible a las comunidades mediante proyectos vinculados con la producción agrícola orgánica.
- Se recomienda el uso de coberturas orgánicas para evitar la erosión hídrica y eólica en zonas secas; y de esta manera obtener mayor capacidad de retención de humedad en el suelo, aumento de materia orgánica, así como la disminución del crecimiento de plantas no deseadas y de enfermedades en el cultivo.
- Es importante incentivar a la comunidad sobre el método de cultivos asociados para mayor aprovechamiento del terreno y dar a conocer a las personas el uso combinado de gramíneas y leguminosas con la interpretación equilibrada entre las dos especies, ya que reduce el espacio para el crecimiento de malezas mientras se aumenta la densidad del cultivo.
- Se debe tomar en cuenta los registros de las horas de sol reportados en la estación meteorológica Ibarra, para conocer la incidencia de la radiación solar en la pérdida de agua en el suelo mediante la evapotranspiración.
- Se necesita para las futuras investigaciones incluir detalles de costos de producción en los ensayos que serán aplicados.
- Se aconseja implementar el sistema de riego por goteo en pendientes para evitar la erosión hídrica y eólica, y así evitar la pérdida de nutrientes del suelo.

## REFERENCIAS

- Acosta, C. (2006). *Narraciones de la Ciencia*. Obtenido de El suelo agrícola, un ser vivo: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/El%20suelo%20vivo.pdf>
- AGROCALIDAD. (2016). *Instructivo de Muestras para Análisis Nematológico*. Quito, Ecuador: INT/N/07.
- Alarcón, J. (2008). Manejo de Suelos Fatigados en Agricultura Extensiva. En Departamento de Ciencias de Tecnología, *El suelo como recurso fatigado* (pág. 9). Cargatena: Agraria.
- Angella, G., Frías, C., & Salgado, R. (2016). *Concepto Básico de las Relaciones Agua-Suelo- Planta: Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero* (INTA Edición Divulgación ed.). Turrialba: ISSN: N° 1850-4086.
- Atarés Huerta, L. (2017). *Determinación de la porosidad*. España: ETSIAMN.
- Banco Mundial. (2008). *Agricultura para el Desarrollo*. Washinton, D.C.: Mayol Ediciones S.A.
- Beltrán, C., & Pozo, G. (2010). Zonificación Ecológica - Económica y propuestas de gestión integral de los recursos naturales del Cantón Ibarra. En T. d. grado, *Universidad Técnica del Norte*. Ibarra.
- BIOPEPIA. (2017). *Biodiversidad, biomas y más*. Obtenido de Enciclopedia ilustrada de la vida en la Tierra: <http://www.biopedia.com/suelos-y-rocas/>
- Borja, K., Mercado, J., & Combatt, E. (2015). Dispersantes químicos y cuantificación de fracciones texturales por los métodos Bouyoucos y pipeta. *Acta Agronómica*, 4.
- Buckman, H. O., & Brady, N. C. (1977). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Barcelona: Montaner y Simon, S.A.
- Carvache, M. (2010). Física de Suelos y su Relación con los Problemas Ambientales. Santo Domingo, Ecuador. Obtenido de XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Castellanos, J. (2014). Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. *Intagri*.
- Chaico, E. (2010). Movimiento del agua en el suelo. Determinación de la velocidad de infiltración con cilindros infiltrómetros. Ayacucho, Perú.
- Cisneros, R. (2003). *Apuntes de Riego y Drenaje*. México: Centro de Investigación y estudios de Postgrado: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial*, 449. (Octubre 12, 2008).
- Contreras, J. (2005). Manejo de humedad del suelo en zonas secas. En M. d. Agroforestales, & R. Argueta (Ed.). Tegucigalpa, Honduras.
- Córdova, R., Rojas, W., Montalván, Y., Lozada, I., & Alva, M. (28 de Diciembre de 2014). *Propiedades físicas de los suelos*. Obtenido de Edafología: <https://es.slideshare.net/cristhianyersonmontalvancoronel/textura-y-estructura-43054218>
- FAO. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Italia: SSN 1014-1227.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del Cultivo: Guía para la determinación de los requisitos de agua del cultivo*. Roma: ISSN 0254-5293.
- FAO. (2010). *Sociedad Internacional de Arboricultura*. Obtenido de Recomendaciones para el manejo de malezas: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0884s/a0884s00.pdf>
- FAO. (2014). *Agricultura Sostenible: Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>
- FAO. (2015). *Propiedades físico-químicas del suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2016). *Degradación del suelo*. Obtenido de Portal de suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- Fernández, R., & Anadón, C. (2006). *Características*. Obtenido de Orígenes y tipos de suelo: <http://www.uniovi.es/chely/CHELY/docencia/Lecciones/Suelos.Lec6.pdf>
- FLACSO - MAE- PNUMA. (2008). Geo Ecuador. En *Informe sobre el estado del medio ambiente* (pág. 75). Quito.
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). *Manual de Procedimiento Analítico*. México: Departamento de edafología.
- Forsythe, W. (1980). *Física de suelos*. San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- García Navarro, A. (2013). *Área de Edafología y Química Agrícola: Propiedades del suelo*. España: Universidad de Extremadura.

- García Ruiz, I., Sánchez Ortiz, M., Vidal Díaz, M., Betancourt Rodríguez, Y., & Rosa Llano, J. (2010). Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar. *Ciencias Técnicas agropecuarias*, 19(2).
- GEOECUADOR. (2008). *Informe sobre el Estado del Medio Ambiente*. Ecuador.
- Gicheru, P., Gachene, C., Mbuvi, J., & Mare, E. (2004). Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and crust formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil Tillage Research*, 75, 173-184.
- Gisbert, J., Ibáñez, S., & Moreno, H. (2010). *Universidad Politecnica de Valencia*. España: Producción vegetal. Obtenido de La textura de un suelo.
- Gobierno Provincial de Imbabura. (2015). *Declaratoria de Impacto Ambiental para el Proyecto: Estudios de Factibilidad, Impacto Ambiental e Ingeniería definitivos de la Vía que une a las Poblaciones de Aloburo- Chilcapamba- Yuracruz Alto- Yuracruz- y de Cruzcunga*. (C. A. MAE-143-CC, Ed.) Ibarra, Ecuador: GEOPLADES.
- Gómez, J. C. (2013). *Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos*. México: Centro Agropecuario "La Granja".
- Heredia, E. (2017). *Densidad real aparente y porosidad del suelo*. Peru: Academia.
- Ibáñez, S., Gisbert, J., & Moreno, H. (2013). *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de Mollisol: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13609/Mollisoles.pdf?sequence=3>
- INAMHI. (2016). *Instituto Nacional de Metereología e Hidrología*. Ibarra.
- Ingaramo, E., Paz, J., Mirás, J., & Vidal, E. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. (ISSN:0213-4497, Ed.) *Cadernos Lab*, 32, 127-137.
- Instituto Geográfico Militar del Ecuador. (2013). *Geoportal*. Obtenido de <http://www.igm.gob.ec/index.php/en/>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología - Jornada de Puertas Abiertas*. Uruguay: Tacuarembó.
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín, Colombia.
- Jiménez, A., & Khalajabadi, S. (2005). La Densidad Aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (Abril de 2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(1), 49-61.
- Lara González , J. A., Martell Pérez , F., Mendoza Martínez , C. A., Moreno López , M., Ramos Reyna , C., Suárez Chávez , F., & Vásquez González, C. O. (2009). EDAFOSFERA. El Suelo como Interfase: Composición, *Concepto de suelo, Edafología y Edafosfera*. México.
- Laserna, S. (2011). *AgroEs*. Obtenido de Información Técnica de Agricultura - Productos Agrícolas y Agroalimentarios: <http://www.agroes.es/>
- Ley de Gestión Ambiental. (2004). *Publicada en el Registro Oficial No. 418, del 10 de septiembre del 2004*. Ecuador.
- Liotta, M. (2015). *Riego por Goteo*. Rivadavia, Argentina: Departamento de Hidráulica, San Juan Gobierno, Servir al Agro, Unidad para el Cambio Rural, INTA y Ministerio de Agricultura y Ganadería y Pesca Presidencia de la Nación.
- López, A. (2006). *Manual d edafología*. España: EUITA.
- López, M., & Rocha, L. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96.
- Martínez, L., Bello, P., & Castellanos, O. (2012). *SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO: el valor agregado de la agricultura orgánica* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: SBN: 978-958-761-243-1.
- Martínez, R., Córdoba, T., Castejón, L., & Higuera, A. (2013). Efecto de la aplicación de cobertura vegetal de *Cenchrus coliaaris* L. y fertilización fosfórica sobre el porcentaje de control de malezas, rendimiento y concentración de fosforo en semillas de fríjol *Vigna unguicula* (L). *Facultad de Agronomía*, 20, 443-452.
- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recargas hídricas*. Costa Rica: ISBN 978-9977-57-502-5.
- Meléndez, G., & Soto, G. (2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. Costa Rica: UCR. Sabanilla.
- Michener, C., & Sokar, R. (2017). *A quantitative approach to a problem of classification*. Obtenido de CI-2414 Recuperación de Información: [http://www.sequentix.de/gelquest/help/upgma\\_method.htm](http://www.sequentix.de/gelquest/help/upgma_method.htm)

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). *El Suelo y la Cobertura Vegetal*. Perú.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito-Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Aprendiendo a Luchar Contra la Desertificación, Degradación de Tierras y Sequía en el Ecuador*. Quito- Ecuador.
- Montanero, J. (2008). *Análisis Multivariante: Colección manuales uex - 59 (E.E.E.S)*. (S. Pedro Cid, Ed.) España: ISSN 1135-870-X.
- Muñoz, B. (2011). *Clasificación de suelos*. Obtenido de Soil taxonomy: <https://es.slideshare.net/BetsyMR/clase-4-taxonoma-de-suelos>
- Novelo, L., León, N., González, C., & Figueroa, P. (1998). Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura chol del valle de Tulipa, Chiapas México. *Terra Latinoamericana*, 16, 359-369.
- Pedraza, J. (1996). *Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones*. Madrid, España: La Rueda.
- Pérez, A. (2017). Capacidad de Campo y Punto de Marchitez. *EcuRed*.
- Plan Nacional del Buen Vivir. (2017-2021). Quito-Ecuador: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo.
- PNUMA. (2013). El suelo: un elemento olvidado. *TUNZA*, 12-13.
- Porta, J., López, M. A., & Roquero, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Potosí, J. L. (13 de Noviembre de 2017). *Sistema de riego por goteo*. Obtenido de Riego por goteo, ventajas y desventajas: <http://sistemasderiegoporgoteo.blogspot.com/2007/11/riego-por-goteo-ventajas-y-desventajas.html>
- Prager, M., Sanclemente, O., Sánchez, M., Miller, J., & Sánchez, D. (2012). Abonos Verdes: Tecnología para el Manejo Agroecológico de los Cultivos. *Agroecología*, 7, 53-62.
- Ramos, E., & Zúñiga, D. (2008). Efectos de la Humedad, Temperatura, Ph del Suelo en la actividad Microbiana a Nivel de Laboratorio. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 123-130.
- Rodríguez, G. (2007). Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete. *Ciencia e Investigación AGRARIA*, 34(3), 225-236.



- Rodríguez, N., Ruz, E., Valenzuela, A., & Belmar, C. (Julio de 2000). Efecto del Sistema de Laboreo en las Pérdidas de Suelo por Erosión en la Rotación Trigo-Avena y Preaderas en la Precordillera Andina de la Región Centro Sur. *Agricultura Técnica*, 60.
- Rojas, S., Olivares, J., Jiménez, R., & Hernández, E. (Mayo de 2005). Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *REDVET*, 6(5), 1-19. Obtenido de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050509.pdf>
- Rubio Gutiérrez, A. M. (2010). *La densidad aparente en suelos forestes del parque natural los Alcornocales*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo\_Uruguay.
- Salcedo-Pérez, E., Galvis-Spinola, A., Hernández-Mendoza, T. M., Rodríguez-Macias, R., Zamora-Natera, F., Bugarin-Montoya, R., & Carrillo-González, R. (2007). La Humedad Aprovechable y su Relación con la Materia Orgánica y Superficie Específica del Suelo. *Terra Latinoamerica*, 25(4), 419-425.
- Scalone, M. (2008). *Propiedades Física - Químico de los Suelo*. Uruguay.
- Schargel, R., & Delgado, F. (1990). Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. (FCV-UCV, Ed.) *En Plasse*, 187-220.
- Schlegel, F., & Chiappini, A. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Italia: ISBN: 9253038470.
- Segrelles, J. (2001). *GEO Crítica: Problemas Ambientales, Agricultura y Globalización en América Latina* (Vol. 18). España: Scripta Nova ISSN: 1138-9788.
- Sentís, I. (Mayo de 2012). Problemas de Degradación de Suelos en América Latina: Evaluación de Causas y Efectos. Quito, Ecuador. Obtenido de X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal* (Vol. 7). Italia: ISBN 92-5-304944-8.
- Shock, C., & Welch, T. (Marzo de 2013). Técnicas para la Agricultura Sostenible. *Oregon State University*, 1, 1-9.
- Silva, P., Silva, H., Garrido, M., & Acevedo, E. (2015). *Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos*. Santiago-Chile: ISBN: 978-956-19-0906-9.

- SNI. (2013). *Sistema Nacional de Investigadores*. Obtenido de INEC:  
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/category/geoportal/>
- Snyder, R. (2014). *Irrigation Scheduling - Water Balance Method*. California.
- Sociedad Internacional de Arboricultura. (2015). Técnicas Apropriadas para Aplicar el Mulch. *ISA, 1*.
- Suquilanda, M. (Octubre de 2008). *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Obtenido de El Deterioro de los suelos en el Ecuador y la Produccion Agrícola.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA (339). (s.f.). *Publicada en el Registro Oficial No. 725, del 16 de diciembre de 2002*.
- United States Department of Agriculture. (2004). *Agriculture Department*. United States of America. Obtenido de Agriculture Department: United States Department of Agriculture
- Universidad en el Campo. (2011). *Sistemas de Producción Vegetal II* (Primera Edición ed.). Caldas.
- Vargas Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción del suelo: Geoforma y topografía (relieve)*. Bolivia: FAO Cuarta edición.
- Wang, L.-f., Chen, J., & Shangguan, Z.-p. (2015). Yield Responses of Wheat to Mulching Practices in Dryland Farming on the Loess Plateau. *PLoS One, 10*(5).
- Zribi, W., Faci, J., & Aragiüés, R. (2011). Efectos del Acolchado sobre la Humedad, Temperatura, Estructura y Salinidad de Suelos Agrícolas. *Separata ITEA, 107*(2), 148-162.

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados iniciales de las propiedades físicas del suelo

- Aloburo

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

Informe N°: LN-SFA-E16-1769  
 Fecha emisión Informe: 02/12/2016

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Universidad Técnica del Norte / Agrocalidad Imbabura  
**Dirección:** Ibarra – La Campiña  
**Provincia:** Imbabura                      **Cantón:** Ibarra  
**Teléfono:** 2603061 / 0993236019  
**Correo Electrónico:** negrita2953@gmail.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2016-039  
**N° Factura/Documento:** 2676

#### DATOS DE LA MUESTRA:


<b>Tipo de muestra:</b> Suelo		<b>Conservación de la muestra:</b> Lugar fresco y seco	
<b>Cultivo:</b> Maíz			
<b>Provincia:</b> ----		<b>Coordenadas:</b>	<b>X:</b> ----
<b>Cantón:</b> ----			<b>Y:</b> ----
<b>Parroquia:</b> ----			<b>Altitud:</b> ----
<b>Muestreado por:</b> Gladys Vaca			
<b>Fecha de muestreo:</b> 22-11-2016		<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 24-11-2016	
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 24-11-2016		<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 02-12-2016	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-162206	Aloburo	Densidad Real	Picnómetro	g/ml	2,55
		Humedad Equivalente	Centrífuga	%	23,63
		Capacidad de Campo	Centrífuga	%	23,06
		Punto de Marchitez	Centrífuga	%	12,53
		Agua Aprovechable	Centrífuga	%	10,53
		Arena	Bouyoucos	%	42
		Limo	Bouyoucos	%	34
		Arcilla	Bouyoucos	%	24
		Clase Textural	Cálculo	---	Franco


Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:

  
**Ing. Rusbel Jaramillo Chamba**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliáres y Aguas

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

- Yahuarcocha

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

Informe N°: LN-SFA-E16-1768  
 Fecha emisión Informe: 02/12/2016

**DATOS DEL CLIENTE**

Persona o Empresa solicitante: Universidad Técnica del Norte / Agrocalidad Imbabura  
 Dirección: Ibarra – La Campiña  
 Provincia: Imbabura                      Cantón: Ibarra  
 Teléfono: 2603061 / 0993236019  
 Correo Electrónico: negrita2953@gmail.com  
 N° Orden de Trabajo: 10-2016-039  
 N° Factura/Documento: 2676

**DATOS DE LA MUESTRA:**

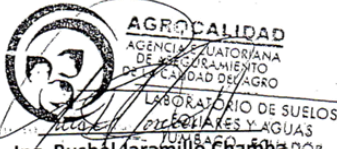
Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: Maíz		
Provincia: ----	Coordenadas:	X: ----
Cantón: ----		Y: ----
Parroquia: ----		Altitud: ----
Muestreado por: Gladys Vaca		
Fecha de muestreo: 22-11-2016	Fecha de inicio de análisis: 24-11-2016	
Fecha de recepción de la muestra: 24-11-2016	Fecha de finalización de análisis: 02-12-2016	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-162205	Yahuarcocha	Densidad Real	Picnómetro	g/ml	2,32
		Humedad Equivalente	Centrífuga	%	28,39
		Capacidad de Campo	Centrífuga	%	27,18
		Punto de Marchitez	Centrífuga	%	14,77
		Agua Aprovechable	Centrífuga	%	12,41
		Arena	Bouyoucos	%	30
		Limo	Bouyoucos	%	48
		Arcilla	Bouyoucos	%	22
		Clase Textural	Cálculo	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:

  
**Ing. Rusbel Jaramillo Chamba**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

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

## Anexo 2. Resultados finales de las propiedades físicas del suelo por tratamientos

- Aloburo

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

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0716	TO A	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,34
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	10,80
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	4,59
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,59
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	17,32
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	11,82
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,52
		Humedad Equivalente*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	25,85
		Capacidad de Campo*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	24,98
		Punto de Marchitez*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	13,58
		Agua Aprovechable*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	11,40
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	44
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	10
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

### Observaciones:

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

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

### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

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

### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (ds/m)	<2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-8,0

  
**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 TUMBACO, ECUADOR  
**Ing. Rusbel Jaramillo Chamba, MSc.**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas



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

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

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 2 de 2

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0718	T1 A	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,30
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	11,81
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	4,97
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,92
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	19,00
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	14,65
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,21
		Humedad Equivalente*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	26,46
		Capacidad de Campo*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	25,51
		Punto de Marchitez*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	13,86
		Agua Aprovechable*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	11,65
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	44
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	10
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

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

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

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

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

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (dS/m)	< 2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-8,0



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

LABORATORIO DE SUELOS,  
FOLIARES Y AGUAS  
TUMBACO, ECUADOR

Ing. Rusbel Jaramillo Chamba, MSc.  
Responsable de Laboratorio  
Suelos, Foliare y Aguas

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

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0719	T2 A	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,11
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	11,50
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	4,73
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,12
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	18,46
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	13,56
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,24
		Humedad Equivalente*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	27,56
		Capacidad de Campo*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	26,46
		Punto de Marchitez*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,38
		Agua Aprovechable*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,08
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	44
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuangó

**Observaciones:**

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

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

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

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

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

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-8,0



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

**LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS**  
 Ing. Rusbel Jaramillo Chamba, MSC  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliar y Aguas

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

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0717	T3 A	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,61
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	10,58
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	4,93
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,65
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	17,78
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	14,21
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,14
		Humedad Equivalente*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	26,19
		Capacidad de Campo*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	25,28
		Punto de Marchitez*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,74
		Agua Aprovechable*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,54
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	42
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
		Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

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

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

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

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


	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS

**Ing. Rusbel Jaramillo Chamba, MSc.**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas



• Yahuarcocha

 <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>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 2 de 2</b>

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0715	TO Y	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,83
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	15,03
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	4,26
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,44
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	20,57
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	16,24
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,57
		Humedad Equivalente*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	28,32
		Capacidad de Campo*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	27,12
		Punto de Marchitez*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,74
		Agua Aprovechable*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,38
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Limoso		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA


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

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

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

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (dS/m)	<2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-8,0


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



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

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

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 2 de 2

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0720	T1 Y	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,13
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	14,97
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	5,38
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,27
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	21,75
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	14,93
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,29
		Humedad Equivalente*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	31,68
		Capacidad de Campo*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	30,02
		Punto de Marchitez*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	16,32
		Agua Aprovechable*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	13,71
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	30
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	20
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

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

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

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

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

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (ds/m)	< 2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-8,0



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

LABORATORIO DE SUELOS,  
FOLIARES Y AGUAS  
**Ing. Rusbel Jaramillo Chamba, MSc.**  
Responsable de Laboratorio  
Suelos, Foliar y Aguas



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

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

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 2 de 2

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0721	T2 Y	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	1,11
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	13,27
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	5,24
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,55
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	20,17
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	15,77
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,28
		Humedad Equivalente*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	28,61
		Capacidad de Campo*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	27,37
		Punto de Marchitez*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,87
		Agua Aprovechable*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,49
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	30
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Limoso		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

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

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

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

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

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (dS/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0

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



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

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

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 2 de 2

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-0722	T3 Y	Potasio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,66
		Calcio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	12,87
		Magnesio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	4,16
		Sodio**	Absorción Atómica PEE/SFA/14	cmol/kg	0,22
		Bases Totales**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	17,91
		CIC**	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	15,25
		Saturación de Bases**	Cálculo PEE/SFA/14	%	Saturado
		Densidad Real*	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,31
		Humedad Equivalente*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	30,19
		Capacidad de Campo*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	28,74
		Punto de Marchitez*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	15,62
		Agua Aprovechable*	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,12
		Arena*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Limo*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Arcilla*	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
Clase Textural*	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Limoso		

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

**Observaciones:**

- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

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

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

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

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

	No Salino (NS)	Ligeramente Salino (LS)	Salino (S)	Muy Salino (MS)
CE* (dS/m)	< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0



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

Ing. Rusbel Jaramilla Chamba, MSc.  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas

**Anexo 3.** Cuestionario de factibilidad del uso de coberturas orgánicas muertas y riego por goteo en el área de estudio

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**TEMA: INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR**

**OBJETIVO: DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DEL USO DE COBERTURAS MUERTAS Y RIEGO POR GOTEO ENTRE LOS MIEMBROS DE LA JUNTA DE AGUA DE RIEGO DE ALOBURO Y YAHUARCOCHA.**

**Coordenadas del lugar: X..... Y..... Altitud.....**

**Género: M/F..... N° de Encuesta: ..... Fecha: ..... Sector: .....**

**Información sobre la conservación de las propiedades físicas del suelo**

1. ¿Ha sembrado usted cultivo de maíz?

Sí  No

2. Si la respuesta anterior es afirmativa ¿Cómo ha sembrado?

Sólo  Junto con otro cultivo

3. ¿Con qué otro cultivo lo ha sembrado?

Fréjol  Arveja  Otros: cuáles.....

4. ¿Dispone suficiente agua para regar sus cultivos?

Sí  No

5. ¿Cómo realiza usted el riego en sus terrenos?

Surcos (gravedad)

Por aspersión

Por goteo

No riega.

Otros:.....

6. ¿Estaría interesado usted en que la humedad dure más tiempo en el suelo?

Sí

No

7. ¿Ha utilizado rastrojo en sus cultivos para mantener el suelo más húmedo?

Sí

No

8. ¿De qué tipo de rastrojo?

Arveja:

Fréjol:

Cebada:

Trigo:

Malezas:

Otros:.....

9. ¿Si le fuera posible, cambiaría el tipo de riego que utiliza a riego por goteo?

Sí

No

10. ¿Usted estaría dispuesto a replicar el modelo de ensayo propuesto en su terreno?

Sí

No

Por qué:

.....  
.....  
.....

#### Anexo 4. Socialización del proyecto en el sector de Aloburo y Yahuarcocha



**Figura 26.** Entrevista con el Sr. José Revelo propietario del terreno de Aloburo



**Figura 27.** Socialización del proyecto con los miembros de la Junta de Agua y Riego



**Figura 28.** Entrevista con el canal de la Universidad Técnica del Norte (UTN)



**Figura 269.** Entrevista con los miembros de la Junta de Agua y Riego del sector de Yahuarcocha