



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**“EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS  
AGRÍCOLAS EN LA PARROQUIA AMBUQUÍ DEL CANTÓN IBARRA”**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria**

**AUTOR/A:**

Pozo Benalcázar Ester Leonela

**DIRECTOR/A:**

Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila, MSc.

**Ibarra, agosto del 2021**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN**

**CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**“EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN  
SUELOS AGRÍCOLAS EN LA PARROQUIA AMBUQUÍ DEL  
CANTÓN IBARRA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación

como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**APROBADO:**

Ing. Franklin Eduardo Sánchez, MSc.


**DIRECTOR**



**FIRMA**

Ing. José Raúl Guzmán Paz, MSc.

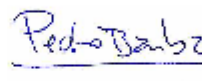
**MIEMBRO TRIBUNAL**



**FIRMA**

Blgo. Pedro Barba, MSc.

**MIEMBRO TRIBUNAL**



**FIRMA**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003708417		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pozo Benalcázar Ester Leonela		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra.		
EMAIL:	elpozob@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0999166585

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN LA PARROQUIA AMBUQUÍ DEL CANTÓN IBARRA
AUTOR (ES):	Pozo Benalcázar Ester Leonela
FECHA: DD/MM/AAAA	11/08/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Franklin Eduardo Sánchez, MSc

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de agosto de 2021.

EL AUTOR:

Ester Pozo

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

**Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Pozo Benalcázar Ester Leonela bajo mi supervisión.**

**Ibarra, a los 09 días del mes de agosto del 2021**



---

**Ing. Franklin Eduardo Sánchez MSc.  
DIRECTOR DE TESIS**

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

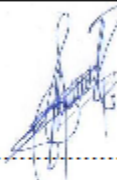
**Fecha:** Ibarra, a los 09 días del mes de agosto del 2021

Pozo Benalcázar Ester Leonela: "EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN LA PARROQUIA AMBUQUÍ DEL CANTÓN IBARRA" /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 09 días del mes de agosto del 2021, 105 páginas.

**DIRECTOR:** Ing. Franklin Eduardo Sánchez MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar la presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la parroquia Ambuquí del cantón Ibarra. Entre los objetivos específicos se encuentran: Estratificar el área de estudio según el uso del suelo en los últimos ocho años a través de imágenes satelitales. Comparar la relación entre la concentración de metales pesados, actividad microbiana y características físicas del suelo en los diferentes estratos seleccionados. Proponer un plan de acción para recuperación de suelos que presenten metales pesados.



Ing. Franklin Eduardo Sánchez MSc  
Director de Trabajo de Grado



Pozo Benalcázar Ester Leonela:

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero agradecer primero a Dios por estar presente no solo en esta etapa de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor de él para ser una mejor persona cada día. Cada momento vivido durante estos años son únicos, la oportunidad de cada mañana empezar de nuevo sin importar los errores y faltas cometidas*

*A la Universidad Técnica del Norte, especialmente a la carrera de Ingeniería Agropecuaria por haberme aceptado ser parte de ella y abrirme las puertas para estudiar mi carrera, así como también agradezco a los docentes que me brindaron sus conocimientos y formaron parte en mi formación académica, gracias por todas sus enseñanzas y consejos brindados.*

*A mi director de tesis Ing., Franklin Sánchez MSc., por haberme brindado la oportunidad de formar parte en este proyecto de investigación, y agradecer por los conocimientos científicos, y apoyo necesario que me brindo durante todo el desarrollo este trabajo de grado.*

*Muchas gracias a aquellos seres queridos que siempre estuvieron ahí para mí, gracias a Uds. he logrado concluir este proyecto y salir adelante en todo momento.*

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo dedicó principalmente mi amado Dios que es el creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza y el don de la perseverancia para llegar a fin este trabajo, además de darme todo lo necesario para seguir adelante y lograr culminar esta meta.*

*A mis padres por brindarme su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.*

*A mi hijo querido Dylan, que es mi orgullo y mi gran motivación el cual me impulsa a superarme cada día más y poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.*

*Y finalmente a todas las personas allegadas a mí que de una u otra forma estuvieron ahí para brindarme el apoyo incondicional y me guiaron en la culminación de mi carrera.*

***Ester Pozo***

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2. Problema .....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4 Objetivos .....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Preguntas directrices .....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Metales pesados .....	6
2.1.1. Dinámica de los metales pesados.....	7
2.1.2. Contaminación del suelo por metales pesados.....	8
2.1.3. Cambios en las características físicas, químicas y biológicas del suelo.....	9
2.1.3.1. Pérdida de la fertilidad .....	9
2.1.3.2. Fitotoxicidad .....	9
2.2. El suelo.....	10
2.2.2 Características físicas del suelo.....	11
2.3.2.1 Textura del suelo.....	11
2.2.2.1 Porosidad.....	12
2.2.2.2 Potencial hidrogeno (pH).....	12
2.2.2.3. Actividad microbiana del suelo .....	13
2.3 Uso del suelo en la parroquia Ambuquí.....	13
2.3. Uso de los Agroquímicos.....	14
2.3.1. Clasificación de los agroquímicos .....	15
2.4. Uso de fertilizantes químicos.....	15



2.4.1. Fertilizantes simples.....	16
2.5 Cultivos transitorios y perennes.....	17
2.5.1 Aplicaciones de los agroquímicos en los cultivos transitorios y perennes.....	17
2.7. Remediación de suelos contaminados por metales pesados.....	18
2.7.1. Biorremediación.....	18
2.7.2.1. Fitorremediación.....	18
2.8. Imágenes Planet Constellation.....	20
2.8.1. Uso de Imágenes Multiespectral.....	20
2.8.3. Imagen SasPlanet.....	22
2.9. Marco legal.....	22
2.9.1 Constitución de la República del Ecuador.....	22
2.8.2 Criterios calidad y remediación del suelo (TULSMA).....	23
CAPÍTULO III.....	25
3. MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1. Descripción del área de estudio.....	25
3.2. Materiales y métodos.....	25
3.2.1. Materiales.....	25
3.2.2. Métodos.....	26
3.2.2.1 Factor en estudio.....	26
3.2.2.2 Tipo de muestreo.....	26
3.2.3. Análisis estadístico.....	27
3.3. Características del experimento.....	27
3.3.1 Identificación de la población y muestra de los agricultores de Ambuquí.....	27
3.3.1.1 Población.....	27
3.3.1.2 Tamaño de la muestra.....	28
3.2.4.2. Diseño de la encuesta.....	28
3.4 Manejo del Experimento.....	29
3.4.1. Procesamiento y análisis de imágenes satelitales.....	29
3.4.1.1 Descarga y procesamiento de imágenes RapidEye.....	29
3.4.1.2. Descarga de imágenes SaS.Planet.....	35
3.4.1.3. Comparación de imágenes RapidEye con SasPlanet.....	36
3.4.1 Toma de muestras.....	37
3.5. Variables evaluadas.....	38
3.5.1 pH del suelo (muestras).....	38

3.5.2 Textura .....	39
3.5.3 Análisis microbiológico .....	40
3.5.4. Presencia de metales pesados.....	42
CAPÍTULO IV.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1. Estratificación del área de estudio .....	44
4.1.1. Selección de las zonas de cultivo (transitorios, perennes y suelos no agrícolas) .....	44
4.1.2. Contextualización del manejo fitosanitario en el área de estudio.....	46
4.1.2.1. Estimación del periodo de producción de los cultivos.....	46
4.1.2.2. Tipos de fertilizantes en los sistemas agrícolas. ....	47
4.1.2.3. Tipos de fertilizantes químicos en la producción agrícola.....	47
4.1.2.4. Elaboración y obtención de abonos orgánicos.....	48
4.1.2.5. Métodos de control en la protección de cultivos .....	49
4.1.2.6. Frecuencia de aplicación para controles fitosanitarios .....	50
4.1.2.7. Tipos de insecticidas que se utiliza en el control de plagas .....	51
4.1.2.8. Tipos de fungicidas utilizados en el control de enfermedades .....	52
4.1.2.9. Criterios de la productividad en los últimos ocho años. ....	53
4.2. Análisis de Metales pesados y actividad microbiana.....	53
4.2.1. Concentración de metales pesados.....	53
4.2.2. Metales pesados según estrato .....	54
4.2.3. Comparación de metales pesados con las normas de referencia del TULSMA. ....	56
4.2.4. Microorganismos totales .....	59
4.2.4 Microorganismos según estratos .....	60
4.2.5 Tipos de microorganismos.....	61
4.2.6 Contenidos de microorganismos por estrato.....	61
4.2.6.1. Actividad microbiana en cultivos transitorios .....	63
4.2.6.2. Actividad microbiana en cultivos perennes. ....	63
4.2.6.3. Actividad microbiana en suelos no agrícolas.....	64
4.2.1.5. Comparación de la actividad microbiana en los estratos (transitorios, perennes y suelo no agrícola).....	65
4.3. Propuesta de un plan de recuperación de suelos con presencia de metales pesados. ....	66
4.3.1. Plan de manejo basado en la rotación y asociación de cultivos.....	67
4.3.2. Objetivos del programa de fitorremediación. ....	68
4.3.3. Metas de la propuesta de biorremediación.....	68

4.3.4. Componentes del programa de fitorremediación.....	68
4.3.5. Organización para la ejecución del plan.....	70
CAPÍTULO V.....	72
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1 Conclusiones.....	72
5.2 Recomendaciones.....	73
6. BIBLIOGRAFIA.....	74
7. ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dinámica de los metales en suelo.....	8
Figura 2. Diagrama triangular de las clases texturales de suelos.....	11
Figura 3. Enfoques usados en la remediación de suelos contaminados por metales pesados .	19
Figura 4. Imagen Satelital RapidEye.....	21
Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio.....	25
Figura 6. Tipo de muestreo de la parroquia de Ambuquí.....	27
Figura 7. Montaje de las bandas.....	29
Figura 8. Montaje de la parroquia.....	29
Figura 9. Extracción por Máscara.....	30
Figura 10. Imagen extraída por mascara.....	30
Figura 11. Análisis imagen o combinación de bandas.....	31
Figura 12. Color Natural.....	31
Figura 13. Agricultura.....	31
Figura 14. Imagen RapidEye septiembre del 2010.....	32
Figura 15. Imagen RapidEye junio 2011.....	32
Figura 16. Imagen RapidEye abril 2012.....	32
Figura 17. Imagen RapidEye noviembre 2013.....	33
Figura 18. Imagen RapidEye agosto 2014.....	33
Figura 19. Imagen RapidEye septiembre 2015.....	33
Figura 20. Imagen RapidEye enero 2016.....	34
Figura 21. Imagen RapidEye abril 2017.....	34
Figura 22. Imagen RapidEye abril 2018.....	34

Figura 23. Ubicación del sitio de estudio.....	35
Figura 24. Descarga de la imagen SaS.Planet.....	35
Figura 25. Montaje de la imagen RapidEye de la parroquia de Ambuquí.....	36
Figura 26. Montaje de la imagen SasPlanet sobre la imagen RapidEye.....	36
Figura 27. Determinación de un cultivo perenne (caña).....	36
Figura 28. Puntos de Muestreo de la parroquia de Ambuquí .....	37
Figura 29. Toma de muestras.....	38
Figura 30. Identificación de la muestra.....	38
Figura 31. Lectura de pH .....	39
Figura 32. Determinación de la textura.....	40
Figura 33. Recepción de las muestras.....	40
Figura 34. Muestras para análisis de metales pesados.....	42
Figura 35. Cultivos Transitorios .....	44
Figura 36. Cultivos Perennes .....	45
Figura 37. Suelos no agrícolas .....	46
Figura 38. Periodos consecutivos de producción.....	47
Figura 39. Tipos de fertilizantes usados en producción agrícola, parroquia de Ambuquí.....	47
Figura 40. Tipos de Abonos químicos .....	48
Figura 41. Elaboración y obtención de abonos orgánicos .....	49
Figura 42. Métodos de control en la protección de cultivos .....	49
Figura 43. Frecuencia de aplicación .....	50
Figura 44. Uso de insecticidas por grupo químico .....	51
Figura 45. Grupo químico de fungicidas usados por los agricultores.....	52
Figura 46. Disminución de la producción.....	53
Figura 47 . Concentración de metales pesados en la zona de estudio.....	55
Figura 48. Concentración de metales pesados por estrato .....	56
Figura 49. Metales por estrato comparados con los valores de referencia (TULSMA). .....	57
Figura 50. Contenido de microorganismos totales por estratos .....	60
Figura 51. Contenidos de hongos y bacterias por cada estrato .....	62
Figura 52. Actividad microbiana en los diferentes estratos.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los metales .....	6
Tabla 2. Taxonomía de los suelos.....	10
Tabla 3. Clases texturales .....	12
Tabla 4. Clasificación de los pesticidas .....	15
Tabla 5. Cultivos transitorios de mayor producción.....	17
Tabla 6. Cultivos perennes de mayor producción.....	17
Tabla 7. Tipos de fitorremediación.....	19
Tabla 8. Características principales del satélite RapidEye .....	21
Tabla 9. Criterios de un suelo de calidad y remediación .....	23
Tabla 10. Materiales de campo, oficina, reactivos y equipos laboratorio.....	25
Tabla 11. PAE (Población Económicamente Activa) de la parroquia de Ambuquí.....	27
Tabla 12. Tamaño de la muestra.....	28
Tabla 13. Puntos de muestreo de la parroquia de Ambuquí .....	37
Tabla 14. Concentración de metales pesados en suelos agrícolas con un pH de 6 a 8.....	43
Tabla 15 Pruebas de hipótesis secuenciales para metales pesados según estrato .....	53
Tabla 16. Conformación de rangos según estrato .....	54
Tabla 17. Concentración de metales pesados .....	55
Tabla 18. Pruebas de hipótesis secuenciales para microorganismos .....	59
Tabla 19. Contenidos totales de microorganismos según estrato .....	59
Tabla 20. Pruebas de hipótesis secuenciales.....	61
Tabla 21. Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para tipos de microorganismos .....	61
Tabla 22. Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para conteo de macroorganismos según estrato ...	61
Tabla 23. Caracterización del estrato de cultivos transitorios .....	63
Tabla 24. Caracterización del estrato de cultivos perennes .....	64
Tabla 25. Caracterización del estrato suelos no agrícolas .....	64
Tabla 26. Contenidos del currículo de capacitación .....	69
Tabla 27. Especies vegetales con propiedades en fitorremediación .....	69
Tabla 28. Organización de actores para el plan de fitorremediación.....	71
Tabla 29. Presupuesto .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para caracterización del uso de pesticidas .....	85
Anexo 2. Resultados de los análisis metales pesados .....	88
Anexo 3. Resultados de los análisis del recuento de hongos y bacterias.....	97

# “EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS EN LA PARROQUIA AMBUQUÍ DEL CANTÓN IBARRA”

Autor: Pozo Benalcázar Ester Leonela

**Director de trabajo de Titulación:** Franklin Eduardo Sánchez

Correo: elpozob@utn.edu.ec

## RESUMEN

Actualmente, se busca alternativas que permitan conservar y recuperar la calidad de los suelos, además de contribuir a la agricultura ecológica, el fin de garantizar una alimentación saludable, libre de residuos tóxicos y con prácticas no perjudiciales al ambiente. La presente investigación se realizó en la parroquia de Ambuquí del cantón Ibarra de la provincia de Imbabura, donde su principal actividad económica es la producción agrícola, manteniendo considerables áreas en producción. Se utilizó una metodología descriptiva y exploratoria, para lo cual se identificó las áreas de cultivos en un periodo de ocho años ininterrumpidamente, estratificando de esta forma el uso del suelo (transitorios, perennes y suelos no agrícolas) mediante el uso de imágenes satelitales RapidEye. Asimismo, se implementó una encuesta a los productores para determinar el manejo de los cultivos en cuanto al control fitosanitario. La toma de muestras se hizo en zigzag a una profundidad de 20 cm (actividad microbiana) y 40 cm (características físico-químicas), en terrenos no superiores a las dos hectáreas. Para determinar si había diferencias significativas los resultados fueron analizados comparando las medias en una prueba de Rango Múltiple de Fisher y examinados con Análisis de Varianza, donde se determinó que no existe diferencia significativa en cuanto a la concentración de metales pesados y actividad microbiana en cada uno de los estratos estudiados. Además, los valores de metales no superan los Límites Máximos Permisibles de un suelo agrícola según la normativa del Ecuador.

**Palabras claves:** Contaminación, elementos traza, agroquímicos, productividad, estratificación.

## ABSTRACT

Currently, alternatives are being sought to conserve and recover the quality of soils, in addition to contributing to ecological agriculture, in order to guarantee a healthy diet, free of toxic residues and with practices that are not harmful to the environment. This research was carried out in the parish of Ambuquí in the canton of Ibarra in the province of Imbabura, where the main economic activity is agricultural production, maintaining considerable areas in production. A descriptive and exploratory methodology was used, for which the areas of cultivation were identified over a period of eight years continuously, thus stratifying land use (transitory, perennial and non-agricultural soils) through the use of RapidEye satellite images. In addition, a survey of producers was implemented to determine crop management in terms of phytosanitary control. Sampling was done in a zigzag pattern at a depth of 20 cm (microbial activity) and 40 cm (physical-chemical characteristics), in plots of no more than two hectares. To determine if there were significant differences, the results were analyzed by comparing the means in a Fisher's Multiple Range test and examined with Analysis of Variance, where it was determined that there is no significant difference in terms of the concentration of heavy metals and microbial activity in each of the strata studied. In addition, the values of metals do not exceed the Maximum Permissible Limits of an agricultural soil according to Ecuadorian regulations.

**Keywords:** Pollution, trace elements, agrochemicals, productivity, stratification.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La producción agrícola ha incrementado dramáticamente en los últimos años con el fin de garantizar suministro de alimentos para una población que está creciendo aceleradamente; una mayor producción ha sido posible alcanzar gracias al desarrollo y uso de agroquímicos en la agricultura, mismos que se han convertido en una parte importante de la agricultura moderna donde su uso aumentado de manera espectacular después de la Segunda Guerra Mundial (Gavrilescu, 2005).

El INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), en su Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continúa (2017), menciona que la superficie total nacional de cultivos permanentes representa el 11,58 %, transitorios y barbecho el 7,32 % y pastos cultivados el 19,81 %, además informa, que los cultivos transitorios aumentan cada año. INEC, (2014) en su encuesta dirigida hacia el uso de agroquímicos, manifiestan que, del total de agroquímicos utilizados, los cultivos transitorios utilizan una mayor cantidad de fertilizantes (81,34 %) y plaguicidas (77,90%), a diferencia de los cultivos permanentes que utilizan menos cantidad de fertilizantes (55,84%) y plaguicidas (56,06%).

La parroquia de Ambuquí del cantón Ibarra, sitio en donde se llevó a cabo la presente investigación, posee diferentes tipos de clima, Ecuatorial mesotérmico seco, Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo y Ecuatorial de alta montaña; además cuenta con una temperatura que va de los 8°C a 24°C y una precipitación promedio de 462 mm/año, siendo los meses más lluviosos marzo y octubre (PDOT, 2015). Esta parroquia basa su economía en la producción agrícola, y actualmente este sistema productivo depende en gran medida de la utilización de insumos externos, principalmente de agroquímicos, para alcanzar buenos rendimientos. Para Bautista (2014), estas prácticas traen consigo un permanente deterioro del suelo, alterando las características físicas, químicas y principalmente biológicas, debido a la contaminación de sustancias altamente tóxicas como son los pesticidas.

La actividad tóxica de los pesticidas sobre la especie vegetal no es considerada un problema, ya que en esa actividad se basa su eficacia y la razón de su utilización; sin embargo, los problemas se derivan de la falta de selectividad de los productos químicos, puesto que en la liberación de las sustancias, la toxicidad se extiende a otras especies, este efecto no intencionado sobre otros organismos obliga a realizar valoraciones con la finalidad de minimizar los impactos sobre los estos y los diferentes hábitats (Enríquez, 2001).

Sin importar el tipo de plaguicida, todos cuentan con ciertas características (como toxicidad, persistencia, bioacumulación, y/o capacidad de migración) que los hacen perjudiciales tanto para los recursos naturales, como para el ser humano, sin embargo, en el momento de la aplicación del plaguicida el suelo recibe todos los ingredientes activos, donde muchos de ellos se infiltran naturalmente (Linares, 2007).

Los pesticidas se dispersan a través del suelo, agua y aire, y se detectan principalmente en los alimentos de consumo humano, en el caso de los plaguicidas aplicados al suelo, sus residuos pueden acumularse en este recurso a niveles altos e inaceptables y los impactos potenciales de los plaguicidas en el medio ambiente y la salud humana han sido ya reconocidos por la comunidad científica, por lo que la remediación de suelos contaminados es prioridad para proteger la salud humana y para lograr el desarrollo sostenible (Cheng et al., 2016), .

La contaminación del suelo se debe a las constantes aplicaciones fitosanitarias, donde al caer el excedente de producto al suelo y ser arrastradas por las lluvias las partículas depositadas en las plantas, se genera una acumulación a nivel de suelo; donde los mayores riesgos de contaminación, se presentan con la aplicación de algunos insecticidas organoclorados, que son de eliminación más difícil, persistiendo más tiempo, en suelos arcillosos y orgánicos (Asela, Suárez y Palacio (2014).

Los fertilizantes basados en minerales como zinc y fósforo pueden contener cadmio a manera de impureza, por lo que llega a convertirse en contaminante. Este elemento puede acumularse posteriormente en los organismos vivos que ingieran material vegetal procedente de suelos que fueron expuestos a fertilizaciones continuas con estos fertilizantes, (Bonomelli, Bonilla y Valenzuela, 2003). El cadmio es un elemento no esencial y poco abundante en la corteza terrestre y a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos, la contaminación ha aumentado como consecuencia del incremento de la actividad industrial que ha tenido lugar a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, afectando de forma progresiva a los diferentes ecosistemas (Pinto et al., 2004).

Villacrés (2014), realizó un estudio basado en una metodología descriptiva y explicativa del manejo de plaguicidas en el cantón Quero de la provincia de Tungurahua, donde determinó que los productores de papa están conscientes que utilizan productos químicos para los controles fitosanitarios e indican que realizan mezclas de los en dosis elevadas, debido a la carencia de conocimientos y falta de capacitación.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son herramientas tecnológicas adecuadas para generar información y facilitar el manejo a diferentes escalas espaciales y temporales. Una de las aplicaciones importantes de la teledetección es el seguimiento al desarrollo de los cultivos, ya que proporciona la información de la superficie cultivada cada vez que un satélite pasa sobre el territorio de interés sea este Landsat, RapidEye, Sentinel, etc.; de este modo es posible contar con imágenes en diferentes instantes del año que representan la respuesta espectral de los cultivos a lo largo de su ciclo fenológico (Balbotin et al., 2016).

## **1.2. Problema**

La agricultura es una actividad económica indispensable en la sociedad, sin embargo, el suelo, uno de los recursos más importantes enfrenta un gran problema denominado erosión, debido al uso indiscriminado de productos sintéticos como pesticidas y fertilizantes

químicos, lo que genera problemas en cuanto la calidad del suelo, así como en la reducción de la fertilidad de este recurso hasta el punto de dejarlos inaprovechables para la producción agrícola (Izquierdo, 2017).

Los suelos tienen la propiedad de retención del plaguicida, de manera física, sin cambio en la naturaleza química de la molécula, produciéndose una acumulación del plaguicida en la superficie o en el interior de las partículas del suelo, este proceso se denomina sorción e incluye: la absorción o entrada del plaguicida a la matriz del suelo, y, la adsorción o unión del plaguicida a las partículas de suelo (Aparicio et al., 2015).

La presencia de plaguicidas en distintas matrices ambientales indica un agotamiento en la capacidad del suelo para funcionar como reactor, el suelo, al operar como una interfase entre el aire y el agua, estaría provocando un impacto en estos dos recursos vitales, esta acumulación puede afectar la capacidad del suelo para realizar sus funciones de producción biológica, protección ambiental y sustento de la salud humana (FAO, 2009).

Los plaguicidas aplicados a las plantas, viven en el suelo y pueden moverse hacia abajo a través del perfil por adsorción y elución sucesivas, de esta forma unirse a los enlaces de los minerales arcillosos o adsorberse a las moléculas orgánicas, también pueden unirse al agua del suelo o a la fase gaseosa en el espacio intersticial, si los ingredientes activos son de volatilidad adecuada (Mirsal, 2004),

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2011), en su publicación denominada Plan Nacional de Riego, menciona que los cultivos producidos por la pequeña agricultura, como: arveja (*Pisum sativum*), cebada (*Hordeum vulgare*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), maíz suave (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), yuca (*Manihot esculenta*) e inclusive la papa (*Solanum tuberosum*), los rendimientos, son inferiores a los alcanzados en décadas atrás y que la productividad actual es equivalente a la mitad o a las tres cuartas partes de lo que se alcanzaba en 1965; en la misma publicación se asevera que buena parte de los agricultores grandes, medianos y pequeños dependen ahora del uso de agroquímicos.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2015) en la parroquia de Ambuquí, el suelo destinado a la producción agrícola está en el orden del 26.24%, espacio que representa 3346.61 hectáreas de los cuales existen permanentes amenazas como es la degradación de los suelos, además que está presente un avance continuo de la frontera agrícola, así como altos índices de erosión lo que deriva principalmente en baja productividad.

### **1.3. Justificación**

Se lo definen al suelo como la capa superior de la corteza terrestre, formada por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, esta se considera como un Reactor Natural capaz de transformar, filtrar, amortiguar y depurar las sustancias que lleguen a su superficie, así como regular los ciclos biogeoquímicos (Aparicio et al. 2015).

El aumento de población a nivel mundial contribuye a intensificar la producción de alimentos, generando un incremento en el uso de sustancias químicas como son los pesticidas para el control de plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas, donde el manejo de estos y su aplicación en la agricultura constituye actualmente una de las mayores preocupaciones ambientales, puesto que su aplicación es masiva y directa en los sistemas naturales.

La producción de alimentos está ligada estrechamente al uso de plaguicidas, especialmente en frutas y vegetales debido a la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, por lo que se optimiza la protección de los cultivos para minimizar pérdidas, sin considerar que los plaguicidas son sustancias químicas potencialmente tóxicas y capaces de producir contaminación a nivel de suelo y aguas tanto superficiales como subterráneas, generando riesgo de intoxicación de seres vivos (Villacrés, 2014).

Kabata y Pendias (2004), mencionan que el uso masivo de plaguicidas genera la acumulación de elementos tóxicos en el suelo como son los metales pesados, mismos que pueden ser de transferencia en la cadena suelo – planta – consumidor, principalmente en lotes donde estos procesos se realizan de manera intensiva y sin periodos de descanso ni rotación de cultivos. Alloway (2012), por su parte indica que algunos metales pesados están directamente relacionados con fuentes específicas como son los fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), y plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn).

Los suelos arcillosos y orgánicos son los que retienen más elementos traza que los de textura arenosa (Asela, Suárez y Palacio, 2014). Los plaguicidas organoclorados son de alto riesgo por persisten más tiempo en el suelo provocando impactos negativos en los sistemas naturales debido a la aplicación directa en los cultivos, llegando a ocasionar la pérdida de la productividad del suelo y alterando las propiedades físicas y químicas del suelo. FAO (2007).

El uso de la teledetección en la agricultura permite obtener, características relacionadas con el desarrollo de los cultivos, a través de la energía emitida por estos, conocida como reflectancia espectral; cada imagen de satélite cubre un área extensa y permite generar un mapa con diferentes características de los cultivos, lo que permite estudiar la distribución espacial y su evolución en el tiempo al utilizar una secuencia de imágenes, actualizarlos, estimar superficies y en consecuencia calcular la distribución espacial y temporal de sus necesidades hídricas en área extensas (Balbotin, Poblete, Garrido y Calera 2016).

Con lo que respecta la presente investigación, se utilizó esta información para determinar zonas de cultivo sin descanso en un periodo de ocho años, esto ayudó a la determinación de territorios como cultivos transitorios, cultivos perennes y zonas no agrícolas (bosques o quebradas) estratificando de esta forma la parroquia de Ambuquí.

Debido al uso desmesurado de los agroquímicos en cultivos transitorios y el efecto poco amigable que estos causan en el suelo, hace imprescindible la búsqueda de nuevas alternativas para mejorar la productividad de estos, de ahí surge la importancia de un estudio

de carácter exploratorio-descriptivo como este tipo de investigación, de esta manera llegar a concientizar al agricultor el uso y la responsabilidad en el manejo de la aplicación de los pesticidas y fertilizantes químicos, además de dar a conocer técnicas sobre la recuperación de suelos contaminados con metales pesados y llevar una agricultura más amigable con el ambiente.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general.**

- Determinar la presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la parroquia Ambuquí del cantón Ibarra.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Estratificar el área de estudio según el uso del suelo en los últimos ocho años a través de imágenes satelitales.
- Comparar la relación entre la concentración de metales pesados, actividad microbiana y características físicas del suelo en los diferentes estratos seleccionados.
- Proponer un plan de acción para recuperación de suelos que presenten metales pesados.

## **1.5 Preguntas directrices**

¿Cómo afecta la presencia de metales pesados en los diferentes estratos en estudio a la actividad microbiana y las propiedades del suelo?

¿Cómo se relaciona la textura del suelo con la presencia de metales pesados?

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Metales pesados

Para Furini (2012), los metales pesados son elementos naturales que, desde el punto de vista biológico solo un número de metaloides son solubles en condiciones fisiológicas y por lo tanto están disponibles para los organismos vivos. Entre los 90 elementos naturales, 21 son no metales, 16 son metales ligeros y los 53 restantes constituyen los metales pesados o elementos traza teniendo como principales: el Cobre (Cu), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Plata (Ag) y Uranio (U), que no tienen función biológica conocida e inclusive son muy tóxicos en bajas cantidades.

Para García y Dorronsoro (2005), los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo; segunda, adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos, además pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas. La adsorción de los metaloides está fuertemente condicionada por el pH del suelo y por su solubilidad, metales como el cadmio (Cd) y el zinc (Zn), se pueden absorber en mayor grado en plantas, y menos biodisponible como es el plomo (Pb) para pasar la barrera suelo-raíz-planta (Prieto, Gonzales y Román, 2009).

A continuación, en la tabla 1 se detalla las principales características de los metales a pesados según Furini (2012).

**Tabla 1**  
*Características de los metales*

Metal	Características
Cadmio (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es uno de los metales pesados más fitotóxicos</li> <li>• Altamente soluble en agua y rápidamente absorbido por las plantas</li> <li>• Representa su principal entrada en la cadena alimenticia, provocando una amenaza para la salud humana</li> <li>• La absorción por las raíces y transporte de Cd tienen un efecto negativo en la nutrición, crecimiento y desarrollo de plantas.</li> <li>• La intoxicación con Cd en humanos produce: enfisema pulmonar, insuficiencia renal, hipertensión arterial, osteoporosis y cáncer</li> </ul>
Cobre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutriente esencial que actúa como un componente estructural en la regulación de proteínas</li> <li>• La deficiencia de Cu presenta síntomas de clorosis y necrosis en la punta de la hoja</li> <li>• La toxicidad del Cu inhibe la evolución del oxígeno lo que significa una baja reducción significativa en el rendimiento fotosintético</li> </ul>

Níquel (Ni)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su liberación es acusa de actividades como: minería, quema de combustible, emisiones de vehículos etc.</li> <li>• A diferencia de otros metales el Ni es un micronutriente esencial</li> <li>• Bajos niveles de Ni promueven el crecimiento y desarrollo de muchos cultivos</li> <li>• Elemento esencial y participa en muchos procesos de vida del vegetal</li> </ul>
Zinc (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zn es abundante en el componente mineral del suelo</li> <li>• Los niveles de Zn van aumentado a través de actividades humanas como: minería, quema de combustibles y uso de fertilizantes (fosfatos)</li> <li>• Inhibe el crecimiento de la raíz</li> <li>• Niveles altos de Zn produce daño en el páncreas, irritación de la piel, vómitos, náuseas y arteriosclerosis</li> </ul>
Plomo (Pb)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uno de los metales pesados más abundantes, tanto terrestres como acuáticos</li> <li>• Se considerada uno de los más peligros y graves para la salud humana, ya que es fácilmente absorbido por las plantas y puede entrar fácilmente en la cadena alimentaria</li> <li>• Las raíces que absorben Pb reducen su tasa de crecimiento y cambian su patrón de ramificación</li> <li>• Afecta la captación de nutrientes y la asimilación de nitrógeno ya que el Pb inhibe crecimiento radicular</li> </ul>

---

Fuente: Furini, (2012)

### **2.1.1. Dinámica de los metales pesados.**

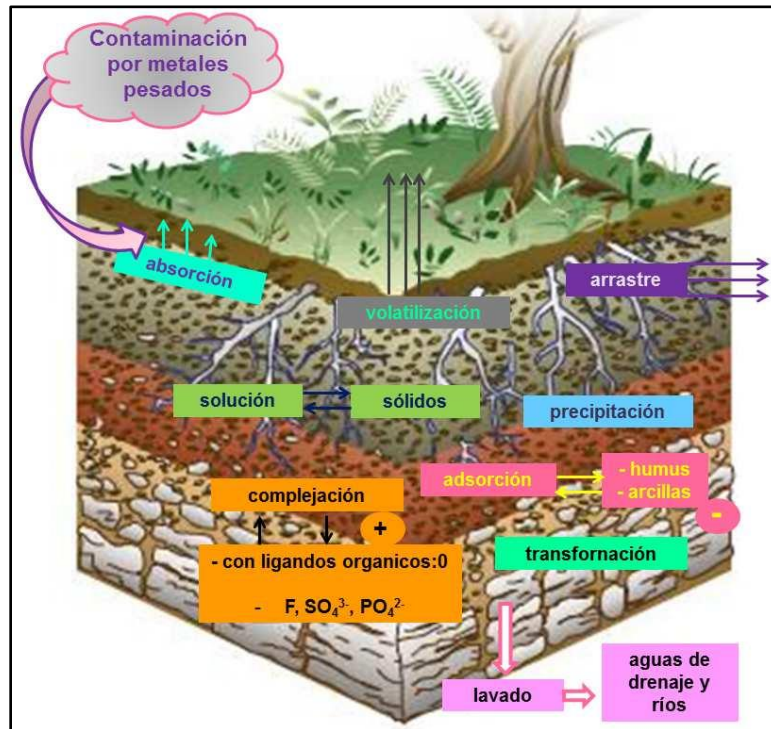
Según Mejía (2011) los metales pesados no se comportan como elementos estáticamente inalterables, sino que siguen pautas de movilidad generales. La dinámica de los metales pesados en el suelo puede clasificarse en cuatro vías como se muestra en la figura 2:

- Movilización a las aguas superficiales o subterráneas
- Transferencia a la atmósfera por volatilización
- Absorción por las plantas e incorporación a la cadena trófica
- Retención de metales en el suelo de distintas maneras: disueltos o fijados, retenidos por adsorción, complejación y precipitación.

Sauquillo (2003), menciona que los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son:

- Características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, etc.

- Naturaleza de la contaminación: origen de los metales y forma de deposición.
- Condiciones medioambientales: acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad.



**Figura 1.** Dinámica de los metales en suelo  
**Fuente:** García y Dorronsoro (2005)

### 2.1.2. Contaminación del suelo por metales pesados.

Contaminación se refiere a la introducción o incremento anormal de sustancias que pueden ocasionar un efecto dañino sobre los distintos organismos presentes en el suelo y el tiempo de permanencia de los metales pesados suele ser alto, tanto del aire como en el agua. El daño por contaminación en el recurso suelo puede ser medio a alto, principalmente en las plantas debido al uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos y pesticidas que alteran las características físicas, químicas y principalmente biológicas del suelo (Bautista, 2014).

Un aspecto clave en la peligrosidad de dichos metales en el suelo es de la posibilidad de que varios de estos elementos trazan tengan efectos sinérgicos, puede ser que uno de ellos por sí solo no sea peligroso, pero muchos de ellos detectados en el suelo si lo sean, esto depende en gran medida de la movilidad de los metales pesados siendo este el principal factor de interés en la contaminación de suelos. Es importante considerar que cuando los metales están en fase soluble pueden moverse en dicho perfil, pudiendo influir en su disponibilidad y capacidad contaminante a lo largo del tiempo, esta movilidad dependerá de las características físicas del suelo, así como su pH (García, Moreno, Hernández y Polo, 2002).



### **2.1.3. Cambios en las características físicas, químicas y biológicas del suelo.**

El uso de fertilizantes ha ocasionado el incrementando algunos compuestos en el suelo, causado cambios en las características físicas, químicas y biológicas; fertilizantes como los nitrogenados que incluyen los nitratos de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ), la urea ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ), el fosfato de amonio ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), entre otros que aportan al suelo los nutrientes básicos para el desarrollo de las plantas, permitiendo aumentar la disponibilidad de los mismos, puesto que todos estos productos son solubles en agua, sin embargo, estos fertilizantes tienen algunos inconvenientes para los suelos, ya que pueden contener residuos de metales pesados como impurezas y pueden quedar igualmente disponibles para las plantas y provocan daños en las mismas (Prieto et al., 2009).

#### ***2.1.3.1. Pérdida de la fertilidad***

Alcalá et al., (2012), mencionan que las prácticas agrícolas inadecuadas, así como el uso de fertilizantes químicos, pesticidas provocan la acumulación de contaminantes en el suelo, como son los metales pesados que degradan este recurso y provocan la pérdida de fertilidad causando erosión.

La degradación del suelo constituye el 80% del desgaste de la capa superficial, afectando alrededor de 22% de las tierras agrícolas cultivables, la mayoría de las causas está relacionado con la exposición de la superficie del suelo debido al establecimiento de nuevas áreas de cultivo, deforestación, sobrepastoreo, sequía, y el abuso de agroquímicos que provocan un desequilibrio de nutrientes, causando una pérdida de biodiversidad del suelo reduciendo la fauna y la actividad microbiana afectando la productividad agrícola y otros servicios ecosistémicos (FAO, 2015).

#### ***2.1.3.2. Fitotoxicidad***

Cuando los metales pesados se encuentran en la solución del suelo, pueden ser transferidos con mayor facilidad a otros medios, así cuando su concentración se incrementa estos contribuyen a un nivel importante de toxicidad en el suelo. Esta toxicidad de los elementos depende de la biodisponibilidad del suelo y su ingreso a la cadena trófica, la cual se da mediante la absorción de las plantas o por medio del agua, cuando las concentraciones promedio de los metales en el suelo rebasan los límites máximos de concentración se produce una fitotoxicidad en el mismo (Acosta, 2007).

Para Mejía (2011), la mayoría de metales pesados se combinan con otras formas químicas, por lo que es importante conocer la forma química en que se encuentra cada elemento, así como su persistencia en el suelo, puesto que la toxicidad depende de los niveles de concentración donde un elemento indispensable en altas concentraciones puede llegar a ser tóxico para los seres vivos, sin embargo, el proceso de toxicidad se agrava durante el paso por las distintas cadenas tróficas.

## 2.2. El suelo

El suelo, es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), este es un componente esencial de ambiente en el que se desarrolla la vida, es vulnerable y de larga recuperación ya que tardó miles de años en formarse, además de ser de extensión limitada por lo que se considera un recurso natural no renovable utilizada para diversos fines como son: agricultura, ganadería, pastos y montes, extracción de minerales entre otros (Silva y Correa, 2009).

Según García (2012) el suelo, es un material poroso desarrollado a partir de una mezcla de materia orgánica, minerales (arena, limo, arcilla entre otros), agua y aire, el mismo que almacena nutrientes capaces de sostener el crecimiento de organismos y microorganismos, además el suelo se extiende tanto en superficie como en profundidad y consta de varias capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie.

### 2.2.1 Taxonomía de los suelos.

Para Castrillo (2008), la taxonomía permite identificar y describir los suelos, así también sus distintos usos, la clasificación presenta un modelo de relaciones genéticas entre estos, esta puede realizar a partir de los procesos de formación del suelo que indican la presencia o ausencia de los principales horizontes de diagnóstico, un orden incluye suelos que tienen diferentes propiedades desde el punto de vista de su génesis, están formados por los mismos procesos generales genéticos. En la Tabla 2 se detalla la taxonomía de los suelos de acuerdo a su orden.

**Tabla 2**

*Taxonomía de los suelos*

<b>Tipo de suelos</b>	<b>Características</b>
Alfisoles	Suelos con horizonte diagnóstico argílico saturado
Andisoles	Suelos con un alto contenido de materiales amorfos
Aridisoles	Suelos representativos en regiones áridas, con humedad arídica
Entisoles	Suelos muy pocos evolucionados
Gelisoles	Suelos con permafrost
Histisoles	Suelos con grandes acumulaciones de materia orgánica sin evolución
Inceptisoles	Suelos que presentan baja e incluso media evolución
Mollisoles	Suelos con epipedon mollico
Oxisoles	Suelos con horizonte diagnóstico óxido
Spodosoles	Suelos con horizonte spódico
Ultisoles	Suelos presentes en zonas húmedas y tropicales
Vertisoles	Suelos ricos en arcilla especialmente en zonas subhúmedas

Fuente: FAO (2009)

## 2.2.2 Características físicas del suelo.

Rucks, García, Kaplán, Ponce de León y Hill (2004), señalan que las características físicas de los suelos se determinan por el uso que el hombre proporciona a estos. Mientras que la condición física determina, la rigidez, la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje, el almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

### 2.3.2.1 Textura del suelo

La textura es el contenido relativo de cada partícula de limo, arcilla, arenas finas o gruesas e inclusive gravas; la presencia de cada uno de los tamaños de los mismo, define el tipo de textura y el comportamiento del suelo frente al agua (capacidad de almacenamiento), influyendo en la capacidad de retención y contenido de materia orgánica. La textura depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación del suelo (Ciancaglini, 2009).

Rucks et al (2004) señalan que, para determinar la clase textural de un suelo se recurre a varios métodos, en el cual cada los diagramas triangulares son los más usados, puesto que cada uno de sus lados a un eje graduado de 10 en 10, de 0 a 100, sobre el cual se transporta la cantidad del elemento que representa, donde un lado del triángulo corresponde a la arcilla, el otro al limo, el tercero a la arena. El contenido de arcilla, limo y arena, determina un punto que se sitúa en el triángulo, que se sitúa dentro de una casilla, esto que permite identificarlo y darle un nombre a la clase textural, por ejemplo, franco, arcillo arenoso, (figura 2)

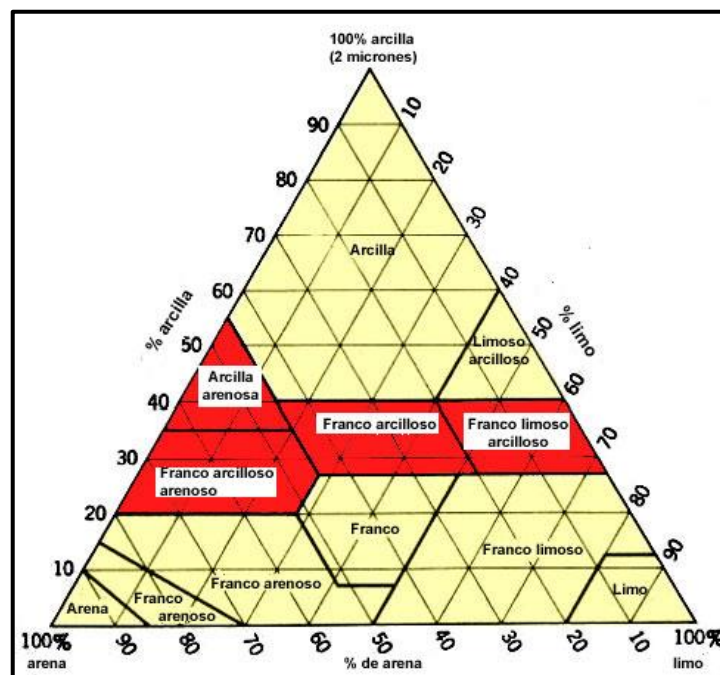


Figura 2. Diagrama triangular de las clases texturales de suelos

Fuente: Rucks et al. (2004)

La FAO (2009), señala que la textura del suelo se puede clasificarse de fina a gruesa, la fina indica una elevada proporción de partículas más finas como el limo y la arcilla, la gruesa indica una elevada proporción de arena, como se muestra en la tabla 3 donde se pueden obtener las definiciones más precisas.

**Tabla 3**  
*Clases texturales*

<b>Nombres vulgares de los suelos</b>	<b>Arenoso</b>	<b>Limoso</b>	<b>Arcilloso</b>	<b>Clase textural</b>
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

FAO, (2009)

### **2.2.2.1 Porosidad**

Las propiedades del suelo, están determinadas por las características cuantitativas y cualitativas de espacio del suelo no ocupado por sólidos, denominado espacio poroso; dentro del espacio poroso se pueden distinguir dos tipos (macroporos y microporos), donde los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aereación del suelo, constituyendo además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces, los microporos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas (Rucks et al., 2004).

### **2.2.2.2 Potencial hidrogeno (pH)**

En los suelos el pH es usado como un indicador de la acidez o alcalinidad, y es medido en unidades de pH, además de ser una de las propiedades más importantes del suelo que afectan la disponibilidad de los nutrientes, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las

plantas. El pH del suelo aumenta, la disponibilidad de la mayor parte de los nutrientes baja, y al contrario cuando el pH es bajo, la disponibilidad de los nutrientes aumenta (Espinosa y Molina, 2001).

### **2.2.2.3. Actividad microbiana del suelo**

La vida microbiana tiene un rol esencial en la formación y el mantenimiento de la fertilidad del suelo. El monitoreo de la actividad y diversidad de los microorganismos edáficos es de suma importancia en los ecosistemas agrícolas a fin de evaluar el impacto de las diferentes prácticas de manejo productivo, donde un análisis microbiológico determina la presencia, abundancia y actividad de las poblaciones microbianas, además de las interacciones entre los microorganismos y las plantas (Benintende y Sánchez, 2009).

Para López et al, (2015) la actividad y diversidad microbiológica del suelo condiciona la fertilidad, la estabilidad y funcionamiento de ecosistemas naturales, esta agrobiodiversidad es esencial para garantizar los ciclos de los nutrientes y los procesos de descomposición del material vegetal, debido a los procesos biológicos como la oxidación, la reducción, la descomposición de materia orgánica, la mineralización y las diferentes interacciones que se establecen en el suelo.

La mayoría de las especies vegetales en los ecosistemas terrestres establecen relaciones con microorganismos rizosféricos que les permiten acceder a nutrientes esenciales para su crecimiento, entre los numerosos microorganismos que habitan la rizosfera se incluyen las bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno, los hongos de las micorrizas y las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal; sin embargo, su rol se ha visto marginalizado debido a modificaciones inducidas por labranzas y el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, herbicidas y pesticidas (Correa, 2012).

Benintende y Sánchez (2009), mencionan que los microorganismos se asocian en dos grandes grupos como son las bacterias y hongos, donde las bacterias constituyen la mayor diversidad microbiana del suelo, siendo los actinomicetos los más numerosos debido a su pequeño tamaño, representando al menos de la mitad de la biomasa microbiana total siendo los más conocidos las bacterias del género *Rhizobium*, otro gran grupo son los hongos, importantes en los procesos de descomposición de la materia orgánica, los hay de vida libre y otros como las micorrizas que viven en forma simbiótica en las raíces de plantas, estas asociaciones se destacan por su ubicuidad las endomicorrizas o micorrizas arbusculares.

## **2.3 Uso del suelo en la parroquia Ambuquí.**

La Parroquia está situada al norte del territorio ecuatoriano en el Cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Su temperatura está entre 8°C a 24 °C. Ambuquí se destaca por su principal actividad económica como es la agricultura, misma que en los últimos años ha aumentado, siendo los principales cultivos la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), frejol (*Phaseolus vulgaris*), tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), aguacate (*Persea americana*), mango

(*Mangifera indica*), pimiento (*Capsicum annuum*) y pepinillo (*Cucumis sativus*), los cuales tienen como destino principal el mercado mayorista de la ciudad de Ibarra y que forman parte de los productos para el consumo diario en los diferentes hogares de la Provincia (Bolaños, 2012).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2015), Ambuquí presenta diferentes tipos de relieve, desde plano hasta montañoso lo que hace posible tener diferentes tipos de clima como mesotérmico seco, mesotérmico semi-húmedo y de alta montaña, los suelos se clasifican de acuerdo a las características generales y a las limitaciones que estos presentan para el laboreo y se agrupan en diferentes clases como:

- **Suelos de Clase I:** con 393.84 hectáreas, representan el 3,13% del territorio parroquial, caracterizados por su buena fertilidad, textura variable, buen drenaje y escaso riesgo a inundaciones.
- **Suelos de Clase II:** con 554.21 hectáreas, representan el 4,41% del territorio, son suelos sujetos a limitaciones moderadas en el uso, presentan un peligro limitado de deterioro, pero pueden cultivarse mediante labores adecuadas.
- **Los suelos de Clase III:** con 199.33 hectáreas, representan el 1,58% del territorio, ocupan áreas de topografía plana a ligeramente ondulada, son tierras apropiadas para cultivos permanentes, que requieren de prácticas especiales de conservación.
- **Los suelos de Clase IV:** con 288.73 hectáreas, representan el 2,30% del territorio, son suelos con limitaciones permanentes y severas para el cultivo, ya que muchos de ellos se encuentran en pendientes fuertes sometidos a erosión intensa, pero pueden ser cultivables con métodos intensivos de manejo.
- **Los suelos de Clase V:** con 787.19 hectáreas, representan el 6,26% del territorio, son tierras no cultivables con severas limitaciones de humedad, aptas para pastos o bosques.
- **Los suelos de Clase VI:** con 10355.16 hectáreas, representan el 82,32%, son suelos que se hallan sujetos a limitaciones permanentes porque se encuentran situados en pendientes fuertes, erosionados, áridos o inundados.

### 2.3. Uso de los Agroquímicos

Según la FAO (2007), los agroquímicos son sustancias químicas diseñadas para ser tóxicas, esto se da porque son liberadas al medio ambiente de manera abierta, en los últimos años se ha incrementado el uso de estos químicos a nivel mundial, con una tasa de crecimiento de 4 a 5.4%, siendo el principio básico de los agroquímicos la destrucción y control de diferentes plagas y enfermedades que afectan los cultivos permitiendo así incrementar su producción. Sin embargo, Restrepo (2000), manifiesta que las grandes cantidades de sustancias químicas

(insecticidas, herbicidas, fungicidas) vienen ocasionando daños severos de contaminación química de la tierra y por ende contaminando el recurso suelo.

### 2.3.1. Clasificación de los agroquímicos

Arregui y Puricelli, (2008) manifiestan que es importante conocer el grupo químico desde el punto de vista toxicológico debido a que hay productos que producen intoxicaciones análogas con la misma aplicación de estos y con similares productos. En la tabla 4 se observa la clasificación de los diferentes tipos de agroquímicos (insecticidas, fungicidas y herbicidas) de acuerdo al grupo químico al que pertenecen.

**Tabla 4**  
*Clasificación de los pesticidas*

<b>Agroquímicos</b>	<b>Ingrediente activo</b>
<b>Insecticidas</b>	
Clorados	DDT, clordano, lindano, metoxicloro, pertane, heptacloro, aldrin
Organoclorados	Acefato, clorpirifos, metil demetón, diazinon, dimetoato, etión
Carbamatos	Carbofurán, carbosulfán, metomil, pirimicarb, formetanato
Piretroides	Cipermetrina, ciflutrina, deltametrina, esfenvalerato, permetrina
Nitroguanidinas	Acetamiprid, imidacloprid
Benzoulorias	Novalurón, clorfluazurón, teflubenzurón
<b>Fungicidas</b>	
Metoxiacrilatos	Azoxistrobina
Triazoles	Epoxiconazole, ciproconazole, difenoconazole, propiconazole
Benzimidazoles	Carbendazim, tiabendazol, metil tiofanato
Derivado del benceno	Clorotalonil
Ditiocarbamato	Mancozeb
<b>Herbicidas</b>	
Sulfitos	Glifosato
Imidazolinonas	Imazaquim, imazetapir, imazapir
Triazinas	Prometrina
Acetanilidas	Acetoclor, alaclor
Benzonitrilos	Bromoxinil
Diazinas	Bentazón

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (2008).

### 2.4. Uso de fertilizantes químicos

Se llama fertilizante a cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos 5 % de uno o más de los tres nutrientes primarios: nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), actualmente la gran mayoría de fertilizantes son obtenidos industrialmente por procesos industriales que consisten en obtener el nutriente requerido de alguna fuente natural concentrada, para luego concentrarlo y purificarlo aún más (Riguelet y Gil, 2005).

### **2.4.1. Fertilizantes simples.**

Se denomina así al abono que contiene solamente uno de los tres elementos esenciales primarios tal es el caso de la urea, el superfosfato triple, el cloruro de potasio, entre otros (Guerrero, 2015). Según la FAO (2002), los fertilizantes simples más importantes y usados en la agricultura son:

#### **Urea**

- Posee el 46% de N.
- Es la mayor fuente de N en el mundo debido a su concentración y a su peso.
- Requiere ser utilizado con buenas prácticas agrícolas para evitar la evaporación de amoníaco.
- Debe ser utilizada solo cuando sea posible incorporarla inmediatamente en el suelo después de ser esparcida y regar en pocas horas después de la aplicación.

#### **Sulfato amónico**

- Posee el 21% de N (en forma de amoníaco).
- Además de N posee el 23% de azufre un nutriente que es de creciente importancia.
- Se utiliza preferentemente en cultivos irrigados y donde hay deficiencia de azufre.

#### **Nitrato amónico cálcico**

- Posee el 27% de N
- Contiene en iguales proporciones el N como amoníaco y como nitrato.
- Se utiliza en cultivos en las regiones semiáridas de los subtrópicos.

#### **Superfosfato simple**

- Contiene 16-20% de  $P_2O_5$ .
- Adicional contiene 12% de azufre.
- Contiene más del 20% de Calcio ( $CaO$ ).
- Contiene el fosfato soluble en agua para así ser asimilado por las plantas.

#### **Superfosfato triple**

- Contiene 46% de  $P_2O_5$ .
- No contiene Azufre ni Calcio.
- Contiene el fosfato soluble en agua para así ser asimilado por las plantas.



## Cloruro potásico

- Posee hasta el 60% de K<sub>2</sub>O.
- Es utilizado en la mayoría de los cultivos.
- En cultivos sensibles al cloro se utiliza el sulfato potásico con 50% de K<sub>2</sub>O Y 18% de azufre.

## 2.5 Cultivos transitorios y perennes

ESPAC, (2017), reporta que los cultivos transitorios representan el 7,32% de la superficie nacional, siendo el maíz duro (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*) y arroz (*Oryza sativa*) los del mayor producción como se detalla en la tabla 4, mientras que los cultivos perennes representan el 11,58% siendo los de mayormente producidos el banano (*Musa Paradisiaca*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y la palma africana (*Elaeis guineensis*). Como se muestra en las tablas 4 y 5.

**Tabla 5**

*Cultivos transitorios de mayor producción*

<b>Cultivos permanentes</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción anual (Tm)</b>
Papa	29.533	377.244
Maíz duro	358.822	1 436.106
Arroz	358.150	1 033.614

Fuente: ESPAC, (2017)

**Tabla 6.**

*Cultivos perennes de mayor producción*

<b>Cultivos Transitorios</b>	<b>superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción anual (Tm)</b>
Banano	158.056	6 282.104
Caña de azúcar	110.603	9 030.073
Palma africana	260.292	3 276.993

Fuente: ESPAC, (2017)

### 2.5.1 Aplicaciones de los agroquímicos en los cultivos transitorios y perennes

Las aplicaciones de insumos agroquímicos en los cultivos transitorios del Ecuador, han incrementado en los últimos años, pasando del 73.49% en el año 2014 al 78.24% al año 2016. El mismo incremento se ha mostrado en los cultivos de ciclo perennes pasando del 48.08% al 50.03% (INEC,2016).

## **2.7. Remediación de suelos contaminados por metales pesados**

Para Gonzáles (2005), los métodos biológicos de recuperación de suelos contaminados por metales pesados, metaloides y otros contaminantes, incluyen el uso de plantas y microorganismos rizosféricos, estos procesos representan una alternativa de bajo costo y con enormes ventajas ambientales. Algunos tratamientos como los químicos incluyen la adición de fosfatos, sustancias altamente adsorbentes (zeolitas, aminosilicatos, etc), encalado y agentes quelatantes. Estas alternativas tienen limitaciones económicas y son consideradas de riesgo (Gonzales, 2005).

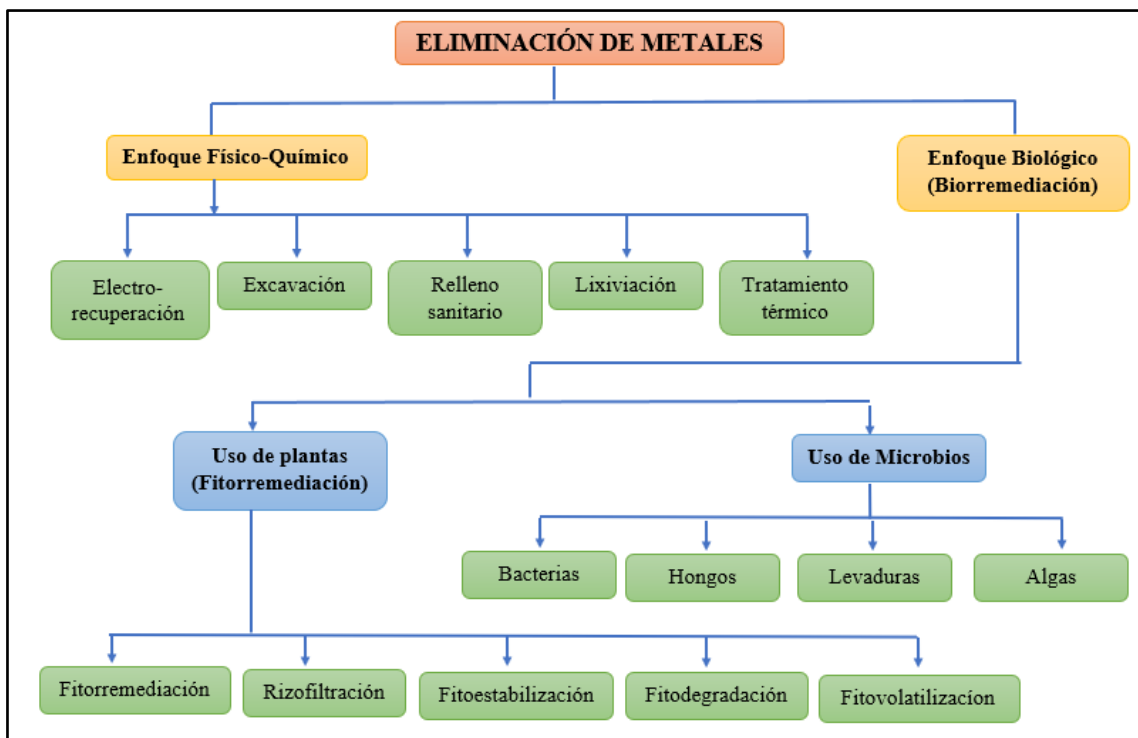
### **2.7.1. Biorremediación**

La biorremediación es uno de los métodos *in situ* seguros para restaurar los sitios contraminados dado que implica el uso de microbios y plantas, que hace que este proceso sea de muy bajo costo en comparación con otros procesos fisicoquímicos empleados para la desintoxicación de contaminantes del suelo, este método también se puede aplicar regularmente en el sitio contaminado sin destruir sus propiedades puesto que causa una alteración mínima, además si es aplicada en forma correcta apunta a la destrucción total de uno o más metales presentes en el suelo contaminado (Zaidi, Wani y Khan, 2012).

Memon y Schröder (2009), mencionan que la biorremediación implica el uso de organismos vivos y muertos, para degradar y transformar metales pesados en formas menos tóxicas en los suelos, muchos de los procesos utilizan microbios autóctonos (algas, actinomicetos, hongos, algas y plantas).

#### **2.7.2.1. Fitorremediación**

Para Cordero (2015), la fitorremediación es una metodología dentro de la biorremediación que consiste en el uso de especies vegetales que tienen capacidad de absorber, volatizar, tolerar y acumular altas concentraciones de contaminantes; esta práctica se diferencia de otras ya que se caracteriza por ser económica, no compleja y limpia debido a que no afecta la estructura del suelo, ni utiliza reactivos químicos, además, sus prácticas agronómicas comunes buscan acercarse al estado óptimo del recurso suelo. En la figura 3 se detalla los procesos de eliminación de los metales.



**Figura 3.** Enfoques usados en la remediación de suelos contaminados por metales pesados  
**Fuente:** (Zaidi, Wani y Khan, 2012)

Dentro de la fitorremediación de suelos existe varios tipos, en la cual se describe la zona de la planta en donde ocurre este proceso y la contaminación a tratar, según lo detallado en la tabla 7 como lo describe Núñez et al., (2004).

**Tabla 7**  
*Tipos de fitorremediación*

Tipo	Proceso involucrado	Contaminación a tratada
<b>Fitorremediación</b>	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces).	Metales pesados (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni)
<b>Rizofiltración</b>	Uso de plantas acuáticas emergentes en aguas residuales, degradando los compuestos orgánicos.	Compuestos fenólicos y metales pesados como: Cd, Co, Cr, Ni, Hg, Pb, Se y Zn.
<b>Fitoestabilización</b>	Usa ciertas especies para inmovilizar los contaminantes a través de la acumulación en las raíces, donde su sistema radicular es muy denso.	Lagunas de desechos de yacimientos mineros. Métodos propuestos para compuestos fenólicos y compuestos clorados.

<b>Fitodegradación</b>	Uso de plantas acuáticas y terrestres que captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos, en sustancias menos tóxicas	Hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, pesticidas compuestos clorados, y surfactantes.
<b>Fitovolatilización</b>	Utiliza plantas que transporta desde su raíz a sus partes superiores liberando a la atmósfera en formas volátiles, menos tóxicas	Volatiliza contaminantes, como mercurio y selenio, contenidos en suelos, sedimentos o agua.

## 2.8. Imágenes Planet Constellation

Planet tiene la mayor capacidad de captura del mercado y pronto las constelaciones satelitales de Planet (PlanetScope y RapidEye), podrán tomar a diario imágenes multiespectrales de cada rincón de la Tierra, todas las imágenes se crean y entregan a través de una plataforma alojada en la nube, que permite brindar a los usuarios información con rapidez (Recuperado de: [www.planet.com](http://www.planet.com))

### 2.8.1. Uso de Imágenes Multiespectral

La imagen multiespectral es aquella que se capta mediante un sensor digital que mide la reflectancia en muchas bandas; hoy en día existe una amplia gama de imágenes satelitales que hoy se utilizan en diversas áreas, dependiendo de su resolución espacial, así como de la información espectral que poseen, es decir, un conjunto de detectores puede medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano; los distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color, los satélites de teledetección multiespectrales miden la reflectancia simultáneamente en un número de bandas distintas que pueden ir de tres a catorce (Bense, 2007).

Para Duarte, Emanuelli, Milla, Orellana, y López (2015), RapidEye es un proveedor de información geoespacial que se concentra en proporcionar soluciones hacia la agricultura, forestación, silvicultura, la energía, la seguridad y medio ambiente, dicha constelación está capacitada para el monitoreo de la actividad agrícola a alta frecuencia temporal y a escalas de cultivos individuales, regionales y globales, al poseer cinco satélites idénticos para la observación de la Tierra, estos tienen la capacidad única de adquirir diariamente imágenes de alta resolución a lo largo de grandes extensiones geográficas; hasta 5 millones de kilómetros cuadrados (figura 4).



**Figura 4.** Imagen Satelital RapidEye  
**Fuente:** www.earthondrive.com

Duarte et al, (2015) indican que la constelación RapidEye está conformada por cinco satélites idénticos, que observan la Tierra y producen imágenes de una resolución espacial de cinco metros, la presencia de una banda de borde rojo (Red-Edge) es una característica única que distingue a los Satélites RapidEye de la mayoría de otros satélites multiespectrales, en la tabla 8 se detalla las características principales del satélite.

**Tabla 8**  
*Características principales del satélite RapidEye*

<b>Características de la misión</b>	<b>Información</b>
Numero de satélites	5
Altitud de la órbita	630 km (órbita heliosincrónica)
Hora de cruce del Ecuador	11:00 (aproximadamente)
Tipo de sensor	Radiométrico de empuje multiespectral
Ancho de la banda	77 km
Bandas espectrales de las imágenes	Azul 440 - 510 nm Verde 520 - 590 nm Rojo 630 - 685 nm Red Edge 690 - 730 nm Infrarrojo cercano 760 - 850 nm
Resolución espacial (GSD)	6.5 m
Tamaño del pixel	5 m
Capacidad de toma de imágenes	Hasta 5 millones de km <sup>2</sup> diarios

Recuperado de: [www.rapideye.net](http://www.rapideye.net)

### **2.8.3. Imagen SasPlanet**

Según Morales (2014), SasPlanet es un programa gratuito (freeware con licencia GNU) diseñado para ver y descargar imágenes o mapas temáticos de satélite de alta resolución y mapas convencionales de servidores como: Google Earth, Google Maps, Bing Maps, Nokia, Here, Yahoo! y Yandex, su capacidad de descargar en diferentes formatos ráster, permite seleccionar diversos niveles de precisión para previsualizar, este programa permite optar por un nivel de resolución u otro, si se desea una máxima resolución de la imagen se puede elegir un nivel de zoom de 24.

## **2.9. Marco legal**

### **2.9.1 Constitución de la República del Ecuador**

De acuerdo a las leyes que rigen en la República del Ecuador inscritas en su constitución vigente desde al año 2008, se expide una diversidad de artículos que consideran a la naturaleza como un ente con derechos, entre los principales tenemos el Art. 409 da a conocer que es prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Para esto ha establecido 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.

La Constitución Política del Ecuador establecen en el Art. 71 los derechos de la naturaleza, a través del cual se estableció el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida” 2016-2020 dentro de los cuales se encuentra el Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, promoviendo buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global, además de incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

El Objetivo 5 del Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida” tiene como finalidad impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria, fomentando así la producción nacional con responsabilidad social y ambiental, potenciando el manejo eficiente de los recursos naturales y el uso de tecnologías duraderas y ambientalmente limpias, para garantizar el abastecimiento de bienes y servicios de calidad.

En el Art. 10 de la Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, señala que queda prohibido descargar cualquier tipo de contaminantes, que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones. Además, en el Art. 12, los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en su área de competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de substancias, tales como plaguicidas,

herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

El tratamiento de suelos contaminados reflejado en el Art. 213 se lo ejecuta por medio de procedimientos validados por la Autoridad Ambiental Competente y acorde a la norma técnica de suelos, de desechos peligrosos y demás normativa aplicable. Los sitios de disposición temporal de suelos contaminados deberán tener medidas preventivas eficientes para evitar la dispersión de los contaminantes al ambiente.

### 2.8.2 Criterios calidad y remediación del suelo (TULSMA)

Los criterios de calidad según el Tratado Único de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas.

Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación. En la tabla 9 se muestran los criterios de un suelo de calidad y los criterios de remediación para un suelo agrícola.

**Tabla 9**

*Criterios de un suelo de calidad y remediación*

<b>Parámetros Generales</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades*</b>	<b>Criterios para un suelo de Calidad</b>	<b>Criterios para remediación de un suelo Agrícola</b>
Conductividad	uS/cm	200	400
pH		6 a 8	6 a 8
Relación de absorción de Sodio (Índice SAR)		4*	5
<b>Parámetros Inorgánicos</b>			
Arsénico	mg/kg	12	12
Azufre	mg/kg	250	500
Bario	mg/kg	200	750
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1	2
Cadmio	mg/kg	0,5	2
Cobalto	mg/kg	10	40
Cobre	mg/kg	25	63
Cromo Total	mg/kg	54	65
Cromo VI	mg/kg	0,4	0,4
Cianuro	mg/kg	0,9	0,9
Estaño	mg/kg	5	5

Fluoruros	mg/kg	200	200
Mercurio	mg/kg	0,1	0,8
Molibdeno	mg/kg	5	5
Níquel	mg/kg	19	50
Plomo	mg/kg	19	60
Selenio	mg/kg	1	2
Vanadio	mg/kg	76	130
Zinc	mg/kg	60	200

---

\* Concentración en peso seco de suelo

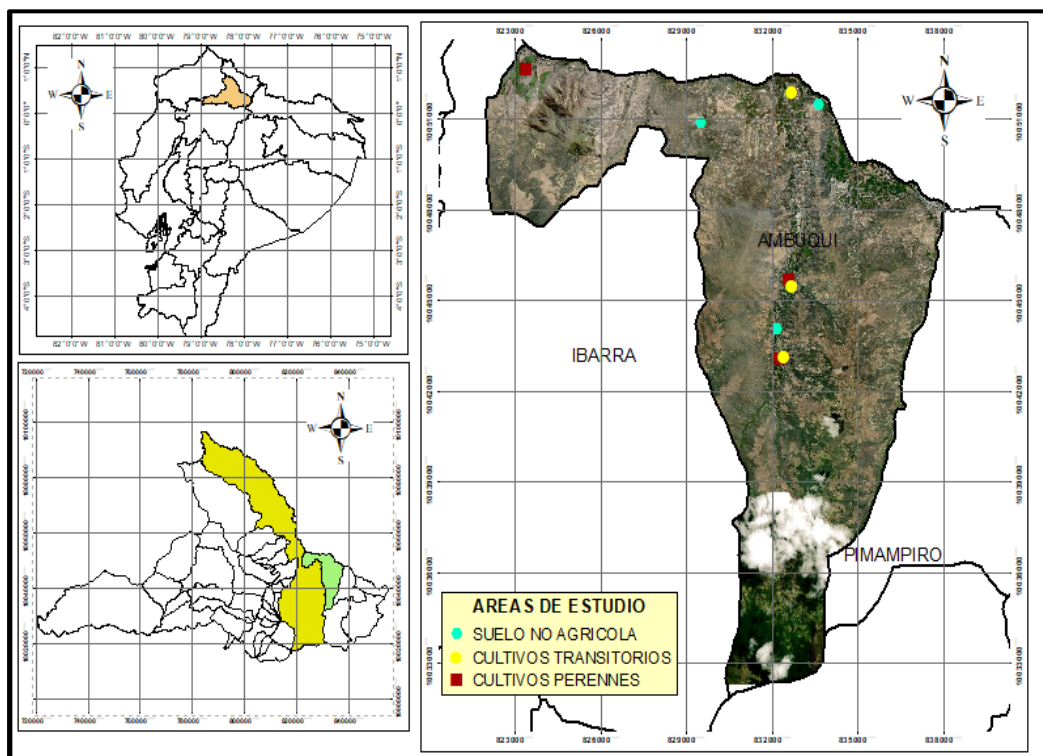


# CAPÍTULO III

## 3. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en la parroquia de Ambuquí, de la provincia de Imbabura la cual posee diferentes tipos de relieve, desde plano hasta montañoso lo que hace posible tener diferentes tipos de clima como mesotérmico seco, mesotérmico semihúmedo y de alta montaña con una temperatura promedio 19.5 ° C y una altura que va desde los 1600 msnm en la parte baja hasta los 3200 msnm en los sectores altos. Se localiza geográficamente en las siguientes coordenadas 00° 25' 50" latitud norte y 78° 00' 33" latitud oeste. Figura 5.



*Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio*

### 3.2. Materiales y métodos

#### 3.2.1. Materiales

Los materiales, herramientas, equipos y reactivos que se utilizaron en la investigación se detallan a continuación en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Materiales de campo, oficina, reactivos y equipos laboratorio*

Materiales de campo	Materiales de oficina	Materiales de laboratorio	Reactivos
Cooler	Cámara fotográfica	Papel aluminio	Agua destilada

Fundas plásticas	Hojas de papel bond Software SasPlanet	Probetas	Buffer de 4,7 y 10 ppm
Fundas de papel	Imágenes satelitales Rapideye	Malla de 2 mm Barrilla de vidrio	
Pala	Software ArcGis 10.4	pHmetro	
Baldes plásticos	Navegador GPS Google Maps	Mortero	
Barreno	Flash memory	Balanza digital	
Placa de vidrio desmesurda	Impresora	Piceta	
Espátula metálica	Encuestas Imágenes satelitales SasPlanet	Vasos de precipitación	
	Marcador permanente		

---

### 3.2.2. Métodos

#### 3.2.2.1 *Factor en estudio.*

Para la presente investigación se tomó como factor de estudio la estratificación del suelo de la parroquia Ambuquí, en donde se estratifico tres grupos que son los siguientes:

- **Cultivos transitorios:** Este estrato se refiere a cultivos de ciclo corto, siendo los principales en la zona de estudio el fréjol, tomate riñón y pimiento. Este tipo de cultivos se caracteriza por ser estacional y presentar cultivos que van desde los 4 - 12 meses.
- **Cultivo de ciclo perenne:** Este estrato corresponde a los cultivos permanentes que en la zona tienen mucha representatividad como es la caña de azúcar, el mango y el aguacate.
- **Suelo no agrícola:** Este estrato tiene como referencia a suelos que no están dedicados a la producción agropecuaria sean estos bosques o quebradas.

#### 3.2.2.2 *Tipo de muestreo*

Se utilizó el tipo de muestreo estratificado utilizando el análisis de imágenes satelitales, este procedimiento fue útil para establecer evidencia de la presencia de cultivos en los últimos ocho años; el resultado de este análisis fue nueve sitios de control como se muestra en la figura 6.

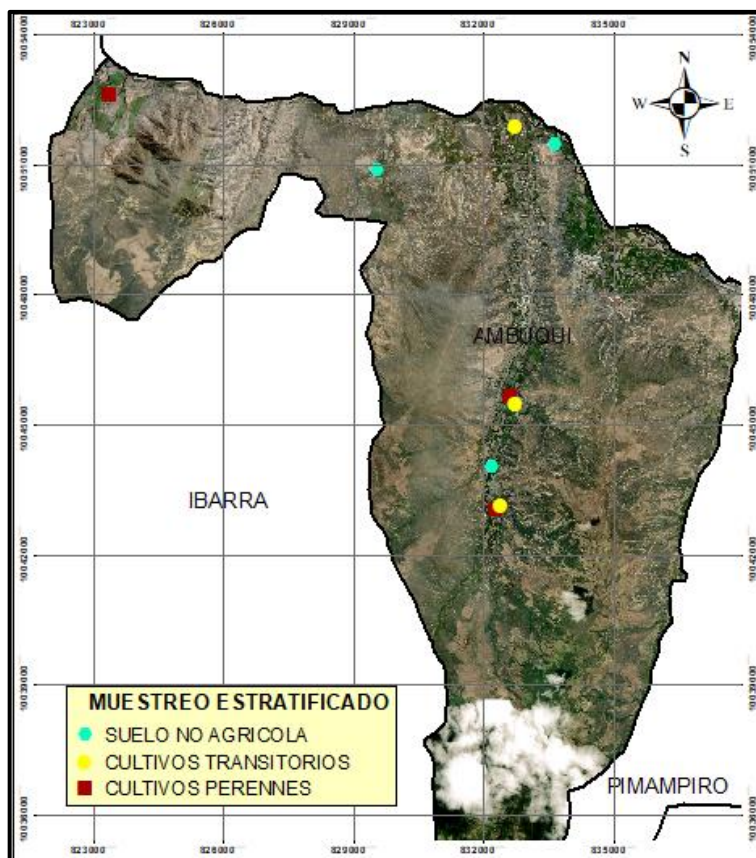


Figura 6. Tipo de muestreo de la parroquia de Ambuquí

### 3.2.3. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en el software InfoStat versión 2018, comparando las medias en una prueba de Rango Múltiple de Fisher y examinados con Análisis de Varianza.

### 3.3. Características del experimento

#### 3.3.1 Identificación de la población y muestra de los agricultores de Ambuquí.

##### 3.3.1.1 Población.

Para la realización de las encuestas a los agricultores de la parroquia de Ambuquí, se basó en los datos del Censo Población y Vivienda 2010, realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) teniendo en consideración lo siguiente población. Tabla 11.

**Tabla 11**

*PAE (Población Económicamente Activa) de la parroquia de Ambuquí*

<b>Detalle</b>	<b>Población</b>
PEA total	2.226
PAE por actividad en agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	896

### 3.3.1.2 Tamaño de la muestra

Las encuestas se realizaron en diferentes comunidades como: San Clemente, El Ramal, La Playa, Juncal y Peñaherrera tratando de cubrir así toda la zonas bajas, altas y medias de la parroquia de Ambuquí. Según Pita (2001), para la determinación del tamaño muestral se usa la siguiente formula donde se detallan las siguientes variables en la tabla 12.

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

**Tabla 12**

*Tamaño de la muestra*

Variable	Descripción	Valor
n	Tamaño de la muestra	
N	Muestra	896
q	Probabilidad a favor	0.5
p	Probabilidad en contra	0.5
z	Nivel de confianza	1.645
e	Error de la muestra	0.1

$$n = \frac{(1.64)^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 896}{(0.1)^2(896 - 1) + (1.64)^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = \frac{2.68 \times 0.5 \times 0.5 \times 896}{0.01 \times 895 + 2.68 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = \frac{600.32}{9.62} = 62.4$$

$$n = 63$$

### 3.2.4.2. Diseño de la encuesta

La encuesta mostrada en el Anexo 1, que se realizó a los agricultores de la parroquia Ambuquí, durante los meses de junio y julio del 2019, y tuvo como finalidad ver qué tipo de cultivos se ha sembrado últimamente (transitorio o perenne) y conocer especialmente como es el manejo de esos cultivos en cuanto a controles fitosanitarios y la frecuencia de aplicación de estos mismos. Además de conocer si la producción ha disminuido en los últimos años.

### 3.4 Manejo del Experimento

#### 3.4.1. Procesamiento y análisis de imágenes satelitales

##### 3.4.1.1 Descarga y procesamiento de imágenes RapidEye.

Para dar cumplimiento al primer objetivo se procedió a descargar imágenes satelitales a partir del año 2010 hasta el año 2018, donde se recurrió al siguiente sitio web: [www.planet.com](http://www.planet.com), y se ubicó la parroquia Ambuquí. Se descargó tres imágenes satelitales RapidEye por cada año tratando de buscar imágenes donde la presencia de nubes no sea alta y permita definir claramente la presencia de los cultivos.

Para el procesamiento de las imágenes satelitales RapidEye, se utilizó el software ArcGis 10.4.1, donde se subió cada una de las imágenes que forman toda la imagen de la parroquia, además se subió el corte de la parroquia de Ambuquí para su extracción por máscara utilizando las herramientas de la opción *ArcToolBox* como se muestran en las figuras 7 y 8.

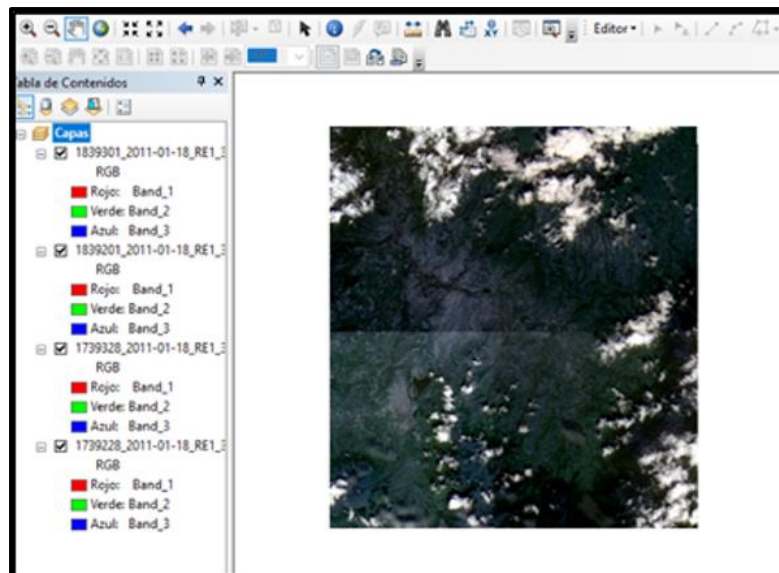


Figura 7. Montaje de las bandas

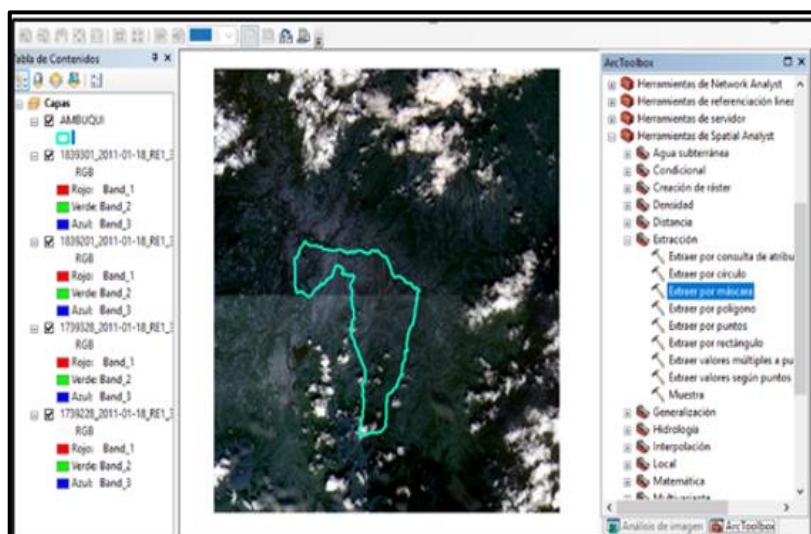
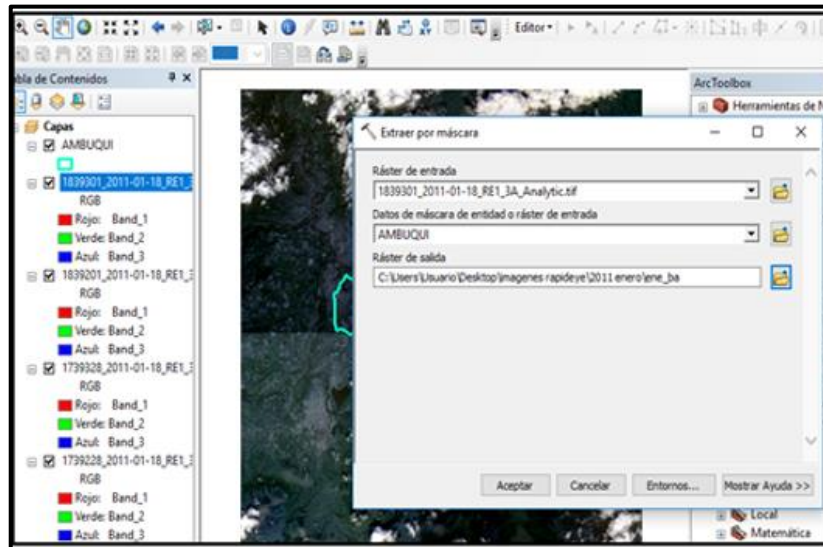


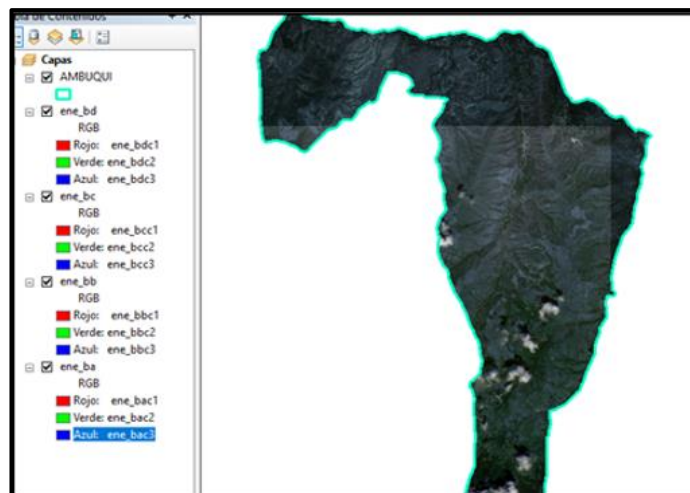
Figura 8. Montaje de la parroquia

Se extrajo por máscara el corte de la parroquia Ambuquí de cada una de las imágenes que conforman la parroquia utilizando las herramientas de Análisis Espacial y se seleccionó la opción Extraer por Máscara como se muestra en la figura 9 donde se arrastraron los diferentes elementos para para su posterior extracción.



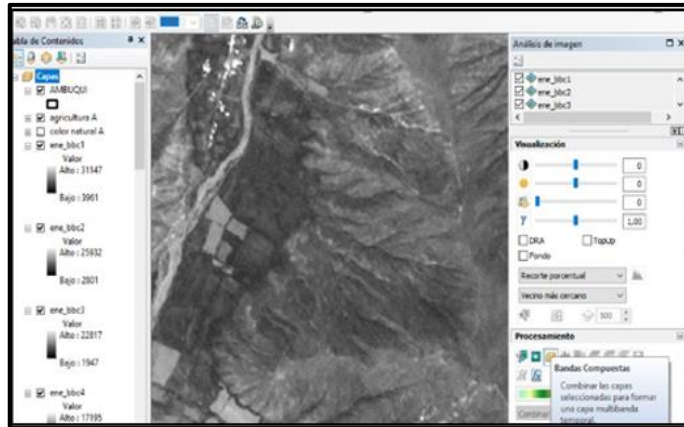
*Figura 9.* Extracción por Máscara

Una vez extraída la Imagen RapidEye de acuerdo con el perfil de la parroquia de Ambuquí, se repitió este proceso para cada una de las imágenes que conforman la parroquia obteniendo de esta forma la imagen que se muestra en la figura 10.



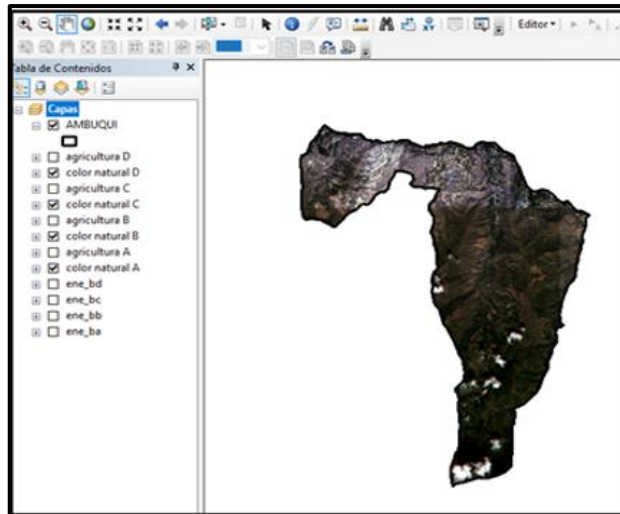
*Figura 10.* Imagen extraída por máscara

Se cargó cada una de las partes de las imágenes extraídas por máscara en software ArcGIS 10.4.1 para así realizar su combinación o análisis de imagen de cada una de sus bandas como se muestra en la figura 11.



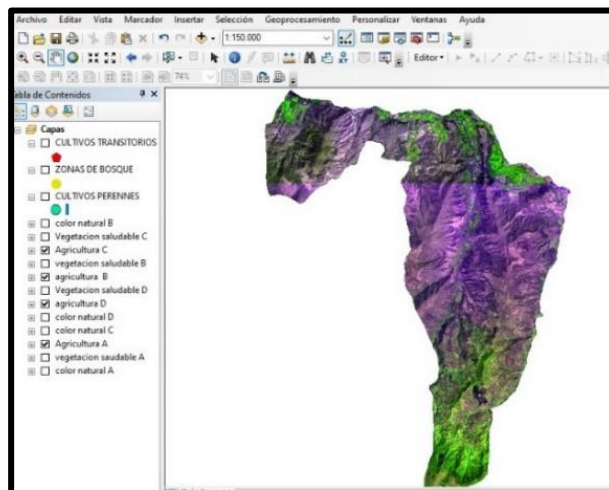
**Figura 11.** Análisis imagen o combinación de bandas

Através de combinación de las bandas de RapidEye en el orden 3-2-1 se obtuvo el color natural de la imagen como se muestra en la figura 12



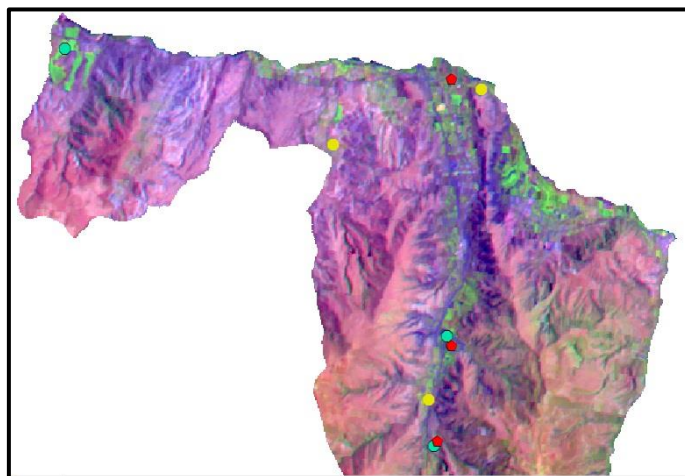
**Figura 12.** Color Natural

La combinación las bandas 4-5-1 da como resultado la imagen de la agricultura de la parroquia de Ambuquí, figura 13.

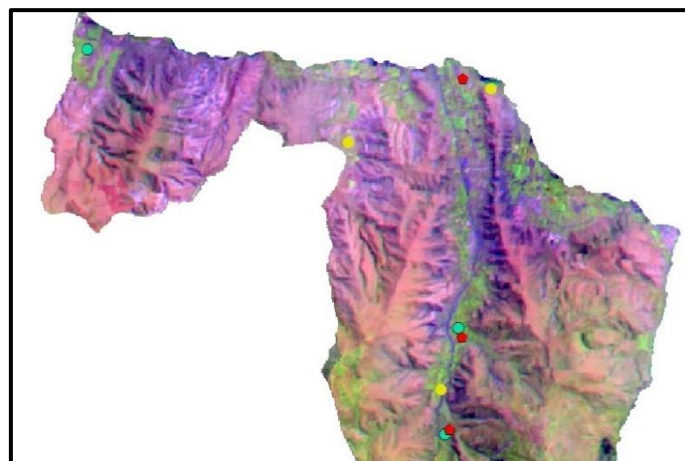


**Figura 13.** Agricultura

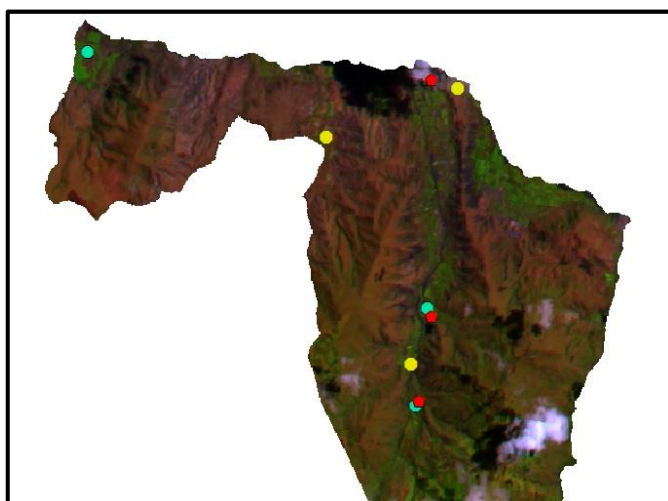
Una vez procesadas las imágenes de RapidEye de cada año (2010 hasta 2018) se estratificó la parroquia de Ambuquí en estratos transitorios, perennes y no agrícolas, definiendo de esa manera las zonas en estudio, las áreas seleccionadas muestran que la agricultura es intensiva e ininterrumpida. En las figuras 14 a 22, se puede apreciar el uso de la tierra durante los últimos ocho años usando las diferentes combinaciones de bandas.



*Figura 14.* Imagen RapidEye septiembre del 2010

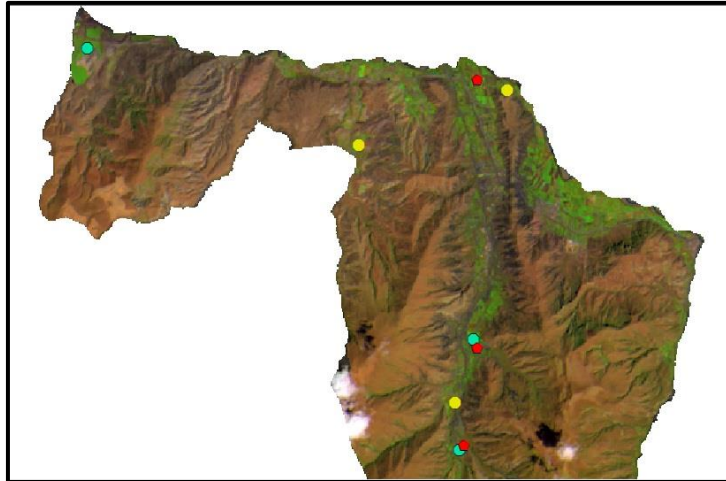


*Figura 15.* Imagen RapidEye junio 2011

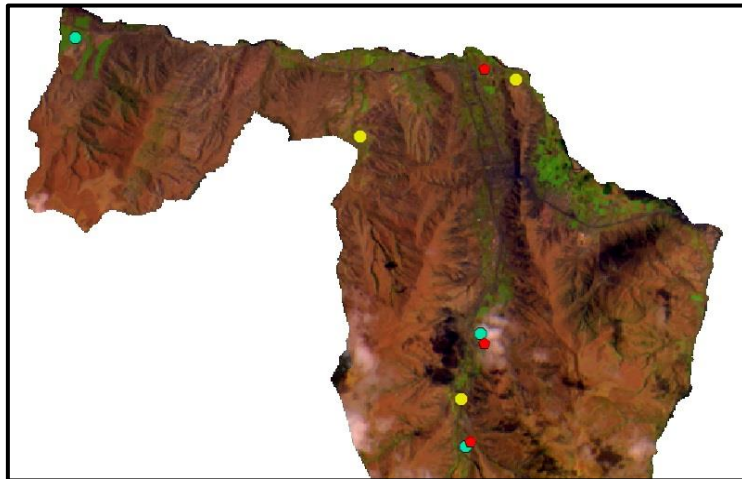


*Figura 16.* Imagen RapidEye abril 2012

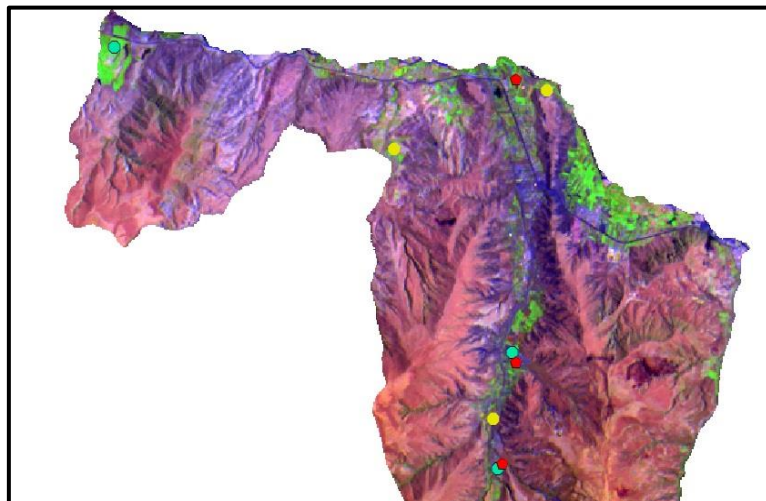




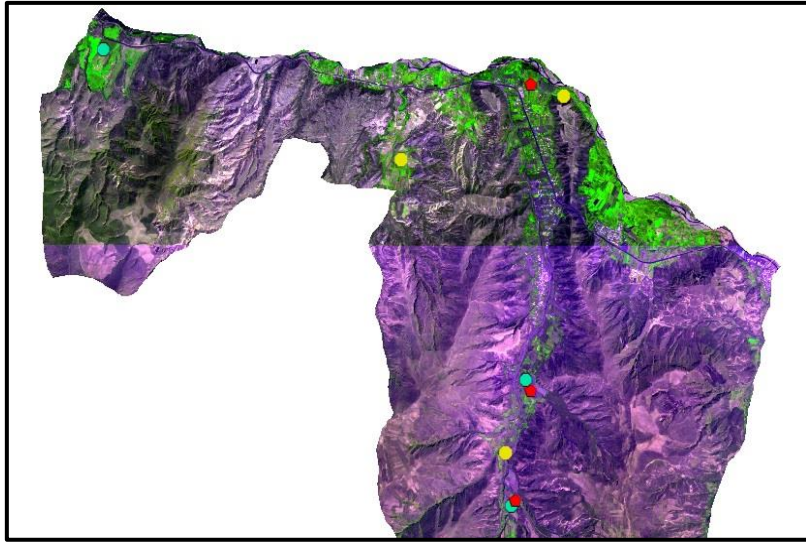
*Figura 17.* Imagen RapidEye noviembre 2013



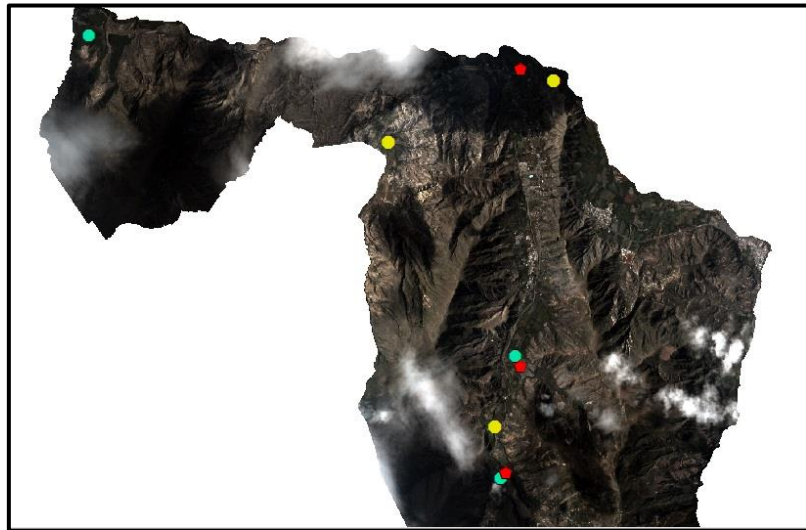
*Figura 18.* Imagen RapidEye agosto 2014



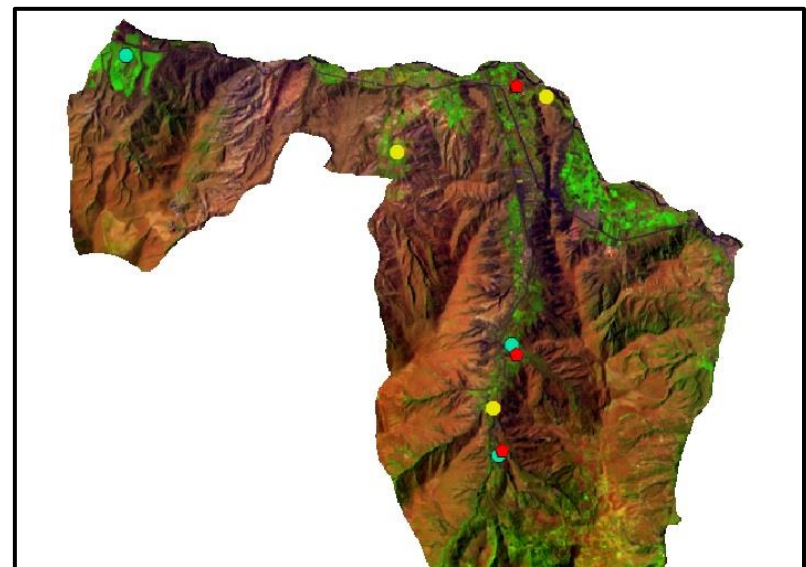
*Figura 19.* Imagen RapidEye septiembre 2015



*Figura 20.* Imagen RapidEye enero 2016



*Figura 21.* Imagen RapidEye abril 2017



*Figura 22.* Imagen RapidEye abril 2018

### 3.4.1.2. Descarga de imágenes SaS.Planet

Se trabajó con el programa SaS.Planet 160707.9476, el cual permitió obtener imágenes la parroquia Ambuquí. Morales (2014), señala que la descarga de imágenes de este portal involucra los siguientes pasos:

- Se seleccionó el sitio de estudio y se utilizó el satélite Bing Maps por presentar una mayor resolución en comparación con otros satélites, como se muestra en la figura 23.

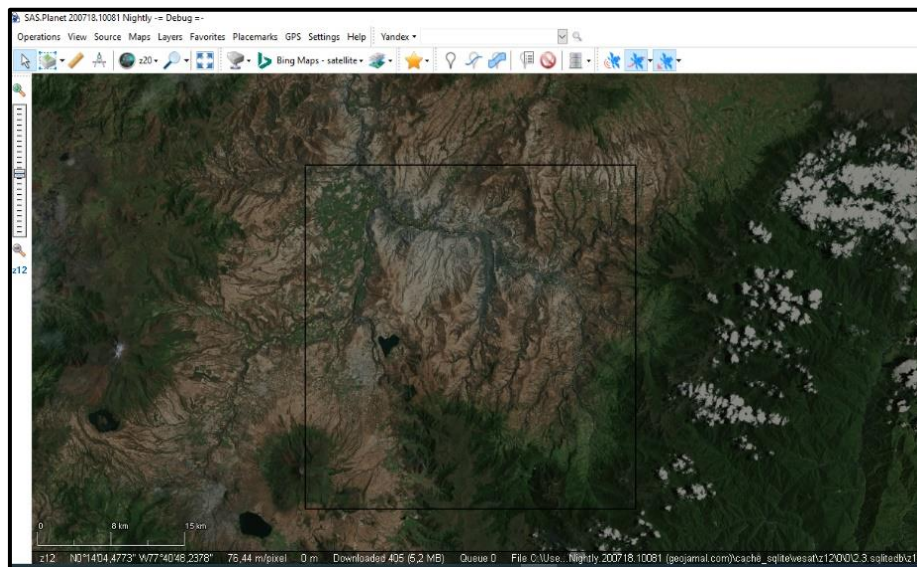


Figura 23. Ubicación del sitio de estudio

- Para obtener imágenes con buena resolución, se eligió un nivel de zoom de 20 y se escogió el sistema de referencia WGS84 geográfico en latitud/longitud WGS84, el EPSG:4326 que es el más recomendado (figura 24).

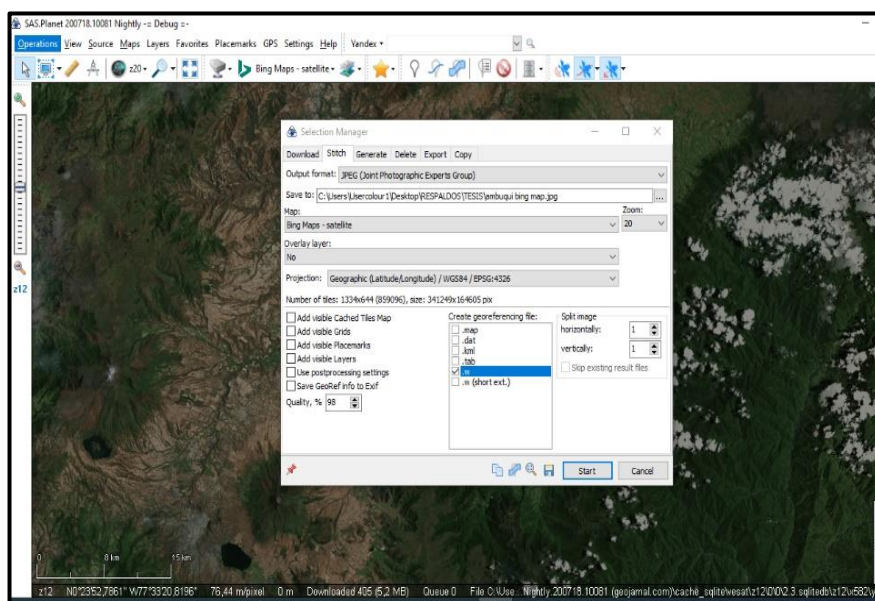


Figura 24. Descarga de la imagen SaS.Planet

### 3.4.1.3. Comparación de imágenes RapidEye con SasPlanet

Una vez procesadas las tres imágenes RapidEye de cada año y descargadas las imágenes SaS.Planet, se procedió a la comparación a manera de referencia, este proceso se realizó en ArcGIS con la finalidad de observar con mayor claridad las zonas de cultivos de la parroquia de Ambuquí (figuras 25, 26 y 27).

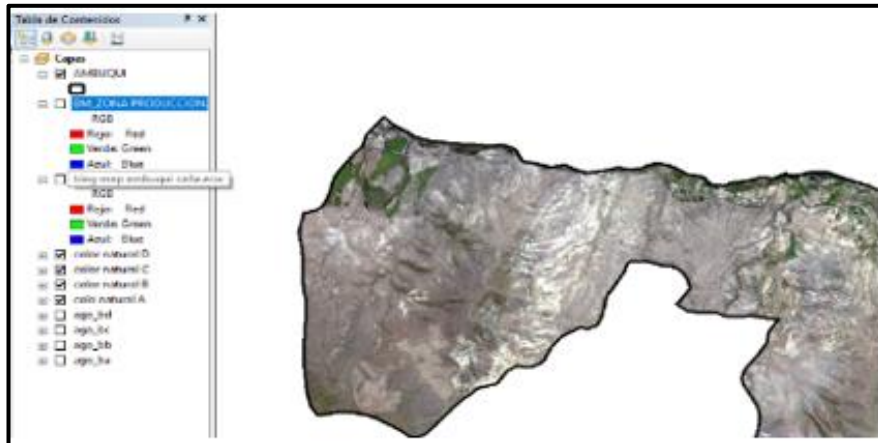


Figura 25. Montaje de la imagen RapidEye de la parroquia de Ambuquí

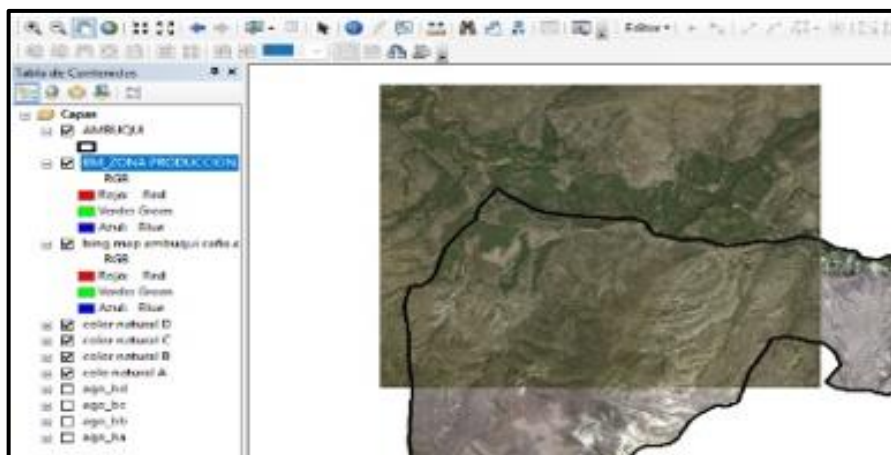


Figura 26. Montaje de la imagen SasPlanet sobre la imagen RapidEye



Figura 27. Determinación de un cultivo perenne (caña)

### 3.4.1 Toma de muestras

Previo al proceso de muestreo de los diferentes puntos de control de la parroquia de Ambuquí, se visitó los lotes seleccionados para pedir autorización a sus propietarios. Para localizar los sitios se utilizó la aplicación Geo-Posición Lite desde el celular. Los sitios de muestreo se muestran en la figura 32 y se detalla en la tabla 13.

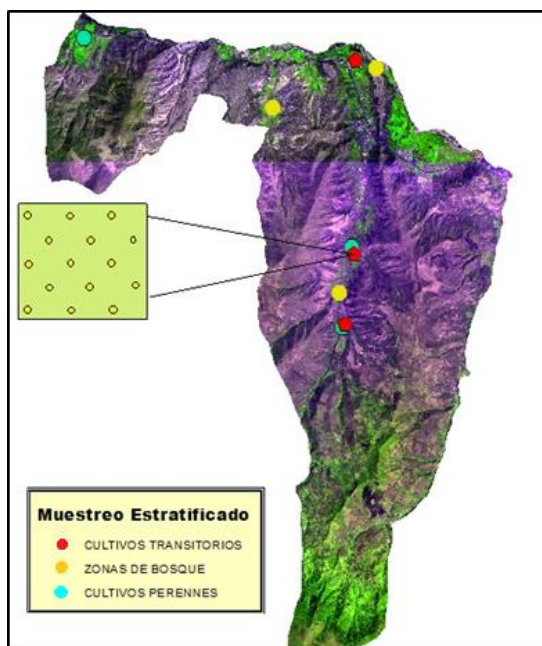


Figura 28. Puntos de Muestreo de la parroquia de Ambuquí

**Tabla 13**

*Puntos de muestreo de la parroquia de Ambuquí*

Tipo de cultivo	Código de la muestra	Coordenadas Geográficas	Sector
Cultivo Transitorio	MT1	Norte 0° 23' 23"/ Oeste 78° 00' 33"	El Lavandero
Cultivo Transitorio	MT2	Norte 0° 24' 37"/ Oeste 78° 00' 38"	San Clemente
Cultivo Transitorio	MT3	Norte 0° 28' 03"/ Oeste 78° 00' 40"	El Ramal
Cultivo Perenne	MP1	Norte 0° 23' 19"/ Oeste 78° 00' 54"	El Lavandero
Cultivo Perenne	MP2	Norte 0° 24' 44"/ Oeste 78° 00' 38"	San Clemente
Cultivo Perenne	MP3	Norte 0° 28' 39"/ Oeste 78° 05' 51"	El Ingenio
Suelo no Agrícola	SNA1	Norte 0° 23' 55"/ Oeste 78° 00' 54"	El Lavandero
Suelo no Agrícola	SNA2	Norte 0° 27' 53"/ Oeste 78° 00' 10"	El Ramal
Suelo no Agrícola	SNA3	Norte 0° 27' 34"/ Oeste 78° 02' 23"	San Alfonso

Se estableció por cada estrato, tres áreas de estudio, es decir tres para perennes, tres para transitorios y tres para zonas no agrícolas; por cada una de las zonas de estudio se implementó un sistema de muestreo en zig-zag, en donde se tomó un máximo de 25 submuestras. Para la toma de muestras se eliminó la vegetación superficial del sitio, este muestreo se lo realizó con un barreno cilíndrico como se muestra en la figura 29, el cual se

introdujo a una profundidad de 10 a 15 cm para el análisis microbiológico (hongos y bacterias), y de 20 a 40 cm para el análisis de metales pesados, textura y pH.



**Figura 29.** Toma de muestras

Las 25 submuestras extraídas con el barreno, se depositaron en un balde plástico completamente limpio, para homogenizarlas y extraer una muestra definitiva del estrato. Se tomó la cantidad de 0.5 kg para cada una de las variables a analizar, estas muestras se colocaron en una bolsa plástica nueva y a su vez esta se resguardaron en una funda de papel, que tiene como finalidad aislar la muestra y evitar altas temperaturas en su interior, las muestras se identificaron con la fecha de colecta, lugar, estrato y variable a analizar como se muestra en la figura 30.



**Figura 30.** Identificación de la muestra

### 3.5. Variables evaluadas

#### 3.5.1 pH del suelo (muestras)

Se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica del Norte, donde se empleó la metodología de Gavlak *et al.* (2003), para cual se midió 50g de suelo seco y molido, después se colocó en un vaso de extracción, se agregó 100 ml agua desionizada en proporción 1:2 y se agitó durante cinco minutos. El pH-metro se calibró con soluciones buffer de pH 4.00, 7.00 y 10.00, se introdujo el electrodo en la muestra y se procedió a

realizar la lectura de pH, esto se realizó para cada una de las muestras de suelo como se muestra en la figura 31.



*Figura 31.* Lectura de pH

### 3.5.2 Textura

Se determinó la textura de suelo según el método de manipulación desarrollado por Ciancaglini (2009), para lo cual se humedeció lentamente una pequeña porción de suelo (20 gramos) sobre la placa de vidrio como se muestra en la figura 32 y se trabajó con la espátula hasta alcanzar el punto de mínima adherencia. Para establecer el tipo de textura del suelo se llevaron a cabo los siguientes pasos y criterios:

- Se manipuló entre las palmas de las manos la porción de suelo humedecida hasta formar una bola de 2.5 cm de diámetro, si no se pudo formar la bola, la textura es arenosa, pero si se mantuvo la cohesión se prosiguió con el siguiente paso.
- Si fue posible hacer la bola con mucho cuidado, se intentó manipular sobre la placa de vidrio y formar un cilindro de 0.5 cm de diámetro, si esto no es posible la textura es areno-franca, pero si la muestra mantuvo la cohesión se prosiguió con el siguiente paso.
- Se formó la bola y se aplastó entre el pulgar y el índice, si esta se rompía la textura es franco-arenosa, si mantenía la cohesión se prosiguió con el siguiente paso.
- Se formó un cilindro fino (0.5 cm de diámetro) y se intentó formar una herradura, si el cilindro se cuarteó, se procedió estimar la sensación que produce al manipular entre los dedos; si es sedoso la textura es limosa o franco limoso, sin embargo, si el suelo presento la sensación de áspero la textura era franca.
- Si se formó la herradura y el cilindro no se cuarteó, se pudo decir que el suelo tiene la suficiente cantidad de arcilla y ser calificado como arcilloso.
- Si se formó un cilindro más fino (0.3 cm de diámetro) y se curvo para formar la herradura en un anillo de 2.5 cm de diámetro, se procedió a estimar la sensación que produce al manipular entre los dedos; si el suelo es muy áspero la textura es franco-

arcillo-arenosa, y si es moderadamente áspero la textura es franco-arcillosa y si es blando y suave la textura es franca-arcillo-limosa.

- Si al cerrar el anillo no se formó grietas, se volvió a formar una bola y se manipulo entre los dedos indice y pulgar, y se observó que la superficie parece como pulimentada con pocas partículas ásperas y prominentes la textura es arcillo arenosa, caso contrario se volvió a humedecer la superficie de la bola y al pasar por la yema de los dedos se siente como jabón y la superficie tiene aspecto pulimentada la textura es arcillosa; si el suelo parece sedoso pero es imperfecto, la textura es arcillo limosa.



*Figura 32.* Determinación de la textura

### 3.5.3 Análisis microbiológico

Las muestras fueron trasladadas en un contenedor tipo cooler a la agencia de Agrocalidad del cantón Antonio Ante, para posteriormente ser enviadas al laboratorio de Fitopatología en Tumbaco (figura 33), donde se realizaron los análisis microbiológicos, empleando el método PEE/EP/09 descrito por Tello, Varés y Lacasa (1991), para la cuantificación de hongos y bacterias, para lo cual se realizaron diluciones seriadas ( $10^2, 10^3$  y  $10^4$ ), y el siguiente procedimiento:



*Figura 33.* Recepción de las muestras



### **Paso 1. Recepción y secado de las muestras**

- Las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente, para detener los procesos biológicos, sobre una bandeja de papel o plástica en una habitación libre de contaminantes durante un mínimo de 24 horas.
- Se tamizaron en una malla de 2 mm para separar el rastrojo del suelo y romper las partículas (agregados) donde se realizan la mayoría de los procesos biológicos del suelo.

### **Paso 2. Preparación del medio de cultivo**

- Se preparó 700 ml de medio de cultivo sólido general (agar nutritivo) para bacterias y 700 ml de medio de cultivo agar papa dextrosa para hongos.
- Se colocó 15 ml de cada medio de cultivo en cada caja de Petri.
- Se tapó y se rotuló para su posterior esterilización en autoclave
- Se conservaron los medios estériles en refrigeración a 4 - 5°C.

### **Paso 3. Preparación del inóculo**

- Se realizó en diluciones seriadas, colocando 10 g de suelo en 90 ml de diluyente (agua peptonada 0.1 %) en un matraz, con la relación 1:10 y se agitó durante 20 minutos con la finalidad de que los microorganismos queden en suspensión, siendo este el macerado inicial, luego se colocó 1 ml de macerado inicial en 9 ml de diluyente relación 1:100 ( $10^2$ ) en un tubo de ensayo, con este criterio se realizó la dilución hasta llegar a la relación 1:1000 ( $10^4$ ). Los tubos se rotularon y se incubaron a 28-30°C por 24 horas. Este procedimiento se realizó para cada muestra.

### **Pasos 4. Siembra del inóculo**

La siembra de los hongos y bacterias se la realizó en la cámara de flujo utilizando el método de siembra por extensión en superficie que se caracteriza porque durante la incubación las colonias crecen en la superficie del agar.

- Se utilizó las cajas de Petri anteriormente preparadas que contenían el medio de cultivo solidificado, donde se depositó en la superficie del agar 0.1 ml del inóculo de cada dilución.
- Realizada la descarga del inóculo se procedió a extenderla sobre toda la superficie de la caja de Petri, usando un asa de Drigalski estéril y se esperó de 2 o 3 minutos a que se seque el inóculo, posteriormente se llevó las placas a incubar en una estufa a una temperatura de 28°C para que se produzca el crecimiento de hongos y bacterias.

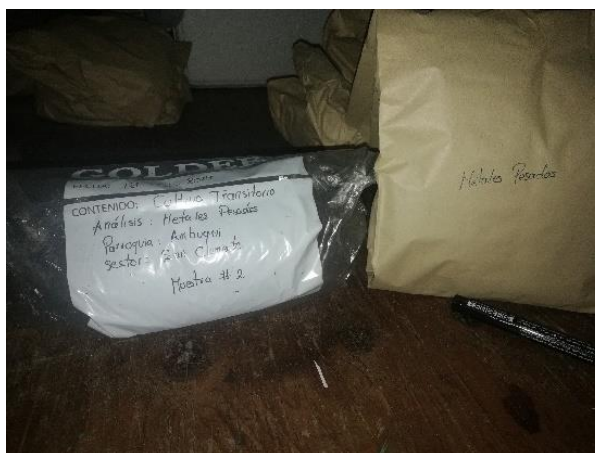
### Paso 5. Recuento de colonias

- Pasado el tiempo de incubación (hongos 18-24 horas y bacterias de 4-5 días) se observó la presencia de colonias creciendo sobre del agar, se eligió las cajas de Petri que presentaron un número de colonias significativo, es decir entre 30 y 300 colonias /placa.
- Para realizar el conteo se utilizó un contador de colonias, para lo cual se colocó la placa de la caja de Petri con la base hacia arriba y se dividió en sectores señalando con un lápiz grueso a lo largo de los diámetros. El número de unidades formadoras de colonia o UFC/g de la muestra original será:

$$\text{Número de UFC/g} = \text{Número de colonias} \times \text{factor de dilución}$$

### 3.5.4. Presencia de metales pesados

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Central del Ecuador a la Facultad de Ciencias Químicas. Se evaluaron la presencia de cinco metales pesados que son: Cadmio (Cd), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) (figura 34).



**Figura 34.** Muestras para análisis de metales pesados

La determinación del contenido total de metales pesados se realizó por digestión con ácido nítrico y ácido perclórico con espectrofotometría de absorción atómica modalidad llama, empleando los métodos para la determinación de metales en suelos y lodos (MAM85/EPA 3050 A MODIFICADO-04 para Cadmio, MAM85/EPA 3050 A MODIFICADO-36 para Zinc, MAM85/EPA 3050 A MODIFICADO-09 para Cobre, MAM85/EPA 3050 A MODIFICADO-21 para Níquel y MAM85/EPA 3050 A MODIFICADO-25 para Plomo). Según Kimbrough, y Wakakuwa, (1989) en la cual se llevaron a cabo los siguientes pasos.

- Se secaron las muestras de suelo a temperatura ambiente
- Se molieron las muestras hasta homogenizarlas.

- La muestra se colocó en un horno digestor, para esto se pesó 6 g de suelo de la muestra y se agregó a cada vaso de digestión 7 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado, se dejó reposar antes de llevar al reactor, esta digestión permitió preparar la muestra para el análisis multielemental.
- Finalizada la digestión se dejó enfriar durante una hora.
- Se ajustó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica de acuerdo a las condiciones requeridas, donde se calibró las diferentes longitudes de ondas de acuerdo al metal a analizar (Cu 324.8 nm, Ni 231.6 nm, Pb 220.35 nm, Zn 213.85 nm y Cd 228.8 nm)
- Se inyectó la muestra digerida y la solución modificadora de la matriz, luego se registró las lecturas para posteriormente calcular.

La concentración de los metales pesados está en función a la tabla 14, donde se muestra los criterios de un suelo agrícola de calidad y el Límite Máximo Permisible (LMP) en suelos agrícolas con un pH de 6 a 8, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).

**Tabla 14.**

*Concentración de metales pesados en suelos agrícolas con un pH de 6 a 8*

<b>Metales pesados mg/kg</b>	<b>Criterios de un suelo agrícola de calidad</b>	<b>LMP de metales pesados en suelos agrícolas</b>
Cd	0.5	2
Cu	25	63
Ni	19	50
Pb	19	60
Zn	60	200

TULSMA (2003)

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados y la discusión que se obtuvieron en la presente investigación, este estudio se involucró una fase de una de campo, en la que se realizaron encuestas a los agricultores de la parroquia de Ambuquí, con la finalidad de caracterizar el manejo de los cultivos. Seguido a esto se tomó muestras de suelo de los diferentes estratos (transitorios, perennes y suelos no agrícolas), las cuales fueron procesadas y corresponden a la segunda fase de laboratorio.

#### 4.1. Estratificación del área de estudio

En la evaluación de la productividad agrícola de la parroquia de Ambuquí, se establecieron procedimientos técnicos para clasificar los cultivos en transitorios y perennes, además como punto de comparación se determinó suelos no agrícolas, como por ejemplo espacios boscosos o quebradas. Complemento a esto se caracterizó el manejo fitosanitario que implementan los agricultores en este sector.

La parroquia de Ambuquí sustenta su economía en la productividad agrícola para lo cual determinar las diferencias del manejo entre cultivos transitorios y perennes.

##### 4.1.1. Selección de las zonas de cultivo (transitorios, perennes y suelos no agrícolas)

Mediante el procesamiento y análisis de las imágenes satelitales RapidEye y SasPlanet, se determinó los diferentes estratos de estudio de la parroquia de Ambuquí. El estrato de cultivos transitorios (CT1, CT2 y CT3) pertenecieron a cultivos de maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y pepinillo (*Cucumis sativus*), como se muestra en la figura 35, donde dichos predios han sido cultivados por más de ocho años ininterrumpidamente.

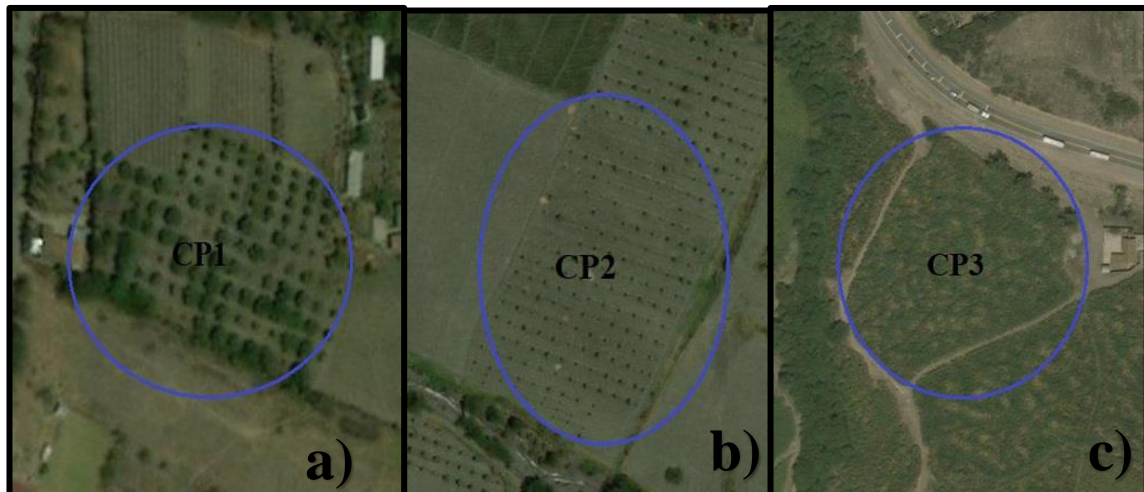


**Figura 35.**Cultivos Transitorios

- a) zona de cultivo de maíz, b) zona de cultivo de fréjol,  
c) zona de cultivo de pepinillo bajo invernadero.

Aquellos lotes que son cultivados por extensos periodos de tiempo, no recuperan de forma natural los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y tienen una cantidad limitada de nutrientes que aumenta o disminuye de manera natural. Kabata y Pendias, (2004), señalan que los sistemas de producción agrícola donde los procesos se realizan de manera intensiva y sin periodos de descanso ni rotación, forman parte importante de una fuente no precisa de contaminantes tipo metales pesados, y estos a su vez facilitan la acumulación de estos elementos tóxicos en el suelo.

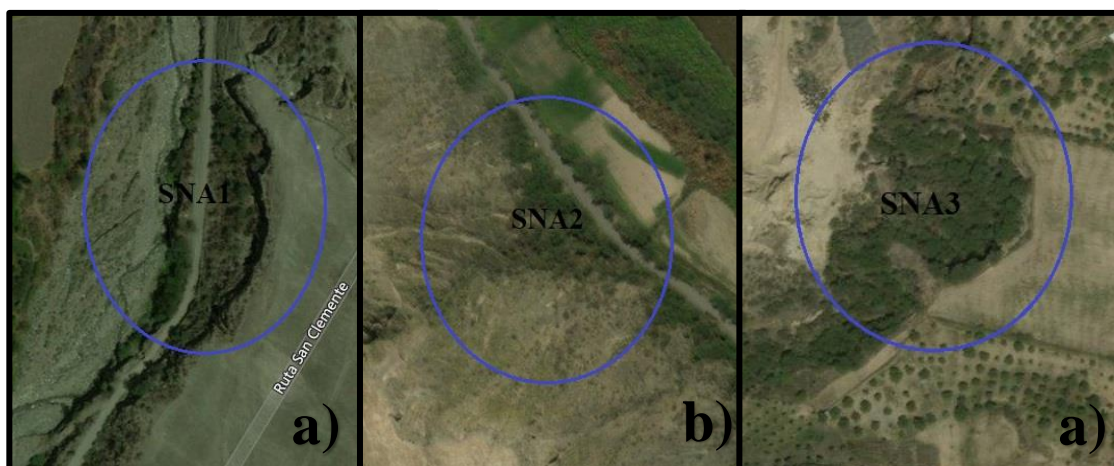
En la figura 36 se muestra los lotes seleccionados para el estudio del estrato de cultivos perennes (CP1, CP2 y CP3) que pertenecieron a cultivo de mandarina (*Citrus reticulata*), aguacate (*Persea americana*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), estos predios son cultivados por extensos periodos de tiempo ininterrumpidos, sacando de esa forma un mayor provecho de estos y sin regresar ninguna forma de nutrientes como son los abonos orgánicos, donde a corto plazo se puede decir que los nutrientes del suelo se terminaran, dejando de esa forma deteriorados para otro tipo de cultivos.



**Figura 36.** Cultivos Perennes

a) zona de cultivo de mandarina, b) zona de cultivo de mango y aguacate,  
c) zona de cultivo de caña de azúcar.

En la figura 37 se puede apreciar los diferentes estratos escogidos de suelos no agrícolas (SNA1, SNA2 y SNA3) pertenecientes a zonas que durante años no han sido alteradas por la mano del hombre, estas fueron determinadas para la comparación con los estratos transitorios y perennes, pues se cree que su actividad o dinamismo puede ser menor, en vista de que estos no han sido en ninguna forma alterados por cualquier tipo de agroquímicos que pueda afectar a las características físico-químicas y biológicas del suelo.



**Figura 37.** Suelos no agrícolas

a) zona de bosque cercano a la quebrada, b) zona de bosque cercana a un trapiche, c) zona de bosque San Alfonso.

#### **4.1.2. Contextualización del manejo fitosanitario en el área de estudio.**

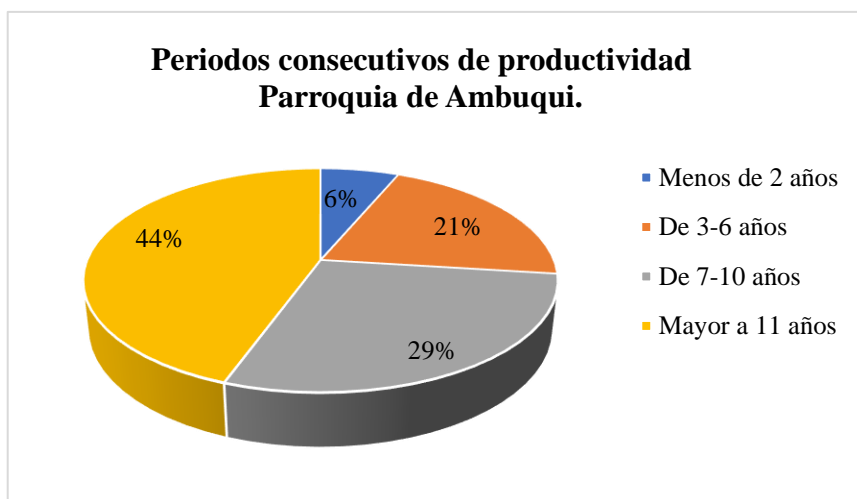
El manejo fitosanitario se determinó mediante la aplicación de una encuesta a los agricultores, esta herramienta estuvo programada para clasificar la información según los ingredientes activos recurrentes y la frecuencia de aplicación con respecto de las plagas y enfermedades persistentes en las zonas productivas de la parroquia.

La muestra del estudio estuvo conformada por 63 agricultores de la parroquia de Ambuquí de las comunidades Peñaherrera, El Lavandero, San Clemente, La Playa de Ambuquí, El Juncal y El Ramal. Los resultados de las encuestas que fueron un aporte más para esta investigación en cuanto al manejo de los agroquímicos en los cultivos, estos se detallan a continuación.

##### **4.1.2.1. Estimación del periodo de producción de los cultivos.**

En la figura 38 se observa los resultados de los periodos consecutivos de producción, en donde el 44 % de los agricultores indican que llevan cultivando sus predios por un tiempo mayor 11 años, un segundo segmento informa que el periodo es de siete a diez años y corresponde al 29 %, lo que refleja que la parroquia de Ambuquí, ha venido dedicándose al sector agrícola y pecuario muchos años atrás, además cabe señalar que estos lotes han sido cultivados en gran medida, sin un periodo apropiado de descanso.

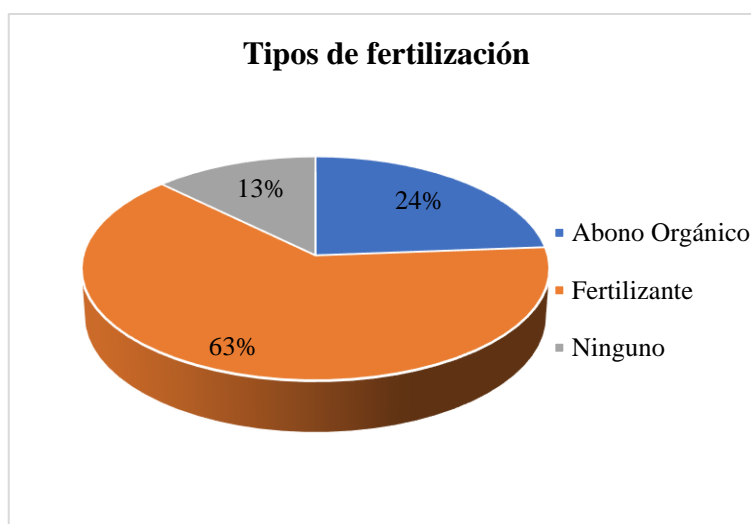
Los datos arrojados en esta encuesta difieren levemente a los expuestos por Bolaños, (2012) en su levantamiento de información para la creación de un centro de acopio en la parroquia de Ambuquí donde reportó que el 72% de agricultores llevan un tiempo mayor a diez años cultivando sus predios y en un 20% de seis a diez años.



**Figura 38.** Periodos consecutivos de producción

#### ***4.1.2.2. Tipos de fertilizantes en los sistemas agrícolas.***

En la figura 39 se puede apreciar que el 63 % de los agricultores utilizan abonos químicos para la fertilización de los cultivos, demostrando que la producción agrícola está estrechamente ligada al uso de abonos químicos, siendo las etapas de mayor aplicación (siembra, desarrollo y floración). Sin embargo, el 24 % de productores conocen la importancia de utilizar abonos orgánicos, que principalmente son de estiércol de sus propios animales (aves, chivos, borregos y ganado) y los emplean en sus cultivos. Además, el 13% de los encuestados señalan que no utilizan ningún tipo de abono en la producción como fréjol guandul, limón, y tuna.

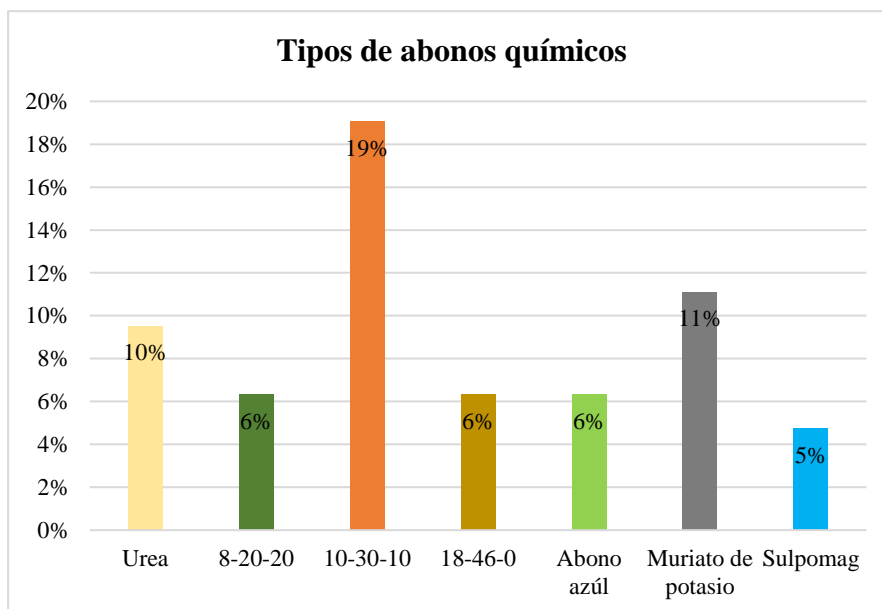


**Figura 39.** Tipos de fertilizantes usados en producción agrícola, parroquia de Ambuquí

#### ***4.1.2.3. Tipos de fertilizantes químicos en la producción agrícola.***

En la figura 40 se detalla exclusivamente el tipo de fertilizante químico utilizado por los agricultores donde el 63% de los encuestados usan la fertilización como principal estrategia de abonamiento, mostrando así que 19% utilizan en sus cultivos el abono NPK (10-30-10)

por ser completo, pues tiene una alta proporción de fósforo y contenidos complementarios de nitrógeno y potasio, asimismo en menores proporciones se encuentran abonos como la urea y el muriato de potasio, que son muy conocidos por los agricultores para las etapas de desarrollo y floración respectivamente. Fertilizantes como Urea y Superfosfato según Micó et al., (2006) influyen en la presencia de metales como Pb en los suelos.



**Figura 40.** Tipos de Abonos químicos

El INEC (2014), señala que en Ecuador 396.619 ha usan fertilizantes orgánicos, mientras que los fertilizantes químicos se emplean en al menos 1.699.135 ha, siendo los compuestos nitrogenados y NPK los de mayor aplicación por los pequeños, medianos y grandes productores.

González (2019), afirma que el utilizar fertilizantes químicos de forma inapropiada ha provocado el exceso de nutrientes inorgánicos, toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad.

#### **4.1.2.4. Elaboración y obtención de abonos orgánicos.**

En la figura 41 se detalla que el 86 % de los agricultores no realizan procesos de elaboración de abonos orgánicos puesto que deciden optar por fertilizantes químicos como principal alternativa para el manejo de sus cultivos, desconociendo el daño que podría ocasionar esta práctica con el paso de los años en sus propios predios. No obstante, un 14% que respondieron si realizan procesos de elaboración de abonos orgánicos usando los desechos de cocina, rastrojos de cosecha y estiércol de animales.

Estos resultados indican el poco interés y la falta de conocimiento en la elaboración y el uso de abonos orgánicos como el compost y humus. Según Valverde et al., (2015), mencionan que el escaso empleo de estos abonos se debe a que requiere aplicar grandes cantidades para



cubrir los requerimientos nutricionales de los cultivos lo que incrementaría las necesidades de mano de obra tiempo y costo. Suquilanda, (2008), indica que el uso continuo y exclusivo de fertilizantes químicos es más nocivo que beneficioso, puesto que contribuye a la degradación del suelo causando un desequilibrio biológico y deterioro de las características físico-químicas del mismo.

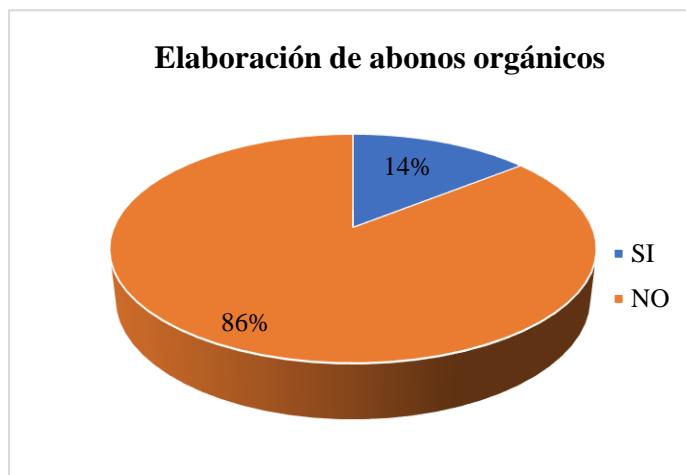


Figura 41. Elaboración y obtención de abonos orgánicos

#### 4.1.2.5. Métodos de control en la protección de cultivos

En la figura 42 se observa que la mayor parte los agricultores (84%) utilizan para la protección de sus cultivos el control químico como una rápida y efectiva alternativa y en un 13% el método mixto el tiende a emplear tanto abonos orgánicos como fertilizantes.

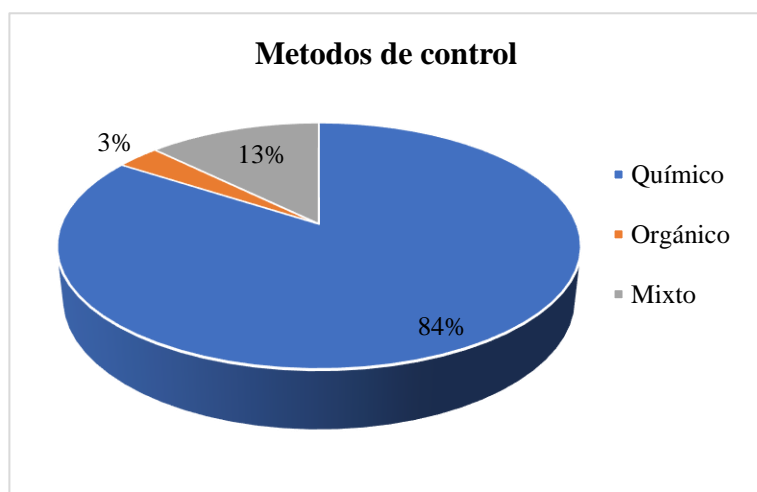


Figura 42. Métodos de control en la protección de cultivos

Por su parte el INEC (2016), en su encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), señala que gran parte de los agricultores aplican algún tipo de agroquímico en sus predios, donde los lotes de ciclo corto reciben gran cantidad de agroquímicos en un 78.24% y en menos proporción los cultivos de ciclo perennes 50.03%.

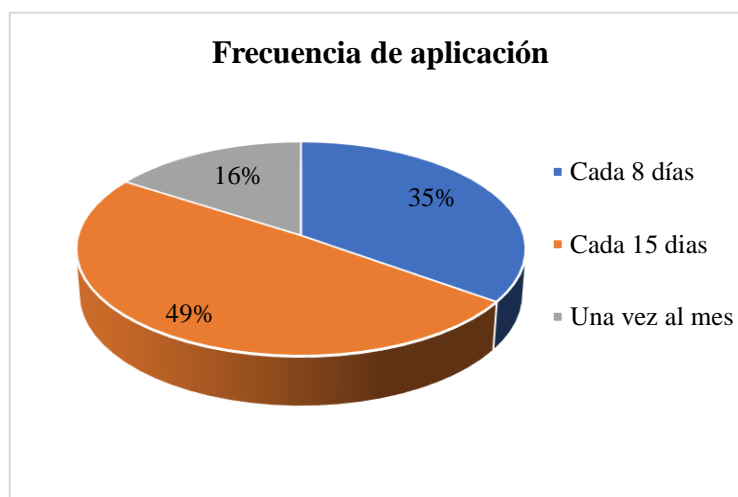
Esto da a entender que tanto a nivel nacional como a nivel zonal los agricultores seleccionan el método químico por su rápida eficacia en cuanto a control de plagas y enfermedades.

Por otra parte, tan solo 3% de productores tratan de llevar una agricultura más orgánica, y principalmente son agricultores que tienen sus propios huertos hortícolas para su consumo. Este valor inferior se asemeja a lo que se muestra a nivel nacional, tanto en los cultivos transitorios y perennes donde el uso de abonos orgánicos representa el 2.6% y 2.04% respectivamente (INEC, 2016).

Las prácticas agrícolas, como los manejos fitosanitarios y fertilizaciones, pueden contener metales pesados como impurezas (Nziguheba y Smolders, 2008; Paranjape, Gowariker, Krishnamurthy, y Gowariker, 2014), y el uso repetido de estos productos en el suelo, genera la acumulación de tóxicos (Wuana y Okieimen, 2011). Por lo tanto, la gran cantidad de pesticidas que se ha venido usando para el manejo de plagas y enfermedades de los cultivos de la parroquia Ambuquí, podría estar incidiendo en la presencia de metales pesados.

#### ***4.1.2.6. Frecuencia de aplicación para controles fitosanitarios***

Del 84% de los agricultores que usan como principal alternativa el método de control químico, el 49% de los productores realizan aplicaciones con pesticidas cada 15 días, y el 35% con una frecuencia de ocho días. Estas repeticiones en sus controles fitosanitarios dependen en gran parte del estado del cultivo y la severidad que presente en cuanto a plagas y enfermedades, siendo los cultivos transitorios los que reciben mayor número de aplicaciones. Además, se puede observar que tan solo el 16% de los agricultores realizan aplicaciones una vez al mes, siendo los cultivos perennes especialmente los de tipo frutal los que reciben este tipo de aplicación (figura 43).



**Figura 43.** Frecuencia de aplicación

Chirinos et al., (2019), menciona en su estudio sobre la frecuencia de aplicación de insecticidas en cultivos como sandía, fréjol, papa, pimiento y tomate, van 0.5 a 2.8 por semana, lo que muestra superioridad a los encontrados en este estudio (una cada ocho días), y similares a los encontrados por Valarezo et. al. (2008), quienes señalan que el 100% de

los productores de melón y sandía de la provincia de Santa Elena, aplican insecticidas aproximadamente una vez por semana para el control de la mosca blanca. Esto lleva a deducir que la protección de los cultivos sean estos transitorios o perennes, dependen principalmente de las aplicaciones de pesticidas (funguicidas e insecticidas) mostrando de esta forma la gran cantidad de productos que se aplican directamente a las plantas e indirectamente al suelo, puesto que muchas de estas partículas caen durante y después de cada aplicación.

#### 4.1.2.7. Tipos de insecticidas que se utiliza en el control de plagas

En la figura 44 se observa que, para el control plagas se tienen una gran variedad de insecticidas disponibles en el mercado. Los agricultores que usan el control químico como alternativa, el 33,33% utilizan insecticidas Organofosforados, mismos que tiene como ingrediente activo Clorpirifos y Malathion. En menos proporción se encuentran los insecticidas del grupo Neonicotinoides (26,38%) donde su principal formulación es Imidacropid. Finalmente, con un 23,81%, los del grupo Avermectina (Abemetin y New mectin).

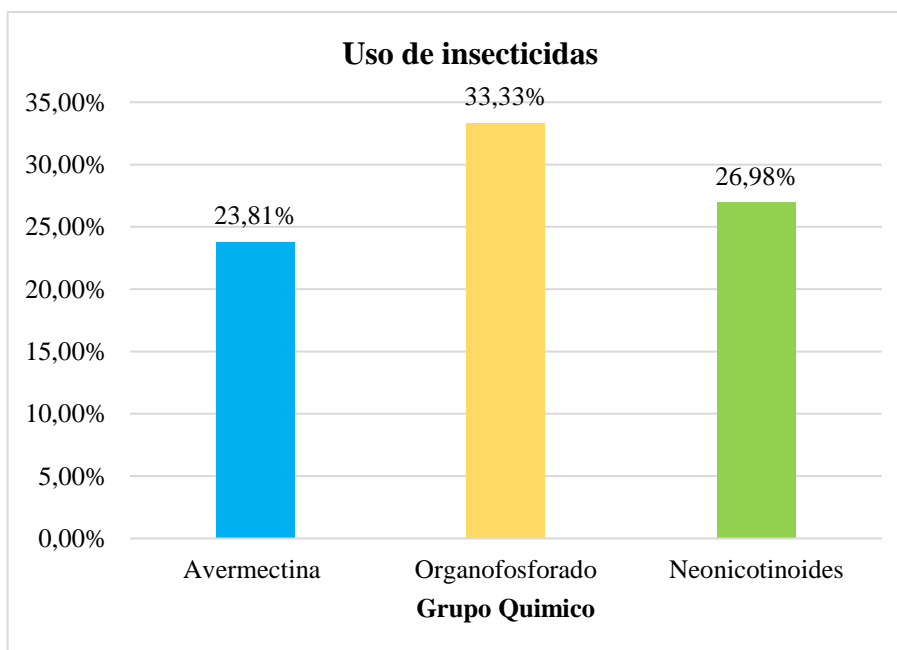


Figura 44. Uso de insecticidas por grupo químico

El Clorpirifos al ser un insecticida usado por los productores de la zona es importante dar a conocer que este es moderadamente persistente, con una vida media en el suelo de 10 a 120 días, además de tener baja solubilidad en el agua y muy soluble en la mayoría de disolventes orgánicos, por lo que puede penetrar fácilmente las membranas celulares (Anwar et al., 2009).

Chirinos et. al. (2019), en su levantamiento de información en las provincias de Chimborazo, El Oro, Guayas, Loja y Santa Elena, muestran que los insecticidas más usados por los agricultores en los cultivos como fréjol, pimiento y tomate riñón son los de grupos químicos

Tiadazina. Organoclorados y Neonicotinoides, además, indican que ninguno de los agricultores sigue las recomendaciones contenidas en la etiqueta de los envases, en cuanto al periodo de carencia, o intervalo de confianza antes de la cosecha, necesario para asegurar la descomposición del plaguicida Este desconocimiento por parte de los agricultores es similar con lo evidenciado en este estudio, donde muchos de los productores siguen las recomendaciones de dosis de las casas comerciales, e inclusive aumentan la dosificación en algunos casos cuando la severidad de la plaga en el cultivo es grave.

Según Hernández, Álvarez y Ríos (2017), en su estudio de revisión sistemática en la biorremediación de organofosforados en suelos agrícolas mencionan que los plaguicidas organofosforados son ampliamente utilizados en el sector agrícola, y su uso excesivo causa deterioro en los suelos cultivables además de graves daños en los ecosistemas y a la salud humano.

#### 4.1.2.8. Tipos de fungicidas utilizados en el control de enfermedades

En la figura 45, se muestra que gran parte de los agricultores usan como principales fungicidas los perteneciente al grupo de Benzimidazoles (Novak, Benomil y Carbendazin), debido a que son preventivos y curativos sobre enfermedades fungosas, seguido del grupo Ftalamidas (Captan) y Ditiocarbamatos (Cuprofix y Campuz), que tiene el mismo mecanismo de acción, sin embargo, el hecho de utilizar todos estos productos químicos, no dejan de ser perjudiciales y acarrear problemas de contaminación a los suelos agrícolas, debido a su frecuente aplicación con el fin de salvaguardar sus cultivo y su inversión.

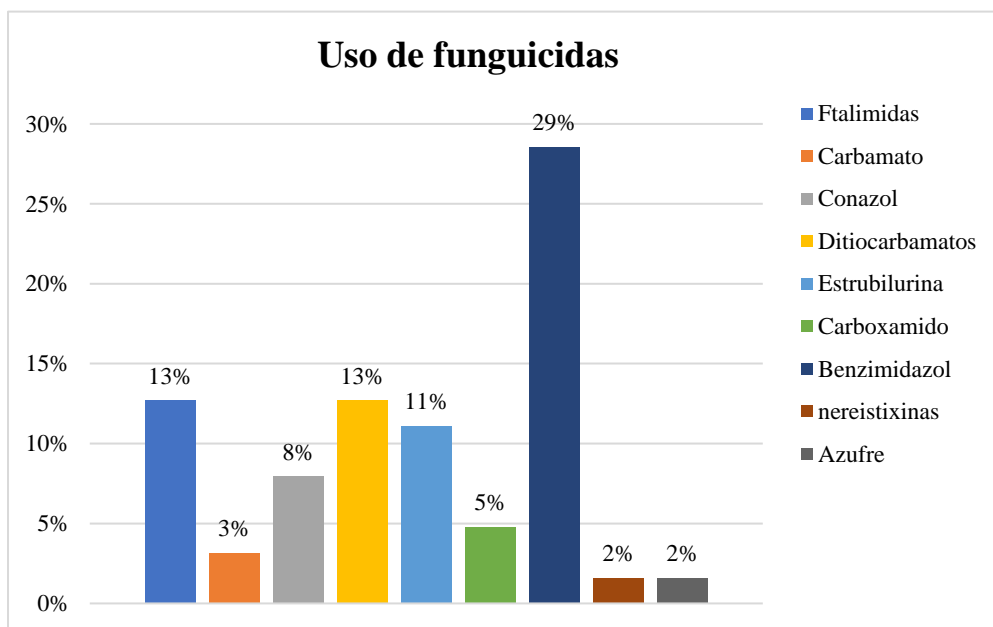


Figura 45. Grupo químico de fungicidas usados por los agricultores

#### 4.1.2.9. Criterios de la productividad en los últimos ocho años.

En la figura 46, se muestra que el 78% de los agricultores tienen la percepción que sus rendimientos productivos han disminuido en los últimos ocho años. Esto refleja que los suelos que llevan tiempo superior a los siete años tienden a mostrar problemas en cuanto al rendimiento. Estos suelos no tienen un descanso adecuado y no han recuperado sus nutrientes de manera natural, además de la constante aplicación de productos químicos podrían estar alterando las características físico-químicas del reduciendo así su fertilidad.

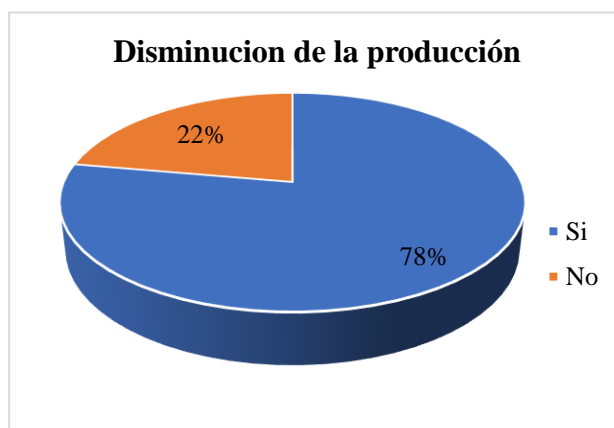


Figura 46. Disminución de la producción

## 4.2. Análisis de Metales pesados y actividad microbiana

Para el presente capítulo se realizó una comparación de los diferentes estratos evaluados de la parroquia de Ambuquí, para determinar la relación en cuanto a las características físico-químicas y actividad microbiana que presenta cada una de las áreas estudiadas. Este análisis contempla valorar las concentraciones de cinco metales pesados que son Cd, Ni, Pb, Cu y Zn.

### 4.2.1. Concentración de metales pesados

En la tabla 15 se observa los resultados correspondientes a las pruebas de hipótesis para la concentración de los cinco metales pesados estudiados en esta investigación, mismos que no presentan diferencias estadísticas en la interacción entre estratos y metales pesados ( $p=0.4463$ ), pero existe diferencias para las concentraciones de metales independientemente del estrato ( $p<0.0001$ ), no así para los estratos ( $p=0.0886$ ).

**Tabla 15**

*Pruebas de hipótesis secuenciales para metales pesados según estrato*

F.v	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	28	130.50	<0.0001
Estratos	2	28	2.65	0.0886

Metales	4	28	26.01	<0.0001
Estratos:Metales	8	28	1.02	0.4463

#### 4.2.2. Metales pesados según estrato

La concentración de metales pesados en los tres estratos estudiados conforma dos rangos, siendo el de mayor contenido el área de cultivos transitorios, el cual no presenta diferencias con los sectores dedicados a los perennes. Como es lógico el estrato con menor presencia de metaloides es el que corresponde a suelos no agrícolas que presenta una media de 14.33 mg/kg, pero esta cantidad no difiere con el estrato perenne (tabla 16).

**Tabla 16**

*Conformación de rangos según estrato*

Estratos	Medias	E.E.	Rangos	
Transitorio	21.60	3.12	A	
Perenne	15.93	2.65	A	B
No agrícola	14.33	1.46	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los sistemas de producción agrícola son una fuente importante no precisa de contaminantes tipo metales pesados, y estos a su vez se acumulan en los suelos, facilitando la transferencia en la cadena suelo - planta – consumidor, esto sucede principalmente en zonas donde los procesos se realizan de manera intensiva sin descanso, ni rotación de cultivos (Kabata y Pendias, 2004). Por su parte uso Huang y Jin, (2008), mencionan que las prácticas agrícolas aumentan el contenido de Zn de los suelos superficiales, sin embargo, hay estudios que muestran solo una pequeña variación bajo diferentes patrones de uso.

Los metales pesados (Cu, Cd, Pb y Hg) contenidos en los agroquímicos, se consideran contaminantes del suelo, puesto que afectan el metabolismo de las plantas y disminuyen su productividad. Además del uso de fuentes de agua utilizadas para el riego también pueden causar contaminación especialmente cuando estas son aguas residuales agrícolas (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019). Descrito lo anterior, se podría concluir que la mayor presencia metales se encuentra en el estrato transitorio dado que las aplicaciones de fertilizante y pesticidas en estos lotes de ciclo corto son más frecuentes, no así para el suelo no agrícola donde no existe un manejo agronómico.

Todos los metaloides estudiados en esta investigación presentan diferencias estadísticas para su concentración en los sitios productivos de la parroquia de Ambuquí, siendo el Zn el que tiene mayor valor con una media de 37.22 mg/kg, en tanto que el Cd es el metal con la concentración más baja. Entre el Zn y Cu existe 14.82 mg/kg, que es la diferencia entre los dos elementos con mayor abundancia para este estudio (tabla 17). Kabata y Pendias (2004),

señala que las concentraciones de Zn en suelos agrícolas varían entre 10 y 100 mg/Kg, y esto hace parte de los elementos esenciales para las plantas.

**Tabla 17**

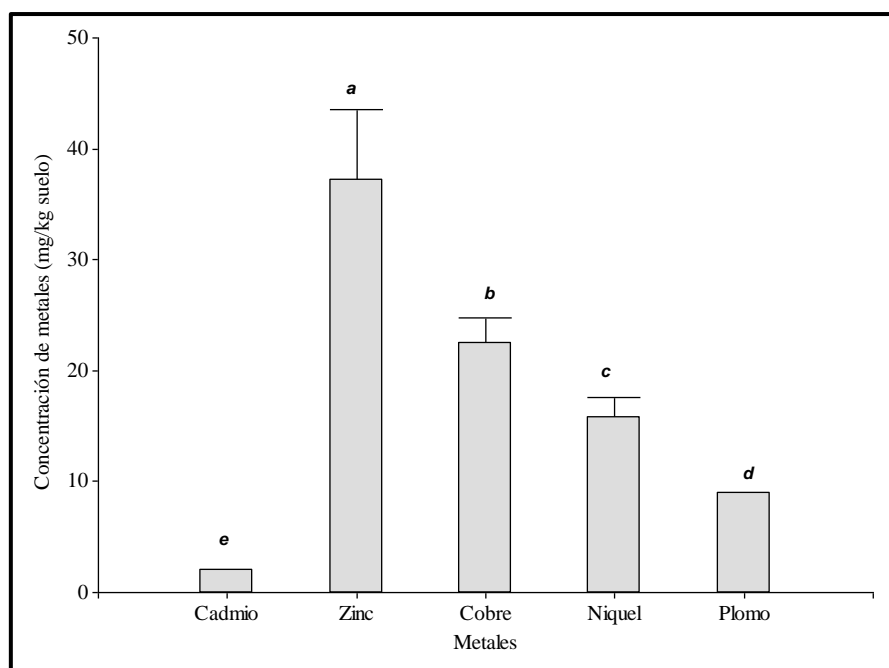
*Concentración de metales pesados*

Metales	Medias	E.e.	
Zinc	37.22	3.15	A
Cobre	22.44	3.15	B
Níquel	15.78	3.15	C
Plomo	9.00	3.15	D
Cadmio	2.00	3.15	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

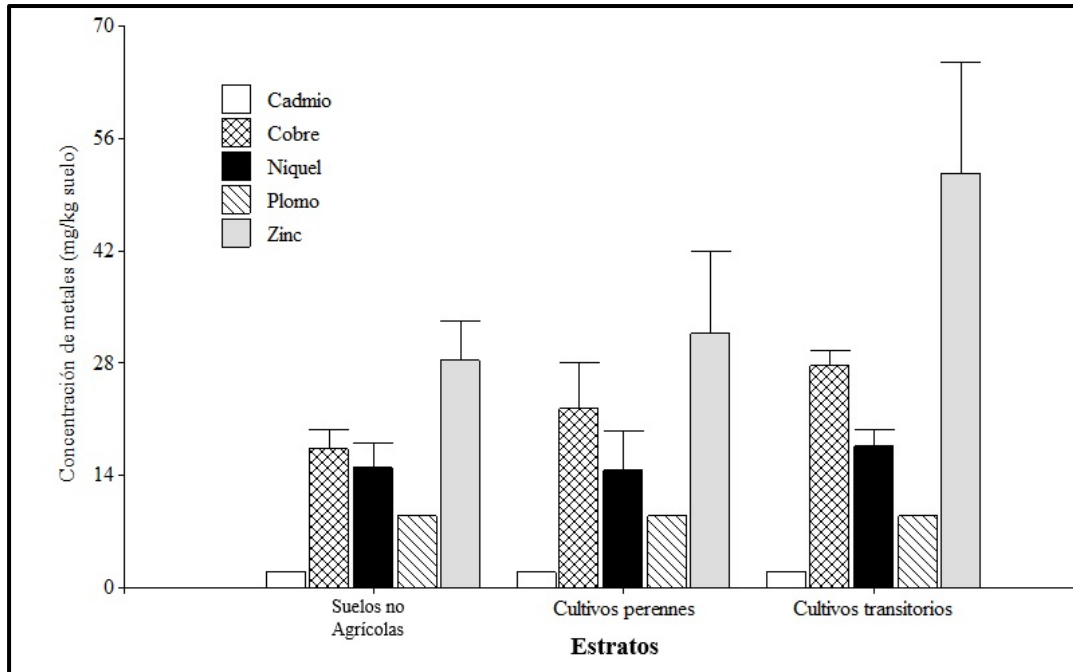
Esto se evidencia con otros estudios de metales pesados, en la cual de presencia de metaloides muestran la misma secuencia ( $Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$ ). Campaña (2020), en su caracterización de los suelos agrícolas del cantón Quero, reportó la misma frecuencia con valores medios, pero con resultados inferiores a los de este ensayo (Zn 19,78, Cu 16.56, Ni 11.02, Pb 1.96 y Cd 0.39 mg/kg). De la misma forma Arévalo et al., (2016), en su investigación en lotes de cacao en el departamento de Tumbes – Perú, mostraron una frecuencia similar de estos metales (Zn 111.72, Cu 43, Ni 27.67, Pb 15.84 y Cd 0.5 mg/kg), sin embargo las concentraciones de los metales son superiores a las encontradas en este estudio a excepción del Cd.

Los metaloides con menor concentración Cd y el Pb, que presentan valores estables para todos los estratos estudiados (2 y 9 mg/kg respectivamente), esto demostraría la poca movilidad de estos dos elementos y que estas concentraciones son naturales para la zona de estudio El contenido intermedio corresponde al Ni, el cual presenta una media de 15.78 mg/kg (figura 47).



**Figura 47** . Concentración de metales pesados en la zona de estudio

Las concentraciones de los metales pesados según cada estrato varían entre sí, siendo el estrato transitorio el que concentra mayor cantidad de Zn y Cu con medias que alcanzan 51.67 y 27.66 mg/kg respectivamente. En la figura 48 se observa claramente que el Zn es el metaloide con mayor presencia en todos los estratos.



*Figura 48.* Concentración de metales pesados por estrato

El estrato que presenta menor concentración de metales corresponde al suelo no agrícola, que en comparación con las otras áreas únicamente difiere la cantidad que corresponde al Ni que es ligeramente superior al estrato de cultivos perennes, pero que estadísticamente no presenta diferencias. La concentración de los dos metales que mayormente varían en esta sección presenta sus contenidos más bajos.

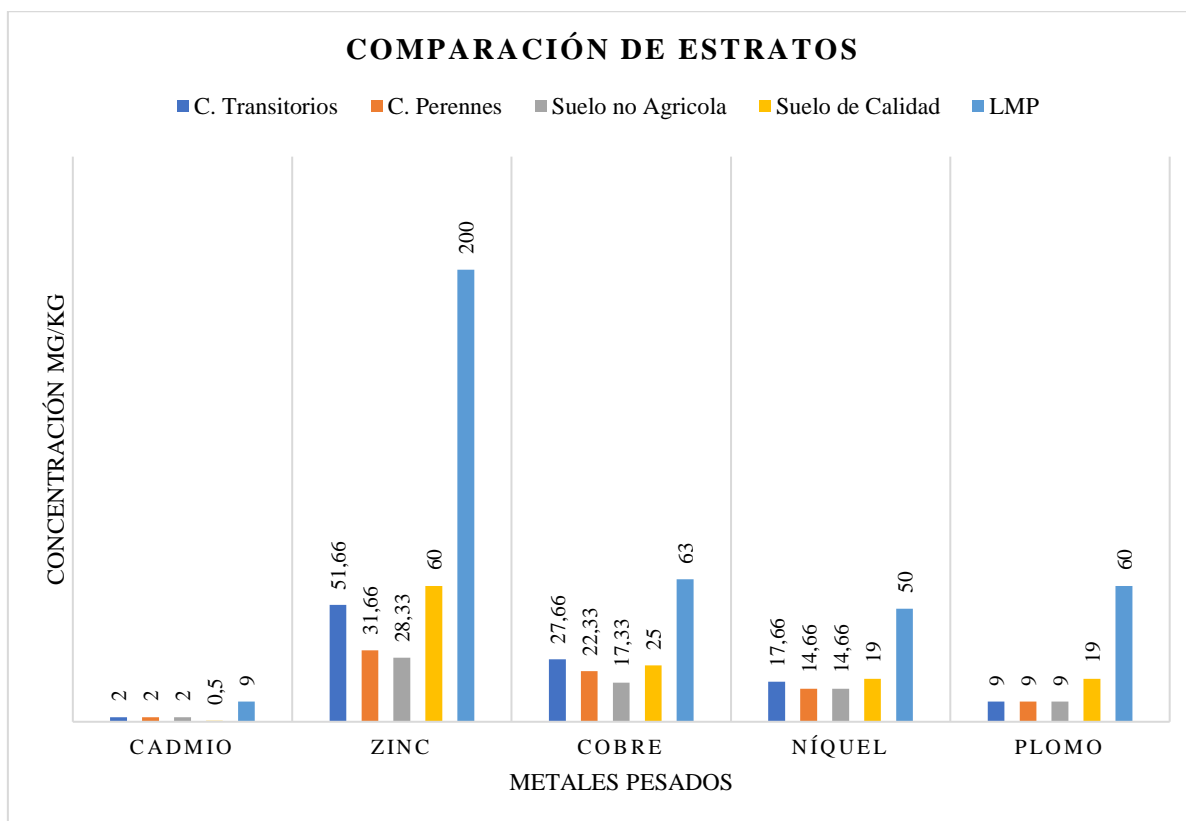
#### 4.2.3. Comparación de metales pesados con las normas de referencia del TULSMA.

La concentración de metales pesados en los diferentes estratos (transitorio, perenne y suelos no agrícolas), se comparó con los valores de un suelo de calidad y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) según la Norma de referencia del Tratado Único de Legislación Secundaria del Medio Ambiental (TULSMA, 2003) como se muestra en la figura 49.

La presencia de metales como el Cd y el Pb muestran valores similares de 2 y 9 mg/kg respectivamente para cada estrato estudiados, los cuales muestran que están dentro del LMP, sin embargo, el elemento de Cd supera los valores de un suelo de calidad según la normativa del Ecuador (TULSMA). Mahecha, Trujillo y Torres (2015), en su estudio realizado en el departamento de Ariari – Colombia, donde muestrearon fincas cultivadas por diez años ininterrumpidamente, estos lotes presentaron valores superiores en Cd 3,73 y 16.7 mg/kg en Pb, superando el rango de contenido normal. Sin embargo, en Colombia no se cuenta con valores propios de referencia y muchas de sus investigaciones comparan sus resultados con



valores propuestos por la Agencia de Protección Ambiental EPA (1996), donde los parámetros difieren con los propuestos por el TULSMA.



**Figura 49.** Metales por estrato comparados con los valores de referencia (TULSMA).

Con respecto al Pb, Yacomelo (2014), reportó valores inferiores en los Municipios del departamento del Atlántico (Santa Lucía 4.21 mg/kg, Suán 7.17mg/kg, Manatí 5.06 mg7kg, Campo de la Cruz 6.84 mg/kg y la Candelaria 7.06 mg/kg) los cuales según el TULSMA se encuentran dentro de los rangos de aceptación, difiriendo de lo citado por Kabata y Pendias (2001), que indican, que para denominar a un suelo contaminado este debe superar los 100 mg/Kg. Además, Micó et al., (2006), menciona que la presencia de este metal en los suelos agrícolas está relacionada directamente con la aplicación de agroquímicos y fertilizantes como Urea y Superfosfato los cuales según la encuesta dirigida a los agricultores de la zona mencionaron que utilizan como principal forma de abonamiento en sus cultivos.

La presencia de metales como el Zn, Cu y Ni en los diferentes estratos es variante, demostrando que la mayor concentración (51.66, 27.66 y 17.66 mg/kg respectivamente) presenta el área de cultivos transitorios; esta posible acumulación puede estar relacionada a que dichos lotes reciben mayor aplicación de pesticidas y fertilizantes con frecuencias de ocho y 15 días según los resultados de la encuesta. Sin embargo, pese a esta variación los valores obtenidos en este ensayo los metaloides (Zn, Cu y Ni) en cada estrato, se encuentran dentro de los LMP. En cambio, en el estrato transitorio la concentración del Cu sobrepasa los valores de referencia de un suelo de calidad (25mg/kg) llegando al 56.09 % del valor

límite máximo permisible (63 mg/kg), donde si se continua con el mismo sistema de producción intensiva este valor ascenderá aún más.

Con respecto al Cu, Yacomelo (2014), en su investigación reportó valores medios muy inferiores a este estudio, que van de 4.4 mg/kg a 6.4 mg/kg en Cu en los diferentes municipios, mientras que para Mahecha, Trujillo y Torres (2015), los valores fueron inferiores mostrando una media de 17.6, no así, para los resultados hallados por (Roqueme et al, 2014), que superan ampliamente a los de cualquier estudio anteriormente mencionado donde muestra valores que van desde el 78.4mg/kg a 2522.2mg/kg. (Kabata-Pendias 2010; Muñiz et al., 2014), mencionan que los niveles medios aceptables para la producción de alimentos sanos en cuanto al Cu son de 23 mg/kg y las concentraciones consideradas fitotóxicas son 100 mg/kg.

En cuanto al Ni, Micó et al, (2006), obtuvo una concentración media superior a la encontrada en este estudio de 20.9 mg/kg, por otro lado, Mahecha, Trujillo y Torres (2015), su concentración media reportó un valor inferior de este estudio de 7.5 mg/kg, al contrario, de lo obtenido por Roqueme et al, (2014), que dio a conocer valores de 8.3 a 1756. 4 mg/kg muy por arriba de los encontrados en todos los estudios citados.

Por lo que corresponde al Zn, (Mahecha, Trujillo y Torres 2015; Micó et al., 2006) en sus investigaciones encontraron valores ligeramente similares a los del presente estudio de 58.6 mg/kg y 52.8 mg/kg respectivamente. Mientras que Roqueme et al, (2014), muestran que en el Valle del Rio Sinú los resultados superan ampliamente a los encontrados en cualquiera de los estudios anteriormente mencionados, con valores que van desde 285.3 a 2631.8 mg/kg, donde plantea que la principal fuente de metales pesados puede ser la actividad agrícola donde existe una frecuente aplicación de fertilizantes y plaguicidas los cuales contienen trazas de metaloides. Por su parte Kabata y Pendias (2004), señala que las concentraciones de Zn en suelos agrícolas varían entre 10 y 100 mg/Kg, y esto hace parte de los elementos esenciales para las plantas.

Según la Agencia de Protección Ambiental EPA (1966), el Zn junto al Ni cumple funciones bioquímicas en los seres vivos y su rango normal en suelos esta entre 0.1 a 5 mg/kg, cuando esta se encuentra a niveles de 10 a 100 mg/kg se puede enfrentar problemas con toxicidad el este metal que se asocia con el hierro y puede ser absorbido por la planta en forma de silicatos o en hidratos de níquel cuando el pH es menor a 6 y 8. Estas concentraciones son diferentes a las planteadas por el TULSMA en Ecuador, por lo que se podría estar hablando de toxicidad basándose en estos parámetros.

Con lo que respecta al pH de los suelos los cuales presentaron una media de 7.4 y a la presencia de metales de la parroquia se Ambuquí, se podría concluir que en este tipo de suelos los metaloides no están menos disponibles, según lo citado por Chicón (2006) donde menciona mayoría de los metales pesados tienden a estar más disponibles en un pH ácido (>5.5) lo que puede incrementar la toxicidad para las plantas.

Por otra parte, los suelos de Ambuquí presentaron una textura franca y arenosa los cuales presenta una gran proporción de arena y según Galán y Romero (2008), mencionan que los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de metales pesados, lo que le hace posible que estos metaloides pasan rápidamente al subsuelo y contaminen el nivel freático. Al contrario de lo que pasa, con los de textura arcillosa que retienen más elementos traza por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla.

#### 4.2.4. Microorganismos totales

En el presente capítulo se hace referencia a la dinámica de los microorganismos, específicamente bacterias y hongos los cuales representan un componente fundamental para los distintos procesos ecológicos direccionados la vitalidad del suelo, puesto que son responsables de múltiples funciones como la de disponer los nutrientes para los cultivos.

En la tabla 18 se observan los resultados de la prueba de hipótesis para contenidos totales de microorganismos en los estratos estudiados, en donde se verifica que no existe diferencias estadísticas ( $p=0.2646$ ); esto quiere decir que la presencia de hongos y bacterias no dependen del sitio, es indistinto.

**Tabla 18**

*Pruebas de hipótesis secuenciales para microorganismos*

F. v	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4	105.28	0.0005
<b>Estrato</b>	2	4	1.89	0.2646

El contenido de microorganismos totales en los tres estratos presenta un mismo rango (tabla 19), sin embargo, las diferencias numéricas favorecen a los cultivos transitorios, en tanto que la representatividad más baja corresponde a los cultivos perennes, existiendo una diferencia de aproximadamente el 30%; el suelo no agrícola presenta un conteo moderado de hongos y bacterias, se estima que este resultado es debido a las características edafoclimáticas propias del área de estudio.

**Tabla 19.**

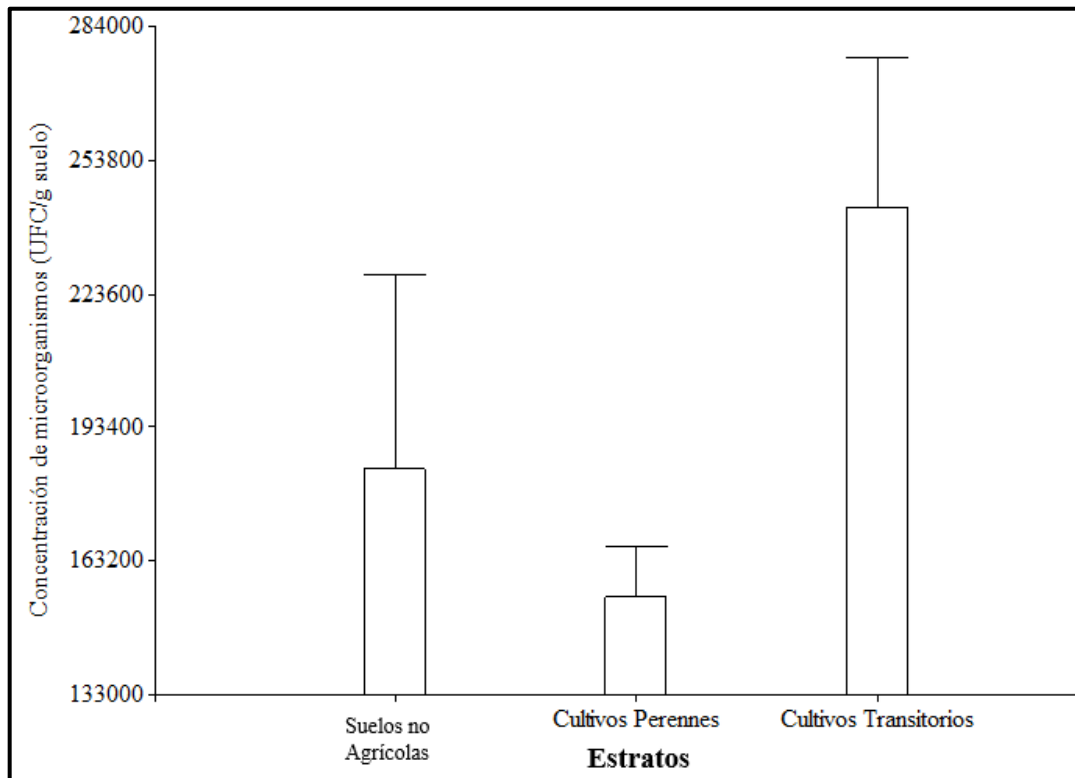
*Contenidos totales de microorganismos según estrato*

Estrato	Medias	E.E.	Rangos
Cultivos Transitorios	243333.33	32767.42	A
Suelo no agrícola	184000.00	32767.42	A
Cultivos Perennes	155000.00	32767.42	A

Según Sainz, Echeverría y Angelini, (2011), mencionan que el nivel de Materia Orgánica (MO) depende del clima, suelo y del manejo agronómico de los mismos como la rotación de

cultivos, labranzas e incorporación de material vegetal, además, estas prácticas dentro de los cultivos ejercen numerosos efectos biológicos directos e indirectos sobre las poblaciones microbiales del suelo, donde el uso del arado influye intensamente sobre las poblaciones de bacterias puesto que, posterior a la ruptura del suelo, el número de microorganismos aumenta 20 o 30 veces. Esto se confirma en este estudio, donde los cultivos transitorios como maíz y fréjol (CT1 y CT2) sus dueños incorporan rastrojos de las cosechas en sus lotes presentando así concentraciones de microorganismos superiores a los estratos perenne y no agrícolas.

En la figura 49, se distingue el contenido de microorganismos en los tres estratos estudiados, donde se evidencia la superioridad numérica pero no estadística para el estrato de cultivos transitorios, se presume que este resultado pudiera estar relacionado principalmente a la incorporación de materia orgánica como estrategia de fertilización que es usada frecuentemente por los agricultores de la zona.



**Figura 50.** Contenido de microorganismos totales por estratos

En el caso de los cultivos perennes, el cual presenta el conteo más bajo de microorganismos totales, se estima que este resultado tiene relación con los amplios campos de producción de monocultivos perennes, principalmente la caña de azúcar, la cual mantiene periodos consecutivos de cultivo de más de ocho años.

#### 4.2.4 Microorganismos según estratos

En la tabla 20 se registran los resultados de la prueba de hipótesis para contenidos de microorganismos según los estratos, en donde se verifica que no existe diferencias estadísticas para la interacción entre el estrato y el grupo de microorganismos ( $p=0.3128$ );

es necesario resaltar que existe diferencias estadísticas para microorganismos independiente del estrato ( $p < 0.0001$ ).

**Tabla 20**  
*Pruebas de hipótesis secuenciales*

F.v	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	10	45.31	0.0001
Estrato	2	10	0.50	0.6212
Microorganismos	1	10	55.32	<0.0001
Estrato:Microorganismos	2	10	1.31	0.3128

#### 4.2.5 Tipos de microorganismos

Los tipos de microorganismos presentan diferencias estadísticas en esta investigación, en donde se han formado dos rangos, los cuales corresponden a bacterias y hongos. Se evidencia mayor presencia de bacterias, mismas que representan hasta un 88% de los conteos con respecto a resultado total (tabla 21).

**Tabla 21**  
*Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para tipos de microorganismos*

Microorganismos	Medias	E.E.	Rangos
Bacterias	171111.11	19686.20	A
Hongos	23000.00	4211.97	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### 4.2.6 Contenidos de microorganismos por estrato

En la tabla 22 se observan los resultados de la prueba LSD Fisher para el contenido de microorganismos por cada estrato estudiado. Se evidencia que existe diferencias estadísticas para bacterias y hongos en cada estrato, razón por la cual se conforman dos rangos; pero el contenido es similar de forma individual.

**Tabla 22**  
*Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para conteo de macroorganismos según estrato*

Estrato	Microorganismos	Medias	E.E.	Rangos
Cultivos Transitorios	Bacterias	216666.67	33968.66	A
Suelos no agrícolas	Bacterias	163333.33	33968.66	A
Cultivos Perennes	Bacterias	133333.33	33968.66	A
Cultivos Transitorios	Hongos	26666.67	6667.26	B
Cultivos Perennes	Hongos	21666.67	6667.26	B

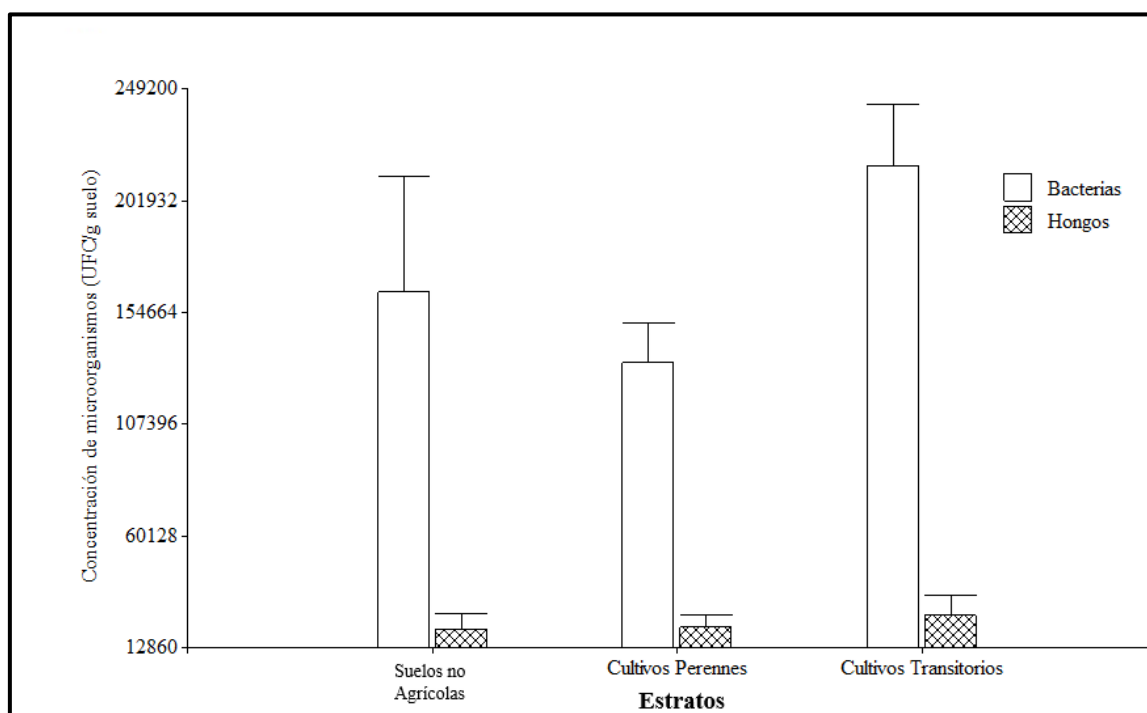
Suelos no agrícolas	Hongos	20666.67	6667.26	B
---------------------	--------	----------	---------	---

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Killian et al., (2001) mencionan que las bacterias se reproducen abundantemente por simple división celular, y que, en condiciones favorables como el tipo de suelo, la vegetación, el contenido de humedad, el tipo de labranza y fertilización se producen masivamente gran cantidad de ellas en un período corto de tiempo.

Por otra parte, los hongos son de mayor tamaño, aunque sean de menor abundancia, tienen la biomasa más significativa y constituyen del 50% de la comunidad microbiana, esta comunidad tiende a crecer y adaptarse en un ecosistema con un buen contenido de materia orgánica y pH adecuado. Además, las aplicaciones de fertilizantes químicos cambian la cantidad y diversidad fúngica como resultado de la acidificación del suelo (Sánchez et al., 2007).

En la figura 50 se observa la supremacía de las bacterias comparadas con los hongos según cada estrato estudiado, en donde no existe diferencias estadísticas para estos microorganismos unicelulares, pero se generan diferencias al comparar con el contenido de los hongos, que representan menos del 30% de los conteos totales.



**Figura 51.** Contenidos de hongos y bacterias por cada estrato

La concentración de metales pesados probablemente influye en la presencia de hongos y bacterias en la rizósfera, quienes son los responsables de múltiples procesos simbióticos en relación a los cultivos, como por ejemplo la fijación del nitrógeno o descomposición de la materia orgánica (Isaura, 2011).

#### 4.2.6.1. Actividad microbiana en cultivos transitorios

En la tabla 23 se muestran los resultados obtenidos en cultivos transitorios con respecto del conteo de hongos y bacterias según la presencia de metales pesados. La mayor presencia de los microorganismos estudiados se concentra en el CT1, que también reporta las menores concentración de Zn, Cu y Ni. El conteo es superior para hongos en 13.51% comparado al CT2, mientras que la variabilidad con el CT3 es 70.27%. Es necesario resaltar que el pH en las tres muestras varía ligeramente, siendo el valor del CT1 el más alto con 7.64.

En el caso de las bacterias el conteo favorece al CT1 en 15.38% comparado con el CT2, en tanto que la diferencia con el CT3 es aún mayor en un 34.61%. Lo que se podría deducir que a mayor concentración de metales pesados existe menor población de hongos y bacterias en el suelo.

**Tabla 23**  
*Caracterización del estrato de cultivos transitorios*

<b>Parámetros</b>	<b>CT1</b>	<b>CT2</b>	<b>CT3</b>
Textura	Franco	Arcillo arenoso	Franco
pH	7.64	7.33	7.25
Cd (mg/kg)	< 2	< 2	< 2
Zn (mg/kg)	28	51	76
Cu (mg/kg)	24	30	29
Ni (mg/kg)	18	21	14
Pb (mg/kg)	< 9	< 9	< 9
Hongos (UFC/g)	$3.7 \times 10^4$	$3.2 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$
Bacterias (UFC/g)	$2.6 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	$1.7 \times 10^5$

La elevada actividad microbiana en el CT1 se debe en gran parte a que este lote lleva cultivándose aproximadamente 20 años e incorpora los restos de cosecha como maíz y frejol en sus lotes, no así en el CT3 que es un cultivo de invernadero que lleva produciendo por un tiempo superior a los 30 años y los rastrojos no son incorporados al suelo, supuestamente por evitar problemas fitosanitarios. Panigatti et al., (2001). Cereales, como trigo, avena, cebada, usados como rastrojos aumentan el contenido de materia orgánica, permiten una cobertura y protección contra la erosión, que se produce por el impacto de las gotas de agua de lluvia, conservando de esa forma la humedad del suelo, la infiltración de agua y controlar malezas.

#### 4.2.6.2. Actividad microbiana en cultivos perennes.

En la tabla 24 se muestran los resultados de la caracterización del estrato de cultivos perennes, donde el uso de agroquímicos para el manejo de los cultivos es menor, puesto que las aplicaciones las realizan con una frecuencia de cada 15 días a un mes. Con respecto a la

actividad biológica la mayor presencia se encuentra en el CP1, el cual reporta menor acumulación de metales como el Zn, Cu y Ni. Por lo tanto, la concentración del CP1 en cuanto de hongos es superior en 53.12% en comparación al CP2, en tanto que la diferencia con el CP3 es de 43.75%. Sin embargo, los lotes CP2 y CP3 presentan una mayor actividad en cuanto se refiere a bacterias en 33% al contrastar con el CP1.

Por último, el pH de del estrato perennes presenta una ligera variación en las tres muestras siendo el valor máximo de 8.0

**Tabla 24**

*Caracterización del estrato de cultivos perennes*

<b>Parámetros</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
Textura	Franco	Franco	Arenoso franco
pH	7.39	7.86	8.00
Cd (mg/kg)	< 2	< 2	< 2
Zn (mg/kg)	25	52	18
Cu (mg/kg)	20	33	14
Ni (mg/kg)	12	24	8
Pb (mg/kg)	< 9	< 9	< 9
Hongos (UFC/g)	3.2 x 10 <sup>4</sup>	1.5 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>
Bacterias (UFC/g)	1.0 x10 <sup>5</sup>	1.5 x 10 <sup>5</sup>	1.5 x10 <sup>5</sup>

#### **4.2.6.3. Actividad microbiana en suelos no agrícolas**

En la tabla 25 se observa que el estrato de SNA (bosques), dos de las tres muestras de suelo son de textura arenosa. Además, el pH vario levemente en el estrato con un valor mínimo de 7.03 al máximo de 7.71 y se supone que no han sido en alguna forma alteradas por productos agroquímicos

La mayor presencia de hongos se concentra en el SNA2, mismo que muestra valores bajos de concentración metales como el Zn, Cu y Ni, en la cual el conteo de hongos es superior en un 53.94% comparado al SNA1 que reportó valores altos de metaloides, en tanto que la diferencia con el SNA3 es de 64.60%. En cuanto a las bacterias el conteo favorece el SNA3 en 50% en comparación con el SNA1, mientras que la diferencia con el SNA2 es 57%.

**Tabla 25**

*Caracterización del estrato suelos no agrícolas*

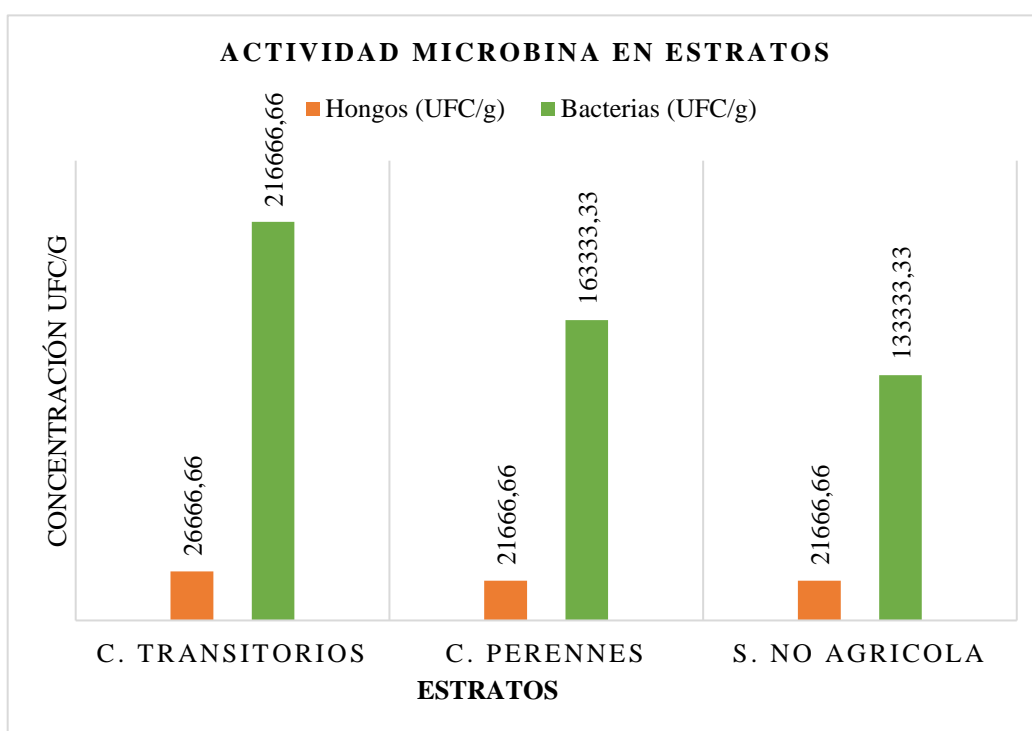
<b>Parámetros</b>	<b>SNA1</b>	<b>SNA2</b>	<b>SNA3</b>
Textura	Franco	Arenoso	Arenoso
pH	7.08	7.71	7.03
Cd (mg/kg)	< 2	< 2	< 2
Zn (mg/kg)	37	28	20
Cu (mg/kg)	22	15	15
Ni (mg/kg)	21	13	11
Pb (mg/kg)	< 9	< 9	< 9



Hongos (UFC/g)	$1.6 \times 10^4$	$3.4 \times 10^4$	$1.2 \times 10^4$
Bacterias (UFC/g)	$1.3 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$	$2.6 \times 10^5$

**4.2.1.5. Comparación de la actividad microbiana en los estratos (transitorios, perennes y suelo no agrícola).**

En la figura 52, se puede observar que las bacterias son mucho más abundantes que los hongos en el suelo, esto se debe a su versátil adaptación a cualquier tipo de pH sea este básico, neutro o alcalino, además de que su capacidad de multiplicación les permite establecer poblaciones muy grandes en un tiempo muy corto, colonizando rápidamente (Higuera, 2002).



**Figura 52.** Actividad microbiana en los diferentes estratos

En los estratos estudiados se puede observar que existe una variabilidad en cada uno de los estratos estudiados, con una actividad bacteriana que van desde 133333.33 UFC/g en suelos no agrícola a 216666.66 UFC/g en cultivos transitorios respectivamente, lo que muestra que el estrato de transitorios es superior en un 38.45% al estrato no agrícola, y en un 24.61% al estrato perenne. Este aumento en la actividad se debe a que muchos agricultores incorporan partes de los rastrojos de cosecha en sus terrenos. Esto se evidenció de igual forma en el estudio realizado por Beltrán et al., (2017), donde en el recuento de microorganismos funcionales en el suelo, muchos de los grupos de microorganismos se incrementan con relación a la disponibilidad de nutrientes y por procesos de descomposición de materia orgánica.

Con respecto a los hongos presenta una ligera variabilidad en cada uno de los estratos, donde los cultivos de ciclo corto presentan una mayor concentración en un 18% a los lotes de perennes y no agrícolas.

Para Pacasa et al., (2017) quienes evaluaron el efecto de uso del suelo (vegetación nativa y cultivo) en la formación de unidades formadoras de colonias (UFC), mencionan que existe una relación débil entre el contenido de materia orgánica y UFC, del mismo modo que la abundancia de las UFC está muy relacionada con otros factores, como el tipo de suelo, características climáticas, otros microorganismos y comunidades de plantas, diferenciando con lo encontrados por Carniero et al. (2004), quienes indicaron que los suelos agrícolas pueden presentar valores de UFC más altos que los suelos forestales y que uno de los factores que más incide sobre este parámetro es el pH del suelo modificado por la adición de fertilizantes, lo que también favorece al incremento de nutrientes.

Los niveles de materia orgánica dependen del clima, suelo y del manejo agronómico de los mismos donde prácticas como el arado ejercen numerosos efectos biológicos directos e indirectos sobre las poblaciones microbiales del suelo (Sainz, Echeverría y Angelini 2011). En parroquia de Ambuquí donde la mayoría de las zonas no agrícolas presentan una textura y arenosa y su vegetación principal es de tipo matorral xerofítico (específicamente adaptadas para la vida en un medio secos) y los ecosistemas predominantes son matorral desértico pre-montano y el ecosistema estepa espinosa montano equivale al 31.32% del territorio total (PDOT, 2015) la presencia de hongos y bacterias en estas zonas boscosas son inferiores al de las áreas agrícolas.

#### **4.3. Propuesta de un plan de recuperación de suelos con presencia de metales pesados.**

La presencia de plaguicidas en el suelo se ha convertido en un problema ambiental y de salud pública de gran importancia dado que se ha incrementado el uso de plaguicidas en todo el mundo por parte de los grandes y pequeños agricultores para incrementar sus rendimientos (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019).

Las tecnologías de remediación de suelos se encuentran en fases experimentales con resultados promisorios y que necesitan ser aplicadas a gran escala, y verificar su correcta adaptación a los sistemas productivos agrícolas, para que de este modo disminuyan los riesgos por la presencia de metales pesados.

Los metales pesados (cadmio, plomo, zinc, cobre y níquel) que se evaluaron en este presente estudio se encuentran en ascenso, por lo tanto, es indispensable la búsqueda de alternativas que permitan reducir la carga de estos elementos y mejorar las condiciones físico-químicas del suelo, además de su fertilidad; para lograr este cometido se propone el uso de métodos de biorremediación lo cual implica el uso de organismos vivos principalmente plantas que se denomina fitorremediación y con el accionar conjunto y asistencial de microorganismos.

La propuesta consiste en aplicar métodos de fitorremediación, haciendo uso de diferentes especies vegetales hiperacumuladoras de metales pesados con el objetivo de reducir la carga

de estos elementos a nivel de suelo. Las actividades a realizarse dentro de la propuesta de biorremediación son:

- Capacitar y concientizar a la población especialmente a los agricultores sobre la importancia de la conservación de suelos.
- Dar a conocer la importancia sobre la rotación de cultivos asociada con ciertas plantas que tengan la capacidad de acumular eficazmente residuos de contaminantes orgánicos.

#### **4.3.1. Plan de manejo basado en la rotación y asociación de cultivos**

La rotación es la sucesión de diferentes cultivos en una misma parcela a lo largo de un cierto tiempo, en que se diseña la siembra de diferentes especies durante ese periodo de tiempo; siempre teniendo en cuenta el efecto que cada cultivo produce sobre la fertilización y la estructura del suelo, una vez acabado el ciclo, se vuelve a iniciar.

La asociación de cultivos son sistemas en los que dos o más especies se siembran suficientemente próximas con la finalidad de complementarse entre ellas, gracias a esto, la tierra, el espacio y el agua se aprovechan mejor que en los monocultivos, además los problemas con plagas son mucho menores con esta estrategia.

Al usar la rotación y asociación de cultivos, los agricultores pueden obtener una mayor diversificación de productos, evitando de esa forma la erosión de los suelos y la contaminación del medio ambiente, además de mejorar la biodiversidad de microorganismos con la utilización de materia orgánica mediante la descomposición de los mismos restos de cosecha.

Según McGrath, Zhao y Lombi (2002), la fitorremediación es el proceso que puede abordar potencialmente los problemas de las tierras agrícolas contaminadas con metales pesados, dentro de este proceso existen tres estrategias principales para fitoextraer sustancias inorgánicas de los suelos utilizando plantas: (1) el uso de hiperacumuladores naturales; (2) la mejora de la captación de elementos de especies de alta biomasa mediante adiciones químicas al suelo y cultivo; y (3) la fitovolatilización de elementos donde implica la alteración de su forma química dentro de la planta antes de su volatilización a la atmósfera.

Las plantas fitoextractoras ideales deben poseer las siguientes características: elevado índice de crecimiento, gran producción de biomasa, sistema radicular distribuido y muy ramificado, translocar los metales pesados acumulados desde la raíz hasta los brotes, tolerar los efectos tóxicos de los metales pesados, presentar buena adaptación a las condiciones ambientales y climáticas de la zona y resistencia a plagas y enfermedades y deben ser de fácil cultivo y cosecha. (Vangronsveld et al., 2009).

#### **4.3.2. Objetivos del programa de fitorremediación.**

- Realizar siembras asociada dentro de los cultivos perennes.

En aquellos frutales perennes como la mandarina y el aguacate que en el presente estudio muestran las segundas concentraciones más altas de metales pesados en el área de estudio, el presente objetivo desarrollara estrategias de asociatividad a manera de cultivos de cobertura. Esta iniciativa pretende posicionar al frutal como beneficiario resultante en la asociación obteniendo ventajas como capacidad de campo permanente en el suelo, alta proliferación de microorganismos benéficos donde destacan hongos y bacterias con alta capacidad de solubilizar el fosforo y metaloides altamente tóxicos.

- Realizar rotación de cultivos utilizando especies vegetales hiperacumuladoras de metales pesados.

Para los cultivos transitorios que destacan en la zona como el fréjol, el pepinillo, el pimiento y tomate riñón que sus áreas de producción resultaron ser las que obtuvieron la mayor concentración de los metales pesados estudiados, para lo cual el presente objetivo propone la rotación utilizando plantas hiperacumuladoras de metaloides como es el caso de zucchini (*Cucurbita pepo*) o del maíz como márgenes funcionales o separadores de lotes que no limiten la presencia del cultivo principal.

#### **4.3.3. Metas de la propuesta de biorremediación.**

Se plantean metas de reducción de los metales pesados por cada objetivo planteado en la presente propuesta, estas son:

- Con la utilización del cultivo de cobertura como estrategia de biorremediación y asociados a los perennes, se estima reducir la concentración de metales pesados (Cd, Zn, Ni, Pb y Cu) a nivel de suelo, después de tres meses de siembra, en un rango que va desde el 40 al 70 % para la presencia de insecticidas organoclorados.
- Con el maíz y otras especies implementadas como estrategia de rotación de cultivos se pretende reducir la presencia de Pb y Cd en 40 %.

#### **4.3.4. Componentes del programa de fitorremediación.**

Para la efectiva ejecución del programa de fitorremediación se han estructurado dos componentes que permitirán organizar al grupo de productores de la parroquia de Ambuquí con la finalidad de cumplir con los objetivos y metas planteadas en la presente propuesta de recuperación de suelos.

- **Componente de capacitación.**

Para la implementación del componente de capacitación se utilizarán estrategias metodológicas para la transferencia de conocimientos y tecnología basada en educación para adultos como lo es la Escuela de Campo de Agricultores. Para lo cual se propone la estructuración de diferentes escritos o memorias con los contenidos que se muestran en la tabla 26, que tendrán los siguientes temas enfocados a la conservación de suelos.

**Tabla 26**

*Contenidos del currículo de capacitación*

<b>Temas de capacitación</b>
Integridad física y capacidad productiva de los suelos.
Prácticas que favorecen la erosión, degradación o modificación de las características topográficas y sus efectos ecológicos adversos.
Prevención o reducción la erosión, las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de vegetación natural.
Concientización del uso adecuado de los pesticidas y fomento de una agricultura más ecológica.
Restauración de zonas degradadas o desertificadas
Fomentación a la diversidad de cultivos
Quemas, deforestación y reforestación
Optimización del agua
Concientización de la utilización de abonos verdes

- **Programa de rotación y asociación de cultivos**

El programa de asociación y rotación de cultivos incluye la utilización de las especies vegetales enlistadas en la tabla 27, en donde se detalla el respaldo científico y técnico, además de su efectividad con respecto a la fitorremediación en distintas fases de laboratorio. Los agricultores que se involucren en el presente programa tendrán la oportunidad de verificar *in situ* durante la capacitación, la eficiencia del uso de las plantas fitorremediadores y escoger según sus preferencias y necesidades.

**Tabla 27**

*Especies vegetales con propiedades en fitorremediación*

<b>Especies vegetales</b>	<b>Resultados en estudios a nivel de laboratorio</b>	<b>Referencias</b>
Amaranto ( <i>Amaranthus hybridus</i> )	La capacidad de hiperacumulación que las especies como el amaranto y la alfalfa se presentan a medida que aumenta el tamaño y edad de la planta, lo que hace que estas especies presenten un potencial para la remediación de suelos contaminados con plomo, además de la adición de abono o nutrientes previo a la germinación de las especies que es un factor determinante para la fitorremediación, ya que ayuda a que las plantas presenten abundante sistema radicular, un mayor crecimiento.	Coyago y Bonilla (2013).
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )		

Maíz ( <i>Zea mays</i> )	La concentración de Pb extraíble en el suelo disminuye entre el 39,2 y el 40,9%. La acumulación de Pb en la raíz es mayor que en el brote, lo que demuestra que la raíz del maíz es más activa en cuanto a la extracción. La concentración de Cd disminuye significativamente en el suelo plantado después de los 60 días de cultivo, la raíz de maíz es más activa que el brote para la fitorremediación del cadmio.	Mojiri (2011)
Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ) Rábano ( <i>Raphanus sativus</i> ) Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> )	Las concentraciones de metales (Cd, Cu, Mn y Zn) en lechuga, espinaca, rábano y zanahoria dependen de las concentraciones del metal (total) en los suelos en los que se cultivan las plantas. Las hojas comestibles de las espinacas contenían más metales (Mn, Zn) que, en sus raíces, mientras que las de la lechuga contenían menos Zn que en sus raíces. Los contenidos de Cd, Mn y Zn eran mayores en las raíces comestibles del rábano, mientras que eran relativamente bajos en las raíces de las zanahorias.	Intawongse y Dean (2006)
Pasto Mombasa ( <i>Panicum máximum</i> )	El tratamiento con Mombasa demostró una eficiencia media para fitorremediación de plomo, cadmio y cobre ya que los resultados obtenidos estuvieron alrededor de 1, lo que resulta ser un muy buen indicador	Singh y Lee, (2016).
Lechuga romana ( <i>Lactuca sativa var. longifolia</i> ) Girasol ( <i>Helianthus annus</i> ) Calabazín ( <i>Cucurbita mostacha</i> )	La lechuga romana y el girasol transportaron el Cd y el Zn en la parte más alta de la planta (Tallos y Hojas respectivamente), principalmente en la etapa final de crecimiento donde se las contracciones fueron más altas que en la raíz. La lechuga rizada y el calabacín reportaron concentraciones altas de Cd y Zn en la raíz, seguido de los tallos y hojas. En cuanto a la reducción de metales pesados (Cd y Zn) fue directamente a la generación de biomasa, por lo que la especie que más bajo las concentraciones del Cd fue el calabacín compitiendo con la lechuga y al final el girasol, donde el Cd en el suelo disminuyó hasta un 50 % la culminación del ensayo.	Beltrán (2001).
Pimiento ( <i>Capsicum annum</i> L.)	El pimiento es acumulador para Zn y tolerante para Pb en los tratamientos de suelos inoculadas con micorrizas y Metales pesados por lo que se considera como fitoextractora de Zn, Pb, Cd y Cu.	Castro (2013).

#### 4.3.5. Organización para la ejecución del plan.

La organización para la implementación del plan de biorremediación en la zona de estudio comprende la gestión entre el grupo de productores y la Universidad la cual es la responsable de transferir los beneficios de la fitorremediación; en este sentido se ha clasificado un conjunto de actividades a desarrollarse de manera coordinada entre estos dos actores y lograr la consecución de las metas planteadas. En la tabla 23 se puede observar el nivel de coordinación entre los actores del plan.

**Tabla 28***Organización de actores para el plan de fitorremediación.*

<b>Actividad</b>	<b>Detalles</b>	<b>Personas involucradas</b>
<b>Capacitar a los agricultores</b>	Dar a conocer los resultados de los análisis de suelos y los efectos negativos que tiene la presencia de estos metales en el suelo. Socializar el proceso de biorremediación de suelos y la importancia de su uso. Capacitar sobre la importancia de la conservación de suelos.	Los agricultores de la parroquia de Ambuquí. Docentes de la Universidad. Estudiantes
<b>Siembras asociadas</b>	En los cultivos perennes como son mango, aguacate que se cultivan principalmente en la parroquia de Ambuquí se propone realizar siembras asociada utilizando especies como lechuga, zanahoria, alfalfa	Los agricultores de la parroquia de Ambuquí. Docente de la Universidad. Estudiantes
<b>Rotación de cultivos</b>	En cultivos transitorios como fréjol, pimiento, tomate que se cultiva con más frecuencia en Ambuquí se propone incorporar materia orgánica a los lotes y proceder con la rotación de cultivos utilizando especies como el maíz luego de una siembra de maíz.	Los agricultores de la parroquia de Ambuquí. Docentes de la Universidad. Estudiantes

**Tabla 29***Presupuesto*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
<b>Costos directos</b>				
Capacitador	1	Unidad	20 \$/hora x 16 horas	320
<b>Materiales de campo</b>				
Semilla certificada de maíz	50	kg	6.00	300
Plántulas de pimiento	3000	Unidad	0.10	300
<b>Equipos y Materiales de oficina</b>				
Salón equipado	40	Unidad	40\$/día x 3 días	120
Memorias impresas de la capacitación	70	Unidad	1.50	105
Certificados	70	Unidad	1.00	70.00
<b>Movilización</b>	10	Unidad	5	50
<b>Refrigerios</b>	250	Unidad	1.00	250
<b>Subtotal</b>				<b>1445</b>
<b>Imprevistos 10%</b>				144.5
<b>Costo total</b>				<b>1,589.5</b>

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- A través de las encuestas semiestructuradas que se realizó a los agricultores de la parroquia de Ambuquí y la observación en campo, se determinó que el 63% de los agricultores utilizan fertilizantes químicos, al igual que, el 84% realizan controles fitosanitarios con pesticidas como una rápida y eficaz alternativa al momento de proteger sus cultivos, frente a un 3 % que apuesta por la agricultura orgánica.
- Al comparar los estratos transitorio y no agrícola, se determinó que el uso excesivo de agroquímicos en el manejo fitosanitario de los lotes de ciclo corto, si altera las concentraciones en cuanto a metales pesados, puesto que los valores de concentración para los elementos Zn, Cu y Ni fueron superiores (45.16%, 37.34% y 16.98% respectivamente), con relación al Suelo no agrícola.
- Los valores correspondientes a los metales pesados en los diferentes estratos no superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) según el Tratado Único de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA 2003). Sin embargo, la concentración del Cu 27.66 mg/kg del estrato transitorio, supera los límites de un suelo de calidad (25 mg/kg) respectivamente según la norma de referencia del Ecuador, esto significa que si se continua con el mismo sistema de producción intensiva este valor ascenderá aún más.
- Se concluyó que la concentración de metales pesados incide negativamente en la presencia de los microorganismos, puesto que al comparar el CT3 que presento concentraciones altas de metales (Zn, Cu y Ni) con el lote CT1 en el que las concentraciones de metales eran bajas, este último fue superior en un 70% en cuanto a hongos y en 34.64% a bacterias.
- Se concluye que es necesaria la implementación de un programa de recuperación de suelos para lo cual se propone las estrategias de la fitorremediación y como mejor opción para los sistemas productivos de la parroquia de Ambuquí, es adoptar la asociación y la rotación de especies hiperacumuladoras de metaloides que tienen la propiedad de translocar y volatilizar estos elementos.



## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda poner en marcha el plan de manejo de recuperación de suelos propuesto en este estudio conjuntamente con los agricultores de la parroquia de Ambuquí, para aquellos lotes que presentaron un mayor contenido de metales pesados, con la finalidad de reducir las concentraciones de metales pesados y mejorar la calidad de sus predios evitando el uso excesivo de agroquímicos que continúen alterando la concentración de metaloides.
- Es importante impulsar nuevos proyectos de investigación de caracterización físico-químicas de suelos, en aquellos lotes que presenten una agricultura intensiva en provincia de Imbabura y en Ecuador, en vista de que la agricultura es parte fundamental de la economía del país y no hay información científica en cantidad y calidad suficiente para conocer el impacto de los agroquímicos en cuanto a la calidad del suelo.
- Difundir alternativas eficientes en el control de plagas y enfermedades mediante productos amigables con el medio ambiente y técnicas que permitan al agricultor mantener en buen estado fitosanitario sus cultivos, y de esta forma reducir el uso excesivo de plaguicidas, puesto que el uso de estos si altera las concentraciones de metales pesados en el suelo.
- Se recomienda realizar estudios de presencia de metales pesados a nivel de alimentos con el fin de comprobar si ciertos metales presentes en loa suelos agrícolas se encuentran igualmente en los alimentos y comparar sus resultados con los valores de referencia del TULSMA.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández Guijarro, K., y Pérez, D. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Acosta, M. (2007). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas (tesis de postgrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México.
- Arévalo, G., Meyier, E., Obando, Cerpa., Zúñiga, C., Arévalo, C., Baligar, V., y Zhenli, H. (2013). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>.
- Alcalá, J., Beltrán, A., Ávila, C., y Hernández, A. (2012). Metales pesados como indicador de impacto de un sistema ecológico fragmentado por uso de suelo San Luis Potosí. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo-México.
- Alloway, B. (2012). Heavy Metals in Soil. Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Environmental Pollution, Vol. 22.
- Arregui, M., y Puricelli, E. (2008). Mecanismos de acción de plaguicidas. Dow Agosciences. S.A. Buenos Aires- República Argentina.
- Anwar, S., Liaquat, F., Khan, Q., Khalid, M., y Iqbal, S. (2009). Biodegradation of chlorpyrifos and its hydrolysis product 3,5,6-trichloro-2-pyridinol by *Bacillus pumilus* strain C2A1. J Hazard Mater. 168(1):400-405.
- Asela, R., Suarez, S., y Palacio, E. (2014). Efecto de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Revista Cubana Higiene Epidemiológica vol. 52. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid>.
- Balbotin, C., Odi, M., Poblete, R., Garrido, J., y Calera, A. (2016). Uso de herramientas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el manejo del riego en los cultivos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Boletín N° 335.

- Beltrán, M., Rocha, Z., Figueroa, A., y Pita, L. (2017). Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el Municipio de Villa de Leyva, Boyacá. Publicación de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales - Proyecto Curricular de Ingeniería Foresta. Disponible de <http://www.scielo.org.co>
- Beltrán, M. (2001). Fitoextracción en suelos contaminados con Cadmio y Zinc usando especies vegetales comestibles. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Básicas e Ingenierías. México, D.F.
- Bonomelli, C., Bonilla, C., y Valenzuela, A. (2003). Efectos de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile.
- Bonilla, S., y Coyago, E. (2013). Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. DOI:10.17163/lgr. n23.2016.04.
- Benintende, S., y Sanchez, C. (2009) Microorganismos del suelo. Microbiología agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos.
- Bolaños, M., (2012). Estudio de factibilidad para la creación de un centro de acopio para la comercialización de productos agrícolas en la comunidad el Juncal, parroquia Ambuquí.
- Bautista, F. (2014). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Departamento de manejo y conservación de recursos naturales. Universidad Autónoma de Yucatán- México.
- Bense, T., (2007). Tutorial - Introducción a la Percepción Remota. Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ámbito del Mercosur y Primeras Uruguayas, noviembre 2007.
- Castrillo, S. (2008). Clasificación Taxonómica de los suelos del Este Santeño según el Soil Taxonomy y su adecuación a un Sistema de Información Geográfica (SIG). (Tesis de grado) Universidad Nacional de Salta.

- Campaña, JC., y Morales (2020). Caracterización fisicoquímica de un suelo agrícola del cantón Quero, influenciado por las cenizas del volcán Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato.
- Castro, J. (2013). *Capsicum annuum L* como fitorremediador de suelos contaminados por metales pesados. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cordero, K. (2015). Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca Furatena alta en el Municipio de Útica (Cundinamarca). Universidad Libre, Facultad de Ingeniería Ambiental. Colombia- Bogotá
- Correa, O. (2012). Los microorganismos del suelo y su rol indiscutido en la nutrición vegetal.
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro J., Peñarrieta, S., Solis, L., y Geraud, F. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. Artículo de investigación científica y tecnológica. DOI: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1276](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276)
- Cheng, M., Zeng, G., Huang, D., Lai, C., Xu, P., Zhang, C., y Liu, Y. (2016). Hydroxyl radicals based advanced oxidation processes (AOPs) for remediation of soils contaminated with organic compounds.
- Chicón, (2006). Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos dirigidos como mejoramiento de suelos. Trabajo de investigación de Programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Málaga.
- Ciancaglini, N., (2009). Guía para la determinación de la textura de suelos por método organoléptico. INTA Estación Experimental Agropecuaria San Juan.

- Duarte, G., Emanuelli, P., Milla, F., Orellana, O., y López, S. (2015). Mapa de cobertura forestal y uso de la tierra. Metodología y resultados preliminares. República del Salvador.
- Enríquez, P. (2001). Evaluación del riesgo ambiental a la liberación de plaguicidas. Santiago- Chile: Servicio Agrícola y Ganadero, Centro de tesis, documento y publicaciones.
- Espinosa., J y Molina, E. (2001). El pH del suelo, acidez y encalado de los suelos. Interanational Plant Nutrition Institute (IPNI). Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica.
- FAO, (2002). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes. Roma- Italia.
- FAO, (2007). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación Uso de los agroquímicos y su tasa de crecimiento.
- FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma Italia: Organización Mundial de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/tempre/>
- FAO, (2015). Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados.
- Furini, A. (2012). Plants and heavy metals. Springer briefs in molecular science biometals. Department of Biotechnology. Verona-Italy.
- Gavrilescu, M., 2005. Fate of pesticides in the environment. Disponible en <https://doi.org/10.1002/elsc.200520098>

- García, C. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos, una nueva manera de evaluar este recurso.
- García, C., Moreno, J., Hernández, T., y Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. Ciencia y medio ambiente- CCVA-CSIC.
- García, I. y Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por Metales Pesados. En Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. <http://edafologia.ugr.es>.
- Galán, E., y Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesado. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla. Revista de la sociedad española de mineralogía. Disponible en <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Carga-Determinacion-cadmio.pdf>
- Gavlak, G., Horneck, A., Miller R., Kotuby-Amacher J. 2003. Soil pH and Electrical Conductivity. En: Soil, Plant and Water Reference Methods for the Western Region. 2nd ed. Colorado: Colorado State University. (WCC-103 Publication). pp. 37-47
- Gerhardt, K., Huang, X., Glick, R., Greenberg, M. (2009). Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. Plant Sci.176, 20–30. Departamento de Biología, Universidad de Waterloo, Waterloo, Ontario N2L 3G1, Canadá. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.09.014>
- Gonzales, M. (2005). Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Disponible en [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf).
- Guerrero, R. (2015). Propiedades Generales de los Fertilizantes Sólidos. Manual Técnico. Disponible en <http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>.

- González, M. (2005). Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Revista Terra Latinoamericana, vol. 23, núm. México.
- Higuera, M. (2002). Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Investigación Aplicada. Villavicencio, Colombia. Desarrollo ORIOUS BIOTECH Disponible en [https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los\\_microorganismos\\_del\\_suelo\\_en\\_la\\_nutricion\\_vegetal](https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutricion_vegetal).
- Huang., S. y Jin, J. (2008). Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. *Environ Monit Assess* 139, 317 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9838-4>
- Intawongse, M., y Dean., R. (2006). Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract. *Food Additives and Contaminants*, 23(1), 36–48. doi:10.1080/02652030500387554
- Isaura, J. (2011). Capacidad de amortiguación de la contaminación por Plomo y Cadmio en suelos de la comunidad de Madrid. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia. Departamento de Edafología. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/12511/1/T32805.pdf>
- INEC, (2014). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2014. Uso y Manejo de Agroquímicos en la agricultura.
- INEC, (2016). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2016. Información Ambiental en la Agricultura 2016.
- INTA, (2008). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: plaguicidas químicos, clasificación, toxicología, residuos y métodos de aplicación.

- Izquierdo, J. (2017). Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos de la parroquia de San Joaquín. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Kimbrough, D. y Wakakuwa, J. (1989). Digestión ácida de sedimentos, lodos, suelos y desechos sólidos. Una alternativa propuesta al método 3050 del SW 846 de la EPA. *Ciencia y tecnología ambientales*, 23 (7), 898-900.
- Killian M., Steiner U., Krebs B., Junge H., Schmiedeknecht., G. y Hain, R. (2001). FZB24 *Bacillus subtilis* Mode of Action of a Microbial Agent Enhancing Plant Vitality. *Pflanzenschutz - Nachrichten Bayer*. 1: 72-93
- Linares, R. M. (2007). Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la laguna de Chantuto (Chiapas, México) y de la bahía de Santander (Cantabria, España). Santander: Universidad de Cantabria, España.
- López, L., Carcaño, M., Tapia, A., Jiménez, T., y Gutiérrez, A. (2015). Importancia de la diversidad microbiana en el suelo.
- Mahecha, J., Trujillo, J., y Torres, M. (2015). Contaminación por metales pesados en la región del Ariari, Departamento de Meta. Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías. Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana. Universidad de los Llanos. Disponible en <https://doi.org/10.22579/20112629.345>
- Martin, (2000). Heavy Metals Trends in Floodplain Sediments and Valley Fill. *Catena* 39, 53-68.
- McGrath, S. P., Zhao, J., y Lombi, E. (2002). Phytoremediation of metals, metalloids, and radionuclides. *Advances in Agronomy*, 1–56. doi:10.1016/s0065-2113(02)75002-5
- Memon, A., y Schröder, P. (2009). Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation. *Environ Sci Pollut Res* (2009) 16:162–175 disponible en <https://doi.org/10.1007/s11356-008-0079-z>.



- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - Subsecretaría de Riego y Drenaje. (2011). Plan Nacional de Riego y Drenaje 2011 - 2026. Quito - Ecuador: MAGAP.
- Mirsal, I. A. (2004). Soil Pollution, Origin, Monitoring y Remediation. Dillenburg, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Mejía, C. (2011). Metales pesados en suelos y plantas: Contaminación y fitotoxicidad. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de bromatología y nutrición. Huancho- Perú.
- Micó, C., Recatalá, L., Peris M., y Sánchez, J. (2006). Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. *Chemosphere*. Doi. 2006;65(5):863-872.
- Mojiri, A. (2011). The Potential of Corn (*Zea mays*) for Phytoremediation of Soil Contaminated with Cadmium and Lead. Article in *Journal of Biological and Environmental Sciences*
- Morales, A. (2014). SAS Planet: descarga imágenes de Google, Bing, etc MappingGIS. Recuperado de <https://mappinggis.com/2014/09/como-descargar-imagenes-de-google-bing-etc/>.
- Muñiz, O., Rodríguez, M., Montero, A., Miranda, B., De Aguiar, A., y Araujo, C. (2014). Criterios de calidad de los suelos cubanos en relación a metales pesados. Evento Latinoamericano de suelos, Universidad La Molina, Perú.
- Nziguheba, G., & Smolders, E. (2008). Inputs of trace elements in agricultural soils via phosphate fertilizers in European countries. *Sci. Total, Environ.*, 390, 53–57.
- Núñez L., Meas Y., Ortega B., y Olgún, J. (2004). Fitorremediación fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*. 69-82. Disponible en <https://www.revistaciencia.amc.edu>.
- Planet-Home, (2016). Planet Imagery Product specification Planetscope & RapidEye. Recuperado de <https://www.planet.com/products/>.

- Paranjape, K., Gowariker, V., Krishnamurthy, V., & Gowariker, S. (2014). *The Pesticide Encyclopedia*. Cabi, Oxfordshire
- Prieto, J., Gonzales, C., y Román, A. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y aguas. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*, vol.10. Universidad Autónoma de Yucatán- México.
- Pacasa, F., Loza, M., Bonifacio, A., Vino, L., y Serrano, C. (2017). Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K'iphak'iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha. Universidad Católica Boliviana San Pablo - UCBSP, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa.
- PDOT, (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Ambuquí 2015-2019. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Ambuquí.
- Pita, S. (2001). Determinación del tamaño muestral. Universidad de Coruña. Recuperado de <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>.
- Pinto, E., Sigaud-Kutner, S., Leitão, M., Okamoto, K., Morse, D., y Colepicolo, P. (2003). Heavy metal–induced oxidative stress in algae.
- Panigatti, J., Marelli, H., y Buschiazzo, D. (2001). *Siembra Directa II*. INTA. Buenos Aires. Argentina. 377 pp.
- Roqueme J., Pinedo J., Marrugo J., y Aparicio, A. (2014). Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del río Sinú, departamento de Córdoba. (Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental, 2014). Universidad de Córdoba, Montería. Colombia.
- RapidEye (2013). Imágenes satelitales de alta Resolución. Geosystems Mapping. Disponible en <https://www.planet.com/products/Imagery/Products/Specification/RapidEye>.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. La FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>.

- Rucks, L., García, F., Ponce de León, J., y Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del suelo*. Facultad de Agronomía Universidad de la Republica. Dpto. Suelos y Aguas. Montevideo- Uruguay.
- Sánchez, J., Leal, L., Márquez, L., y Fernández, S. (2007). *Los hongos fundamentales en la productividad del suelo*.
- Sainz, H., Echeverría, H., y Angelini, H. (2011). *Niveles de Materia Orgánica y pH en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extrapampeana de Argentina*. Disponible en [pni.net/publication/ia-lacs.nsf](http://pni.net/publication/ia-lacs.nsf).
- Singh, J., y Lee, B (2016). "Influence of nano-TiO<sub>2</sub> particles on the bioaccumulation of Cd in soybean plants (*Glycine max*): A possible mechanism for the removal of Cd from the contaminated soil." *Journal of Environmental Management* 170:88–96. Doi. 10.1016/j.jenvman.2016.01.015.
- Silva, S., y Correa, F. (2009). *Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la Normativa y posibilidades de regulación económica*. Universidad de Medellín.
- Tello J. C, Varés F., Lacasa A., (1991). *Análisis de muestras*, 39-48. In: *Manual de laboratorio. Diagnóstico de hongos, bacterias y nematodos fitopatógenos*. MAPA, Madrid, 485 pp.
- TULSMA (2003). *Tratado Único de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*. Anexo 2 del Libro VI. Normas de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.
- Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnelajova, E., Van der Lelie, D., y Mench, M., (2009). *Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field*. *Environ. Sci. Pollut. R.* 16, 765-794.
- Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B., Guerrero, J. M., y Arias, B. (2008). *Diagnóstico de la "mosca blanca" en Ecuador*. *La Granja (Ecuador)*, 7(1), 13-20.

- Valverde, F., Rivadeneira, J., Parra, R., Cartajena, Y., y Alvarado, S. (2015). Efectos de la aplicación de abonos organicos en la productividad de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Iniap-Fripapa, en Cotopaxi Tungurahua. IIX Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Villacrés., F. (2014). Uso de Plaguicidas Químicos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), relación con el medio ambiente y la salud. Universidad Técnica de Ambato.
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. ISRN Ecology, 20. <http://doi.org/10.5402/2011/402647>
- Yacomelo, M. (2014). Riesgo toxicológico en personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del Atlántico, Colombia. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Zaidi, A., Wani, P., y Khan, M. (2012). Toxicity of Heavy Metals to Legumes and Bioremediation. Bioremediation: A Natural Method for the Management of Polluted Environment Springer Wien New York. DOI 10.1007/978-3-7091-0730-0

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta para caracterización del uso de pesticidas

#### ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR PESTICIDAS EN SUELOS AGRÍCOLAS DONDE PREDOMINAN CULTIVOS TRANSITORIOS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA.

**Objetivo:** Determinar la relación existente entre la producción agrícola y el uso de pesticidas y fertilizantes

1. Datos informativos				
Nombre:		Edad:		
2. Datos socio-económicos				
¿Pertenece alguna organización social?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
¿Cuál?				
¿Ha recibido algún incentivo o ayuda?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
	Kits agroquímicos <input type="checkbox"/>	Semillas <input type="checkbox"/>	Bomba de mochila <input type="checkbox"/>	
	Herramientas manuales <input type="checkbox"/>	Otros		
Propiedad de tierra (finca)	Propia <input type="checkbox"/>	Arrendada <input type="checkbox"/>	Prestada <input type="checkbox"/>	
	Familiar <input type="checkbox"/>	Comunal <input type="checkbox"/>		
Maquinaria y equipo				
Tractor <input type="checkbox"/>	Bomba mochila <input type="checkbox"/>	Moto guadaña <input type="checkbox"/>	Motocultor <input type="checkbox"/>	Bomba a motor <input type="checkbox"/>
Equipo	Transformador <input type="checkbox"/>	Bomba de agua <input type="checkbox"/>	Invernadero <input type="checkbox"/>	Otro
3. Datos productivos				
Extensión productiva	- a 500 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	501 – 1000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	1001 – 5000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	5001 – 10000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>
	10001 – 20000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	20001 – 50000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	500001 – 100000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	+ 100000 m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>
Cultivos que ha venido produciendo en los últimos 8 años	1	2	3	4
	5	6	7	8
Tipo de semilla	Certificada <input type="checkbox"/>	Reciclada <input type="checkbox"/>	Seleccionada <input type="checkbox"/>	
¿Qué tiempo lleva cultivando sus predios?	Menos a 2 años	De 3 - 6 años	De 7 - 10 años	Mayor a 11 años
Época de siembra	1	2	3	4
	5	6	7	8
Época de cosecha	1	2	3	4
	5	6	7	8
4. Riego				

Dispone de agua de riego		Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Revestimiento del canal	Cemento <input type="checkbox"/>	Tierra <input type="checkbox"/>		
Cobertura de riego	Toda la finca <input type="checkbox"/>	Parte de la finca <input type="checkbox"/>	_____ %	
Almacenamiento	Reservorio	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Revestimiento	Cemento <input type="checkbox"/>	Geomembrana <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Sin revestimiento <input type="checkbox"/>
Tecnificación	Inundación <input type="checkbox"/>	Aspersión <input type="checkbox"/>	Goteo <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %

### 5. Fertilización

Análisis de suelo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
Abono que utiliza	Abono orgánico <input type="checkbox"/>	Fertilizante <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
¿Mezcla el abono orgánico con el químico?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
¿Qué Tipo de abono utiliza?	Abono de ave <input type="checkbox"/>	Abono de ganado <input type="checkbox"/>	Abono de cerdo <input type="checkbox"/>	Abono de cuy <input type="checkbox"/>
	Abono de borrego <input type="checkbox"/>	Abono de chivos <input type="checkbox"/>	Otro	
Cantidades	1	2	3	4
	5	6	7	8
Realiza procesos para abonos orgánicos	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	¿Cuál?	
Compostaje <input type="checkbox"/>	Humus <input type="checkbox"/>	Biol <input type="checkbox"/>	Otro	
Frecuencia de incorporación materia orgánica	Anual <input type="checkbox"/>	Semestral <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Frecuencia de incorporación fertilizante químico	Anual <input type="checkbox"/>	Semestral <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Fertilización química que productos utiliza	1	2	3	4
	5	6	7	8
Fertilización foliar	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
Realiza fertilización foliar	Desarrollo (D)		Floración (F)	Cuajado (C)
Que productos utiliza	1	2	3	4
	5	6	7	8

### 6. Sanidad Vegetal

<b>Enfermedades</b>				
Principales enfermedades	1	2	3	4
	5	6	7	8
Método de control	Químico (Q)	Orgánico (O)	Mixto (M)	Otro
	1	2	3	4
	5	6	7	8
Frecuencia de aplicación	1	2	3	4
Con cuantas fumigadas	5	6	7	8
Dosis	1	2	3	4
	5	6	7	8

<b>Plagas</b>				
<b>Principales problemas</b>	1	2	3	4
	5	6	7	8
<b>Método de control</b>	Netamente químico (Q)	Orgánico (O)	Mixto (M)	Otro
	1	2	3	4
	5	6	7	8
<b>Frecuencia de aplicación</b>	1	2	3	4
<b>Con cuantas fumigadas</b>	5	6	7	8
<b>Dosis</b>	1	2	3	4
	5	6	7	8
<b>Eficacia</b>	Completamente eficaces (CE) <input type="checkbox"/>	Parcialmente eficaces (PE) <input type="checkbox"/>	Muy poco eficaces (MP) <input type="checkbox"/>	Nada eficaces (NE) <input type="checkbox"/>
<b>Criterios de mezclas</b>	Regularización del pH <input type="checkbox"/>	Adiciones coadyuvantes <input type="checkbox"/>	Adición fijadores <input type="checkbox"/>	
<b>Protección al aplicar</b>	Traje completo <input type="checkbox"/>	Mascarilla y guantes <input type="checkbox"/>	Mascarilla <input type="checkbox"/>	Sin protección <input type="checkbox"/>
<b>Quien aplica</b>	Usted <input type="checkbox"/>	Hijos <input type="checkbox"/>	Jornalero <input type="checkbox"/>	
<b>Control de malezas</b>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
<b>Que productos utiliza</b>	1	2	3	4
	5	6	7	8

### 7. Rendimiento

<b>Cosecha (cantidades)</b>	1	2	3	4
	5	6	7	8
¿La producción ha disminuido en los últimos 8 años?			Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

### 8. Datos comercialización

<b>Valor agregado</b>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
<b>Canales de comercialización</b>		Mayorista <input type="checkbox"/>	Venta directa <input type="checkbox"/>	

## Anexo 2. Resultados de los análisis metales pesados



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50371  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER		
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	BOSQUE, MUESTRA #1, MB1, EL LAVANDERO		
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	1 Kg
OBDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
* CINC TOTAL	mg/Kg	37	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	-
* COBRE	mg/Kg	22	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	-
* NIQUEL	mg/Kg	21	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	-
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 1C 04-002"

"Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL

RAM-4.1.04



1111

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50372  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER			
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA			
MUESTRA DE:	SUELO			
DESCRIPCIÓN:	BOSQUE, MUESTRA #2, MB2, EL RAMAL			
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46	
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020			
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020			
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA				
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ CLARO	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO: 1 Kg
OBSEVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.			

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
* CINCO TOTAL	mg/Kg	28	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	-
COBRE	mg/Kg	15	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	14,15
NIQUEL	mg/Kg	13	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	9,00
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-



Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



2/1/1

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50373  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER		
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	BOSQUE, MUESTRA #3, MB3, SAN ALFONSO		
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ CLARO	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	1 Kg
OBSEVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
CINCO TOTAL	mg/Kg	20	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	12,24
COBRE	mg/Kg	15	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	14,15
NIQUEL	mg/Kg	11	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	9,00
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



3/1/1

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50374  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER			
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA			
MUESTRA DE:	SUELO			
DESCRIPCIÓN:	CULTIVO PERENNE, MUESTRA #1, MP1, EL LAVANDERO			
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46	
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020			
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020			
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA				
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO: 1 Kg
OBDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.			

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
CINC TOTAL	mg/Kg	25	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	12,24
* COBRE	mg/Kg	20	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	-
NIQUEL	mg/Kg	12	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	9,00
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-



Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPEDA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

RAM-4.1.04



4111

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50375  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER			
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA			
MUESTRA DE:	SUELO			
DESCRIPCIÓN:	CULTIVO PERENNE, MUESTRA #2, MP2, SAN CLEMENTE			
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46	
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020			
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020			
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA				
CARACTERÍSTICA:	GRIS	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO: 1 Kg
OBDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.			

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
* CINC TOTAL	mg/Kg	52	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	-
* COBRE	mg/Kg	33	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	-
* NIQUEL	mg/Kg	24	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	-
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 1C 04-002"

"Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



  
B.F. ALICIA CEPÁ  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



5111

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50376  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER				
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA				
MUESTRA DE:	SUELO				
DESCRIPCIÓN:	CULTIVO PERENNE, MUESTRA #3, MP3, EL INGENIO AZUCARERO				
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020				
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO:	1 Kg
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
CINCO TOTAL	mg/Kg	18	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	12,24
COBRE	mg/Kg	14	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	15,33
NIQUEL	mg/Kg	8	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	9,00
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-



Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



6 / 11

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50377  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER			
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA			
MUESTRA DE:	SUELO			
DESCRIPCIÓN:	CULTIVO TRANSITORIO, MUESTRA #1, MT1, AMBUQUI			
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46	
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020			
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020			
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA				
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO: 1 Kg
OBDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.			

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
* CINCO TOTAL	mg/Kg	28	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	-
* COBRE	mg/Kg	24	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	-
NIQUEL	mg/Kg	18	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	9,00
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-



Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL



7111

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50378  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER			
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA			
MUESTRA DE:	SUELO			
DESCRIPCIÓN:	CULTIVO TRANSITORIO, MUESTRA #2, MT2, SAN CLEMENTE			
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46	
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020			
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020			
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA				
CARACTERÍSTICA:	GRIS	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO: 1 Kg
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.			

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
* CINCO TOTAL	mg/Kg	51	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	-
* COBRE	mg/Kg	30	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	-
* NIQUEL	mg/Kg	21	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	-
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 1C 04-002"

"Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE ÁREA DE AMBIENTAL

8111

RAM-4.1.04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 50379  
ORDEN DE TRABAJO No. 62929

SOLICITADO POR:	POZO ESTER		
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	CULTIVO TRANSITORIO, MUESTRA #3, MT3, EL RAMAL		
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/12/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	12H46
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/12/2019 AL 14/01/2020		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	15/1/2020		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CAFÉ	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	1 Kg
OBSDERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
CADMIO	mg/Kg	<2	MAM-41 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-04	-
* CINC TOTAL	mg/Kg	76	MAM-85 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-36	-
* COBRE	mg/Kg	29	MAM-86 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-09	-
NIQUEL	mg/Kg	14	MAM-63 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-21	9,00
PLOMO	mg/Kg	<9	MAM-64 / EPA 3050 A MODIFICADO Y MAM-25	-



Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con ( \* ) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"



B.F. ALICIA CEPA  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



9 / 11

RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33  
Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec



### Anexo 3. Resultados de los análisis del recuento de hongos y bacterias

	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Teléf.: (02) 382-8860 ext: 2060	PGT/FP/09-FO01  Rev. 6
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	

Informe N°: LN-FP-E20- 0002

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura	<b>Coordenadas:</b>	<b>X:</b> No informa
<b>Cantón:</b>	Ibarra		<b>Y:</b> No informa
<b>Parroquia:</b>	Ambuquí		<b>Altitud:</b> No informa
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1513	MT1	Suelo	PEE/FP/09	3,7 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1513	MT1	Suelo	PEE/FP/09	2,6 x 10 <sup>2</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



04 JAN 2020

  
 Ing. Hernando Regalado Garcia.  
**Responsable Técnico**  
 Laboratorio de Fitopatología

  
 AGROCALIDAD  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
 LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA  
 TUMBACO - ECUADOR



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
 \*Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Teléf.: (02) 382-8860 ext: 2060	PGT/FP/09-FO01
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	Rev. 6

Informe N°: LN-FP-E20- 0003

Fecha emisión informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura		
<b>Cantón:</b>	Ibarra	<b>Coordenadas:</b>	X: No informa Y: No informa Altitud: No informa
<b>Parroquia:</b>	Ambuquí		
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1514	MT2	Suelo	PEE/FP/09	3,2 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1514	MT2	Suelo	PEE/FP/09	2,2 x 10 <sup>3</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.  
**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
 Ing. Hernando Regalado García.  
**Responsable Técnico**  
**Laboratorio de Fitopatología**  

**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
**LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA**  
 TUMBACO - ECUADOR



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
 \*Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Telef.: (02) 382-8860 ext: 2060	<b>PGT/FP/09-F001</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 6</b> <b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-FP-E20- 0004

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante¹:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección¹:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono¹:** 099166585  
**Provincia¹:** Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo electrónico¹:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra¹:</b> Suelo	<b>Conservación de la muestra¹:</b> Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo¹:</b> No informa	<b>Variedad¹:</b> No informa
<b>Descripción de síntomas / daños¹:</b> No informa	
<b>País¹:</b> Ecuador	
<b>Provincia¹:</b> Imbabura	
<b>Cantón¹:</b> Ibarra	<b>Coordenadas¹:</b> X: No informa
<b>Parroquia¹:</b> Ambuquí	Y: No informa
	Altitud: No informa
<b>Responsable de toma de muestra¹:</b> No informa	
<b>Fecha de toma de muestra¹:</b> No informa	<b>Fecha de inicio del análisis :</b> 20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA¹	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1515	MT3	Suelo	PEE/FP/09	1,1 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA¹	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1515	MT3	Suelo	PEE/FP/09	1,7 x 10 <sup>6</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.

**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
**RECIBIDO**  
 TUMBACO - ECUADOR

  
 Ing. Hernando Regalado García.  
**Responsable Técnico**  
**Laboratorio de Fitopatología**


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
**LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA**  
 TUMBACO - ECUADOR

  
**AGROCALIDAD**  
 DGPA  
 06 ENE 2020

4 JAN 2020

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
 ¹Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> <small>Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG,  Tumbaco - Quito  Teléf.: (02) 382-8860 ext: 2060</small>	<b>PGT/FP/09-F001</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	

Informe N°: LN-FP-E20- 0005

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura	<b>Coordenadas:</b>	<b>X:</b> No informa
<b>Cantón:</b>	Ibarra		<b>Y:</b> No informa
<b>Parroquia:</b>	Ambuquí		<b>Altitud:</b> No informa
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1516	MP1	Suelo	PEE/FP/09	3.2 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1516	MP1	Suelo	PEE/FP/09	1 x 10 <sup>3</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
Ing. Hernando Regalado García.  
**Responsable Técnico**  
Laboratorio de Fitopatología



04 JAN 2020



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
'Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> <small>Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG,  Tumbaco - Quito  Teléf.: (02) 382-8860 ext: 2060</small>	<b>PGT/FP/09-F001</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 6</b> <b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-FP-E20- 0006

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura		
<b>Cantón:</b>	Ibarra		
<b>Parroquia:</b>	Ambuqui		
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1517	MP2	Suelo	PEE/FP/09	1.5 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1517	MP2	Suelo	PEE/FP/09	1.5 x 10 <sup>3</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
**Ing. Hernando Regalado Garcia.**  
**Responsable Técnico**  
**Laboratorio de Fitopatología**



10 6 ENE 2020

14 JAN 2020


**AGROCALIDAD**  
AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
**LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA**  
TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
'Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Telef.: (02) 382-8860 ext: 2060	<b>PGT/FP/09-F001</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 6</b>  <b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-FP-E20-0007

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado, Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura	<b>Coordenadas:</b>	X: No informa
<b>Cantón:</b>	Ibarra		Y: No informa
<b>Parroquia:</b>	Ambuquí		Altitud: No informa
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

**IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1518	MP3	Suelo	PEE/FP/09	1,8 x 10 <sup>6</sup> UFC/g

**IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1518	MP3	Suelo	PEE/FP/09	1,5 x 10 <sup>6</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
 Ing. Hérmendo Regalado García.  
**Responsable Técnico**  
**Laboratorio de Fitopatología**



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
<sup>1</sup>Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Telef.: (02) 382-8860 ext: 2060	PGT/FP/09-FO01
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	Rev. 6
		Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-FP-E20- 0008

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura	<b>Coordenadas:</b>	X: No informa
<b>Cantón:</b>	Ibarra		Y: No informa
<b>Parroquia:</b>	Ambuquí		Altitud: No informa
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1519	MB1	Suelo	PEE/FP/09	1,6 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1519	MB1	Suelo	PEE/FP/09	1,3 x 10 <sup>3</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.

**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.

**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
 Ing. Hernando Regalado García.  
**Responsable Técnico**  
 Laboratorio de Fitopatología



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio. Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Teléf.: (02) 382-8860 ext: 2060	PGT/FP/09-FO01  Rev. 6
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-FP-E20- 0009

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante¹:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección¹:** Barrio Las Orquídeas, San Antonio de Ibarra **Teléfono¹:** 099166585  
**Provincia¹:** Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo electrónico¹:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra¹:</b> Suelo	<b>Conservación de la muestra¹:</b> Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo¹:</b> No informa	<b>Variedad¹:</b> No informa
<b>Descripción de síntomas / daños¹:</b> No informa	
<b>País¹:</b> Ecuador	
<b>Provincia¹:</b> Imbabura	<b>Coordenadas¹:</b> X: No informa Y: No informa Altitud: No informa
<b>Cantón¹:</b> Ibarra	
<b>Parroquia¹:</b> Ambuquí	
<b>Responsable de toma de muestra¹:</b> No informa	
<b>Fecha de toma de muestra¹:</b> No informa	<b>Fecha de inicio del análisis :</b> 20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA¹	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1520	MB2	Suelo	PEE/FP/09	3,4 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA¹	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1520	MB2	Suelo	PEE/FP/09	1 x 10 <sup>5</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
 Ing. Hernando Regalado Garcia.  
**Responsable Técnico**  
 Laboratorio de Fitopatología



Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
 Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.



 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA</b> Via Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAG, Tumbaco - Quito Teléf.: (02) 382-8860 ext: 2060	PGT/FP/09-FO01
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	Rev. 6

Informe N°: LN-FP-E20- 0010

Fecha emisión Informe: 04/01/2020

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** POZO BENALCÁZAR ESTER LEONELA  
**Dirección:** Barrio Las Orquideas, San Antonio de Ibarra **Teléfono:** 099166585  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo electrónico:** ester\_pozo@live.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2019-0124  
**N° Factura / Documento:** 006-001-00000378

**DATOS DE LA MUESTRA:**

<b>Tipo de muestra:</b>	Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b>	Natural. Envase Apropriado. Etiquetado.
<b>Cultivo:</b>	No informa	<b>Variedad:</b>	No informa
<b>Descripción de síntomas / daños:</b>	No informa		
<b>País:</b>	Ecuador		
<b>Provincia:</b>	Imbabura		
<b>Cantón:</b>	Ibarra	<b>Coordenadas:</b>	X: No informa
<b>Parroquia:</b>	Ambuquí		Y: No informa
<b>Responsable de toma de muestra:</b>	No informa		Altitud: No informa
<b>Fecha de toma de muestra:</b>	No informa	<b>Fecha de inicio del análisis:</b>	20/12/2019
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b>	20/12/2019	<b>Fecha de finalización de análisis:</b>	04/01/2020

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1521	MB3	Suelo	PEE/FP/09	1,2 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP-19-1521	MB3	Suelo	PEE/FP/09	2,6 x 10 <sup>4</sup> UFC/g

**Analizado por:** Ing. Jairo Guevara.  
**Observaciones:** **Para identificación micológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo acidificado y recuento total de UFC.  
**Para identificación bacteriológica:** Muestra analizada mediante aislamiento en medio de cultivo y recuento total de UFC.  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

**Anexo Gráficos o Anexo Documentos:** Ninguno.



  
 Ing. Hernando Regalado García.  
**Responsable Técnico**  
 Laboratorio de Fitopatología



64 JAN 2020

  
**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO  
 LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA  
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.  
 \*Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información.