



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**PORTADA**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN SUELOS  
AGRÍCOLAS MEDIANTE ABONOS ORGÁNICOS EN CULTIVO DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.) EN SANTA MARTHA DE CUBA, CARCHI**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORAS**

**MOYA PATIÑO FERNANDA LIZBETH**

**FARINANGO ALOVACHI ANGELA ARACELY**

**DIRECTOR**

**ING MELISSA LAYANA**

**OCTUBRE 2020**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13

Ibarra-Ecuador

---

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

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ibarra, 05 de octubre del 2020

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE ABONOS ORGÁNICOS EN CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN SANTA MARTHA DE CUBA, CARCHI", de autoría de las señoritas: Moya Patiño Fernanda Lizbeth y Farinango Alovachi Ángela Aracely estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

Ing. Melissa Layana MSc

**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

MSc. Miguel Gómez

**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Dr. Jorge Luis Cué

**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TRITULACIÓN**

**FIRMA**

Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.  
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

---

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



# 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			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	040171394-6		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Moya Patiño Fernanda Lizbeth		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Imbabura- Otavalo		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:ferlizpag@gmail.com">ferlizpag@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0939561056

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100354976-1		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Farinango Alovachi Angela Aracely		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Colinas de Sur, Fernando Daquilema y 2 de agosto 5-48		
<b>EMAIL:</b>	afarinangoatn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0959837328

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Evaluación de propiedades físico-químicas en suelos agrícolas mediante abonos orgánicos en cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en Santa Martha de cuba, Carchi
<b>AUTOR (ES):</b>	Moya Patiño Fernanda Lizbeth Farinango Alovachi Ángela Aracely
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	06/10/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Melissa Layana MSc.

## 2. CONSTANCIAS

Las autoras manifiestan 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 la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de octubre de 2020

### LAS AUTORAS:



Moya Patiño Fernanda Lizbeth  
040171394-6



Farinango Alovachi Ángela Aracely  
100354976-1

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida y la guía en cada paso durante nuestra formación académica y profesional.

Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte, a la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, a cada docente que laboran en ella y que durante el desarrollo de nuestra formación nos ha brindado el conocimiento académico, el profesionalismo, la ética y moral para realizar un trabajo de excelencia en desarrollo de la sociedad.

A los señores agricultores de la parroquia Santa Martha de Cuba, en su representación por el Sr. Marcos Patiño, quien brindó el apoyo necesario para desarrollar esta investigación y por habernos transmitido sus conocimientos, la mano de obra para ejecutar y culminar exitosamente este trabajo investigativo.

A nuestra directora del proyecto, Ing. Melissa Layana, a nuestros asesores, Ing. Miguel Gómez y Dr. Jorge Luis Cué, quienes con sus conocimientos nos han guiado para la culminación exitosa del proyecto de investigación y de nuestra carrera.

A nuestra Ing. Gladys Yaguana e Ing. María Vizcaíno, quienes estuvieron con nosotras desde el inicio de la investigación, impartiendo sus conocimientos para poder puntualizar y desarrollar el proyecto de investigación.

*Fernanda y Ángela*

## DEDICATORIA

*A mis hijos Leonardo y Alejandro por ser mi motor de fuerza y lucha ante las adversidades de la vida, ya que con su amor incondicional y comprensión me han enseñado a no darme por vencida.*

*A mi madre Nelly, a mis hermanos Javier y Gabriela; por brindarme su amor, su confianza, su apoyo y por haber guiado mis pasos con sus consejos, con el fin de cumplir las metas deseadas ya como una mujer adulta.*

*A mi esposo Patricio; por su amor, apoyo y paciencia durante el transcurso del proyecto. A mis Abuelitos Marcos y María; y a mi tío Diego, por haberme dado palabras de aliento y apoyo total en mis actividades. Una lucha más vencida, esto es para ustedes. Les amo mucho.*

***Fernanda Lizbeth Moya Patiño***

*A Dios por cada oportunidad que me permitió un nuevo aprendizaje y experiencia. A mis padres por el apoyo moral y económico durante toda la trayectoria de mis estudios.*

*A mi esposo Kevin Esparza y mis hijos quienes con paciencia y amor me permitieron culminar mis estudios y a quienes quiero dejar el deseo de superación y formación profesional, demostrando que con esfuerzo y dedicación se logra el éxito.*

*A mi amiga y compañera Fernanda Moya, quien me brindó su confianza y me permitió ser parte de este proyecto investigativo.*

***Ángela Farinango***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte .....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	4
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. Pregunta directriz de la investigación .....	7
1.5. Hipótesis.....	7
CAPÍTULO II .....	9
REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1. Marco teórico referencial .....	9
2.1.1. Pérdida de fertilidad de suelos .....	9
2.1.2. Propiedades Físico-químicas del suelo .....	9
2.1.2.1. Textura .....	9
2.1.2.2. Densidad aparente .....	9
2.1.2.3. Importancia de la materia orgánica en el suelo.....	10
2.1.2.4. Índice óptimo de pH.....	10
2.1.2.5. Macronutrientes.....	11
2.1.2.6. Micronutrientes .....	11
2.1.3. Estrategias para la recuperación y manejo de suelos de ecosistemas agrícolas.....	11
2.1.3.1. Abono verde .....	11
2.1.3.2. Abono orgánico compostado.....	11
2.1.3.3. Humus de lombriz .....	12
2.1.3.4. Champiñonaza (Compostaje de champiñón) .....	13
2.1.4. Producción orgánica de papa .....	13
2.1.5. Importancia del cultivo orgánico de papa.....	13

2.2. Marco legal.....	15
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador .....	15
2.2.2. Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria .....	17
2.2.3. Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria .....	17
2.2.4. Ley Orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales.....	17
CAPÍTULO III.....	20
METODOLOGÍA .....	20
3.1. Descripción del área de estudio.....	20
3.1.1. Caracterización ecológica .....	21
3.1.1.1. Altitud .....	21
3.1.1.2. Clima.....	21
3.1.1.3. Precipitación.....	21
3.1.1.4. Suelo.....	21
3.1.2. Características socioeconómicas.....	22
3.1.2.1. Actividades económicas.....	22
3.1.2.2. Población.....	22
3.1.2.3. Educación.....	22
3.2. Métodos.....	23
3.2.1. Evaluación de los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación del abono verde .....	23
3.2.1.1. Caracterización del terreno .....	23
3.2.1.2. Textura y densidad aparente del suelo .....	24
3.2.1.3. Preparación manual del terreno.....	25
3.2.1.4. Delimitación de parcelas .....	25
3.2.1.6. Corte e incorporación de abonos verdes .....	26
3.2.1.7. Toma de muestras para análisis de laboratorio .....	27
3.2.1.8. Aplicación del abono orgánico.....	28
3.2.2. Medición de los cambios físico-químicos del suelo con la aplicación de abonos orgánicos en comparación con un fertilizante mineral en el cultivo de papa variedad chola .....	28
3.2.2.1. Toma de muestras de abonos orgánicos.....	28
3.2.2.2. Determinación de diseño experimental .....	28

3.2.2.3. Tratamientos y su distribución en el terreno .....	29
3.2.2.4. Determinación de cantidad y aplicación de los tratamientos .....	30
3.2.2.5. Cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación de abonos con en el cultivo de papa súper chola.....	34
3.2.2.6. Visión general de la cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo de papa .....	34
3.2.3. Evaluación del rendimiento de cosecha luego de la aplicación de abonos orgánicos en comparación con un fertilizante mineral .....	35
3.2.3.1. Siembra del cultivo de papa, variedad súper chola .....	35
3.2.3.2. Medidas de control de enfermedades y plagas (MIP) .....	36
3.2.3.3. Toma de muestras de suelo antes de la cosecha del cultivo de papa .....	37
3.2.3.4. Rendimiento de la cosecha.....	37
3.2.4. Elaboración de una propuesta para el buen manejo y conservación del suelo agrícola en la parroquia Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi .	38
3.3. Materiales y equipos .....	38
CAPÍTULO IV .....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. Evaluación de los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación del abono verde .....	39
4.1.1. Textura.....	39
4.1.2. Densidad aparente (DA) .....	40
4.1.3. Potencial hidrógeno (pH).....	41
4.1.4. Materia orgánica (MO) .....	42
4.1.5. Macronutrientes .....	44
4.1.6. Micronutrientes.....	51
4.2. Medición de los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación de abonos .....	57
4.2.1. Textura .....	57
4.2.2. Densidad aparente .....	58
4.2.3. Potencial hidrógeno (pH) .....	60
4.2.4. Materia orgánica.....	61

4.2.5. Macronutrientes.....	62
4.2.6. Micronutrientes .....	73
4.3. Resultados de la extracción de nutrientes .....	78
4.4. Elaboración de una propuesta para el buen manejo y conservación del suelo agrícola de la parroquia Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi.....	80
CAPÍTULO V .....	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1. Conclusiones .....	96
5.2. Recomendaciones.....	97
REFERENCIAS .....	98
ANEXOS.....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en Santa Martha de Cuba.....	20
Figura 2. Muestreo en zig - zag en área de estudio.....	24
Figura 3. Procedimiento para determinar la textura y densidad aparente del suelo a) Toma de 1 kg de muestra de suelo, b) determinar la textura y densidad aparente del suelo .....	24
Figura 4. Preparación manual del terreno .....	25
Figura 5. Delimitación de parcelas a) distribución; b) Aplicación .....	25
Figura 6. Siembra de <i>Vicia sativa</i> y <i>Avena sativa</i> .....	26
Figura 7. Abono verde a) Crecimiento 15 DDS; b) Crecimiento 30 DDS; b) Crecimiento 60 DDS .....	26
Figura 8. a) Corte e incorporación de abonos verdes; b) Descomposición de abonos verdes .....	27
Figura 9. Muestras de suelo por cada parcela delimitada .....	27
Figura 10. Distribución de tratamientos en el terreno.....	30
Figura 11. Aplicación de abonos orgánicos .....	32
Figura 12. Diagrama de cálculos de nutrientes .....	35
Figura 13. Distancias entre surcos en la siembra de papa.....	35
Figura 14. Control etiológico a) Instalación de trampas; b) Deshierbe; c) Aporque al cultivo.....	36
Figura 15. a) Solución de naranja y alcohol; b) Elaboración de la solución de naranja y alcohol.....	37
Figura 16. Textura del suelo.....	39
Figura 17. Cambios de densidad aparente en el suelo por abono verde .....	40
Figura 18. Cambios en el pH en el suelo por abono verde .....	41
Figura 19. Cambios de materia orgánica en el suelo por abono verde .....	43

Figura 20. Cambios de $\text{NH}_4^+$ en el suelo por abono verde.....	44
Figura 21. Cambios de fósforo en el suelo por abono verde.....	45
Figura 22. Cambios de potasio en el suelo por abono verde.....	47
Figura 23. Cambios de calcio en el suelo por abono verde.....	48
Figura 24. Cambios de magnesio en el suelo por abono verde .....	50
Figura 25. Cambios de azufre en el suelo por abono verde .....	51
Figura 26. Cambios de cobre en el suelo por abono verde .....	52
Figura 27. Cambios de hierro en el suelo por abono verde.....	53
Figura 28. Cambios de manganeso en el suelo por abono verde .....	54
Figura 29. Cambios de boro en el suelo por abono verde .....	55
Figura 30. Cambios de zinc en el suelo por abono verde.....	56
Figura 31. Textura inicial - Textura final con tratamientos (%) .....	57
Figura 32. Densidad aparente inicial con AV - densidad aparente final con tratamientos.....	59
Figura 33. Nivel de pH inicial con AV – nivel de pH final con tratamientos.....	60
Figura 34. Materia orgánica inicial con AV – materia orgánica final con tratamientos.....	62
Figura 35. Amonio inicial con AV – amonio final con tratamientos.....	63
Figura 36. Fósforo inicial con AV – fósforo final con tratamientos.....	66
Figura 37. Potasio inicial con AV – potasio final con tratamientos.....	68
Figura 38. Calcio inicial con AV -calcio final con tratamientos.....	69
Figura 39. Magnesio inicial con AV - magnesio final con tratamientos .....	71
Figura 40. Azufre inicial con AV - azufre final con tratamientos .....	72
Figura 41. Cobre inicial – cobre final con tratamientos.....	73
Figura 42. Hierro inicial con AV- hierro final con tratamientos.....	74
Figura 43. Manganeso inicial con AV- manganeso final con tratamientos .....	75

Figura 44. Boro inicial – boro final con tratamientos .....	76
Figura 45. Zinc inicial con AV - zinc final con tratamientos.....	77
Figura 46. Rendimiento total del cultivo de papa en (%) .....	79
Figura 47. Ejemplo del proceso de incorporación de los abonos verdes en cultivos en rotación.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de estudio .....	20
Tabla 2. Descripción de las pendientes y altitudes del terreno .....	23
Tabla 3. Contenido de nutrientes de los abonos orgánicos .....	28
Tabla 4. Tratamientos.....	29
Tabla 5. Cantidad de aplicación de abonos orgánicos .....	32
Tabla 6. Fuentes y dosis de fertilizantes químicos aplicados (kg/ha) .....	34
Tabla 7. Resultados de extracción de nutrientes .....	78
Tabla 8. Elementos de la matriz FODA del suelo agrícola de la parroquia Santa Martha de Cuba.....	82
Tabla 9. Propiedades físico-químicas del suelo por la incorporación del abono verde .....	85
Tabla 10. Propiedades físico-químicas del suelo en comparación con las condiciones iniciales .....	89

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta aval del GAD Provincial del Carchi .....	116
Anexo 2. Análisis inicial del suelo.....	117
Anexo 3. Análisis de MO inicial.....	118
Anexo 4. Textura inicial.....	119
Anexo 5. Densidad aparente inicial .....	120
Anexo 6. Análisis después de los abonos verdes .....	121
Anexo 7. MO después de los abonos verdes.....	122
Anexo 8. Textura después de los abonos verdes.....	123
Anexo 9. Densidad aparente después de los abonos verdes.....	127
Anexo 10. Análisis de abonos orgánicos .....	129
Anexo 11. Análisis de suelo antes de la cosecha .....	130
Anexo 12. Análisis de materia orgánica del suelo antes de la cosecha.....	131
Anexo 13. Textura antes de la cosecha .....	132
Anexo 14. Densidad aparente antes de la cosecha.....	140
Anexo 15. Cálculos de extracción de $\text{NH}_4^+$ , P y K. ....	141
Anexo 16. Tabla resumen del aporte nutricional por tratamiento.....	145

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**  
**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN SUELOS**  
**AGRÍCOLAS MEDIANTE ABONOS ORGÁNICOS EN CULTIVO DE**  
**PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN SANTA MARTHA DE CUBA, CARCHI**

Anteproyecto del trabajo de titulación

Nombre del estudiante: Fernanda Moya

Ángela Farinango

**RESUMEN**

En la parroquia Santa Martha de Cuba, sus habitantes se dedican a la agricultura convencional, mediante la utilización de insumos agrícolas de origen mineral, principalmente en la producción de papa. Como consecuencia disminuye su fertilidad y productividad. Es necesario un adecuado manejo y conservación de suelos, una de las prácticas agroecológicas es mediante el uso de abonos orgánicos: compost (T1), humus de lombriz (T2) y champiñonaza (T3); los cuales mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas e incrementando la productividad del cultivo. En la presente investigación se evaluaron los cambios físico-químicos del suelo agrícola con la siembra de abono verde (*Vicia sativa* y *Avena sativa*); el efecto de los abonos orgánicos y un fertilizante mineral con relación a nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, pH y densidad aparente en el suelo y su efecto con relación al rendimiento del cultivo de papa de variedad súper chola. Se aplicó el Diseño Cuadrado Latino en 16 unidades experimentales, donde se demostró que la siembra de abonos verdes, ayudan a la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. En relación a los efectos de los abonos orgánicos y fertilizante mineral en las propiedades físico-químicas del suelo y en el rendimiento del cultivo de papa; permiten la disponibilidad de nutrientes en el suelo, favorecen a la producción de la cosecha y conservan el recurso suelo mediante una aplicación adecuada de fertilizantes.

**Palabras clave:** Suelo agrícola, abonos verdes, abonos orgánicos, propiedades físico-químicas y rendimiento del cultivo de papa.

## ABSTRACT

The population from Santa Martha de Cuba community is mainly engaged in potato production. They use conventional farming techniques that work with harmful chemicals for the soil and agriculture. Because of this, the soil has lost its fertility and productivity. It is necessary the use of organic manures such as earthworm humus, and mushroom compost for good management and soil conservation. These organic manures improve the physical, chemical, and biological properties, increasing crop productivity. In this research, the physical-chemical changes of the agricultural soil with green manure, the effect of the organic manures and chemical fertilizer with Nitrogen were evaluated. Phosphorus, Potassium, Organic matter, pH and apparent density in the soil were taken into account, too. Finally, the effect of the organic manures and chemical fertilizer concerning the super Chola potatoes farming yield were identified. Sixteen agricultural plots were used through the application and management of the Latin Square Design. Therefore, it was demonstrated that the use of green manures (*Vicia sativa* and *Avena sativa*) encourage the fixation and absorption of most of the nutrients that exist in the green manures. To conclude, the effects of green manures in the physical-chemical soil properties and the potato farming yield were positives for the soil, production, and harvest quality.

**Key Words:** Agricultural soil, green manures, organic manures, physical -chemical properties, and the potato farming yield.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte

Con el pasar del tiempo el mundo ha entrado en un período de desarrollo sostenible, un término que hace referencia al bienestar humano, progreso económico, progreso social y sustentabilidad ambiental (Velásquez y Velásquez, 2016). Todo lo relacionado a la sustentabilidad ambiental conlleva a una serie de estrategias que el ser humano debe realizar con el objetivo de ayudar al planeta y con ello asegurar las generaciones futuras, es el caso de las acciones o prácticas basadas en conceptos de agroecología que contribuyen con el tiempo a desarrollar técnicas de manejo y conservación de suelos (Barrera y Valdez, 2007).

Según Velásquez y Velásquez (2016), los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes. Es así, que el suelo con la descomposición de estos abonos se ve enriquecido con carbono orgánico, el cual permite el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

En este sentido, se han realizado múltiples estudios sobre los efectos de los abonos orgánicos en las propiedades fisicoquímicas del suelo, como el estudio desarrollado por El-Sayed, Hassan, y El-Mog (2015) que tuvo como objetivo evaluar el impacto de los fertilizantes minerales, orgánicos y biológicos en un suelo arenoso sobre el rendimiento, la calidad y la pérdida de peso en la cosecha de tubérculos de papa. Afirmando que hubo aumentos significativos en el rendimiento total y comercial de los cultivos de papa de las parcelas tratadas con el 50% de los fertilizantes minerales más 23.8 t/ha de compost con o sin biofertilizante, el mayor contenido de nitrato de los tubérculos se obtuvo en las parcelas control y en las parcelas que recibieron el tratamiento de compost. El contenido de K del tubérculo fue bajo, mientras que no se registró ningún efecto sobre el contenido de N, P o almidón. Por lo tanto, estos resultados sugieren que la producción orgánica de papa (al nivel de 23.8 t/ha de compost) podría ser una alternativa a la producción convencional sin una

reducción significativa en el rendimiento, con bajo contenido de nitratos y mejor capacidad de almacenamiento.

Asimismo, se tiene el trabajo de Ahmed, Alam, y Akter (2019), quienes evaluaron el efecto de cuatro fertilizantes orgánicos en la producción de tubérculos de papa en suelo franco arenoso. Los dos cultivares de papa más populares y fácilmente disponibles, a saber, Cardinal y Diamant y cuatro fertilizantes orgánicos, a saber, estiércol de vaca a razón de 8 t/ha, estiércol de pollo a razón de 8 t/ha, Rangpur Dinajpur Rural Service (RDRS) desarrolló fertilizante orgánico a razón de 740 kg/ha y fertilizante orgánico Northern a razón de 500 kg/ha junto con un testigo. Los resultados revelaron que la altura de la planta, el número de hojas, el peso fresco de las hojas, fueron significativamente diferentes y superiores en los fertilizantes orgánicos que en el control. La mayor altura de planta, número de hojas, peso fresco de hojas, materia seca total, tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento de tubérculos se observaron en el estiércol de pollo, seguido de estiércol de vaca. Finalmente, el cultivo de papa cardinal con fertilizantes orgánicos (estiércol de pollo seguido de estiércol de vaca) se recomienda para el cultivo de papa debido a la producción de mayor rendimiento y al sistema de relación costo-beneficio.

El estudio de Domínguez, Paradelo, Piñeiro, y Barral (2019), se realizó en un suelo franco-limoso bajo cultivo de papa en el noroeste de España, para evaluar el efecto del compost de desechos sólidos urbanos (RSU) en un suelo ácido fuertemente fertilizado. Se ensayaron tres dosis de compost (0, 30 y 60 Mg de compost/ha de suelo). Se evaluaron los efectos del compost sobre las propiedades físicas, químicas y bioquímicas del suelo, obteniendo que la adición de compost en la dosis más alta disminuyó la densidad aparente y aumentó la porosidad del suelo y la estabilidad del suelo contra la erosión hídrica. El pH del suelo, el C y N orgánico total, la capacidad de intercambio catiónico y el P, Ca, Mg y K disponible también fueron más altos en los suelos modificados con compost, mientras que no se observó ningún efecto sobre el  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}$  y el  $\text{NO}_3^- \text{N}$ . Debido al alto estado de nutrientes en el suelo de control, el rendimiento de la papa no se incrementó con abono o fertilización inorgánica. Una consecuencia negativa de la adición de compost fue el aumento de la extractabilidad de metales traza como Zn, Cu, Pb y Ni, aunque sus

concentraciones totales en el suelo o en los tubérculos de papa no aumentaron con respecto al control.

Además, el trabajo de Castelo et al., (2016) cuyo objetivo fue determinar el efecto del compost de desechos de hongos residuales (champiñonaza) (T2), té de vermicompost (T3), extracto de compost (T4) y su combinación más la adición de un elemento inorgánico (urea) (T5), frente a un control convencional (T1), sobre las propiedades del suelo y los parámetros de rendimiento de las plantas de tomate cultivadas en condiciones de sombra. Obteniendo como resultado que las aplicaciones orgánicas mostraron incrementos significativos en la humedad del suelo (25.4% T3), CE (0.38 ds/m T5) y CIC (38.6 meq/100g T4). Los requerimientos de nutrientes de los cultivos se lograron 102 días después del trasplante. El contenido de clorofila osciló entre 46.9 y 51.4 unidades SPAD. Los frutos del cv “Grandella” alcanzaron un peso óptimo (152 a 155 g). El número de frutos y el rendimiento no difirieron estadísticamente entre tratamientos; por lo tanto, se concluyó que las sustancias orgánicas por sí mismas o en combinación con fertilizantes inorgánicos podían producir el mismo efecto en el rendimiento y también mejorar las características físico-químicas del suelo.

En Ecuador en la provincia del Carchi, cantón Espejo, Cuasquer (2013) realizó una investigación influenciada por abonos orgánicos en diferentes dosis para la siembra de semilla de haba (*Vicia faba* L.), variedad Chaucha; los tratamientos aplicados fueron Bovinaza (4.8 y 12 t/ha), Gallinaza (4.8 y 12 t/ha) y un testigo sin aplicación de abono. El diseño experimental empleado fue de Bloques Completos al Azar (DBCA). Los datos evaluados fueron: altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra y a la cosecha, longitud de vainas, número de vainas por plantas y granos por vaina, peso de 100 granos, rendimiento y análisis económico. De acuerdo a la interpretación de los resultados, el cultivo mostro un buen comportamiento agronómico en la variable altura de planta a los 30, 60, 90 días y en la cosecha con excelentes promedios en la aplicación de gallinaza en dosis de 12 t/ha; en longitud de vainas no mostró diferencias significativas; sin embargo mostraron mayores promedios en vainas por planta y granos por vaina con el uso

de gallinaza en dosis de 12 t/ha; lo que significa que el mayor rendimiento lo consiguió gallinaza, 12 t/ha con beneficio económico más alto (Cuasquer, 2013).

En la provincia de Cotopaxi, Luna et al, (2014) desarrollaron un estudio que se basó en la aplicación de abonos orgánicos como: gallinaza (2.50 t/ha) estiércol bovino (10 t/ha) y humus de lombriz (0.70 t/ha) a los 0 y 60 días y fertilizantes químicos 10 -30 -10 y 15 -15 -15 a los 0, 60 y 90 días, con la aplicación de un Diseño de Bloques Completo al Azar en arreglo factorial 2x3x2 más dos testigos y tres repeticiones. Las variables fueron altura de la planta, diámetro de tubérculos, cantidad y peso del tubérculo por planta y rendimiento por parcela. Se concluye que la papa es un cultivo que demuestra favorables resultados a la aplicación de abonos orgánicos o la interacción abonos orgánicos y fertilizantes químicos, por lo que estos abonos constituyen una buena opción para reducir el uso de fertilizantes químicos y una alternativa que permite transformar los sistemas agrícolas en modos de producción sostenible desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social.

## **1.2. Problema de investigación y justificación**

La pérdida de fertilidad del suelo es un problema de carácter mundial en ecosistemas cultivables, disminuyendo su capacidad inicial de producción de bienes y servicios en el sector agrícola (Piscitelli, 2015). La disminución de la fertilidad agrícola es causada por la masiva aplicación y manejo intensivo de fertilizantes químicos e insumos agrícolas que acidifica, erosiona, elimina a microorganismos presentes en los cultivos y provoca cambios negativos en las propiedades fisicoquímicas del agro ecosistema, por lo que su uso se vuelve insostenible a largo plazo (Suquilanda, Producción Orgánica de Cultivos Andinos, 2017).

Un total de 140 técnicos e investigadores de empresas en el mundo, han analizado métodos para mejorar la alimentación de las personas y hacer menor el impacto ambiental. Estos expertos en nutrición mineral de plantas han alertado sobre los problemas medioambientales que están causando las altas cantidades de nitrógeno debido al aplicación de fertilizantes químicos que presentan los cultivos agrícolas, deteriorando la cadena de nutrientes dando resultado la formación de enfermedades en los cultivos; es así que, más del 54% de cultivos alrededor del mundo, se

encuentran con dichas consecuencias, y son tales indicios los que conllevan a posicionar cada vez más el uso de bio fertilizantes que brinden beneficios al inicio de la siembra y al final de la cosecha (Brandán, y otros, 2010).

Los habitantes de la parroquia de Santa Martha de Cuba, en su mayoría se dedican a los cultivos temporales y uso de fertilizantes químicos, los cuales cubren 1192 ha, que corresponden a 71.9% de la superficie cultivable, cuyo principal producto agrícola es la papa variedad chola que representa el 43.6% de la producción agrícola total y ocupan entre 0.2 a 5 ha de superficie, los cuales se ubican en relieves de pendiente suave a moderada, lo cual ocasiona serios problemas de erosión por escurrimiento y pérdida de suelos. En este contexto, la mayoría de las familias de esta parroquia se dedican a la agricultura para subsistir; no tomando en cuenta métodos agrícolas sostenibles que admiten un uso eficiente de los recursos disponibles para el adecuado manejo y conservación de suelos agrícolas y la obtención de una mayor producción en sus cultivos (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015).

Los cambios realizados en la calidad del suelo necesitan acciones positivas que aporten a las propiedades físicas, químicas y biológicas de ecosistemas agrícolas. Estas prácticas se basan en conceptos de agroecología que contribuyen con el tiempo a desarrollar técnicas de manejo y conservación de suelos agrícolas y garantizarán su sostenibilidad en un largo plazo (Barrera y Valdez, 2007). En la presente investigación se aplica el abonado como proceso agroecológico que contribuye a cambios positivos en la calidad de los suelos, disminuyendo la posibilidad de arrastre de partículas por procesos de erosión, pérdida de fertilidad, disminución de la producción y cosechas (Suquilanda, Producción Orgánica de Cultivos Andinos, 2017).

Se utilizaron abonos orgánicos posibles de adquirir en la zona y que facilitan el reciclaje de desechos. Una vez evaluados los tratamientos se determinó la mejor alternativa para el buen manejo y conservación de suelos de ecosistemas agrícolas de la parroquia de Santa Martha de Cuba, mediante la evaluación de sus indicadores físico-químicos que se evidenció en cada tratamiento implementado y así; se recomendó su aplicación en un futuro y a escala más amplia.

La recuperación de suelos improductivos es una prioridad para mejorar la producción de alimentos en el país y se ha garantizado desde la legislación. En el art. 409 de la Constitución del Ecuador, señala que es de suma importancia nacional la conservación del suelo, por lo que existe normativas legales para su protección y uso sustentable evitando así su degradación, contaminación, desertificación y la erosión (Asamblea Nacional, 2008).

La posibilidad de aplicación de los mejores resultados, hasta cierto punto está garantizada, ya que esta investigación se la realizó con el apoyo logístico del GAD Provincial del Carchi, el GAD Parroquial Rural de Santa Martha de Cuba juntamente con los señores agricultores de la parroquia en previo consenso (Anexo 1). Al ser una investigación participativa, se busca alternativas que mejoren las condiciones de vida de los habitantes de Santa Martha de Cuba, mediante la aplicación de alternativas ecológicas para el incremento de la productividad de sus cultivos, generación de empleo y fortalecimiento de la organización para mejorar la comercialización de sus productos.

### **1.3. Objetivos**

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

Evaluar las propiedades físico-químicas del suelo agrícola mediante abonos orgánicos en cultivo de papa en Santa Martha de Cuba.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación del abono verde.
- Medir los cambios físico-químicos del suelo con la aplicación de compost, humus de lombriz y champiñonaza en comparación con un fertilizante mineral en el cultivo de papa variedad súper chola.
- Evaluar el rendimiento del cultivo con la aplicación de compost, humus de lombriz, champiñonaza y fertilizante mineral.
- Elaborar una propuesta para el buen manejo y conservación del suelo agrícola de la parroquia Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi.

#### **1.4. Pregunta directriz de la investigación**

¿Cuál es el estado actual de las propiedades físico-químicas del suelo con la aplicación de los abonos orgánicos en el cultivo de papa en Santa Martha de Cuba?

#### **1.5. Hipótesis**

##### **Tratamientos**

- **T0**=Fertilizante mineral
- **T1**=Compost
- **T2**=Humus de lombriz
- **T3**=Champiñonaza

**ET/ Pf-q** = Efecto de tratamientos en relación con las propiedades físico-químicas del suelo.

##### **ET/Pf-q (Hipótesis nula)**

- **H<sub>0</sub>**= El efecto de los tratamientos en relación con las propiedades fisicoquímicas del suelo serán iguales. Es decir, mediante la aplicación de los tratamientos sobre el suelo arrojarán resultados homogéneos entre estos.

$$\mathbf{H_0 = ET0/Pf-q = ET1/Pf-q = ET2/Pf-q = ET3/Pf-q}$$

##### **ET/Pf-q Hipótesis alternativa**

- **H<sub>a</sub>**= El efecto de los tratamientos en relación con las propiedades físico-químicas serán diferentes. Es decir, mediante la aplicación de los tratamientos sobre el suelo arrojarán resultados heterogéneos entre estos.

$$\mathbf{H_a = ET0/Pf-q \neq ET1/Pf-q \neq ET2/Pf-q \neq ET3/Pf-q}$$

##### **Variables para la evaluación de cambios físico-químicos del suelo con abonos verdes**

- Textura
- Densidad aparente

- pH
- Materia orgánica
- Macronutrientes
- Micronutrientes

**Variables para medición de cambios físicos-químicos del suelo con abonos orgánicos**

- Textura
- Densidad aparente
- pH
- Materia orgánica
- Macronutrientes
- Micronutrientes

**Variable para la evaluación de extracción de nutrientes por el cultivo de papa**

- $\text{NH}_4^+$  (Amonio)
- P (Fósforo)
- K (Potasio)

**Variables para evaluación de rendimiento del cultivo**

- Clasificación de papa súper chola
- Rendimiento de la cosecha

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Marco teórico referencial**

##### **2.1.1. Pérdida de fertilidad de suelos**

Es la disminución de la capacidad del suelo para soportar vida, se producen cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas que conllevan a su infertilidad (Suquilanda, 2017).

##### **2.1.2. Propiedades físico-químicas del suelo**

###### **2.1.2.1. Textura**

La textura del suelo se determina por el material mineral presente, se definen tres tamaños de partículas minerales existente que son: arena, arcilla y limo (López y Estrada, 2015). La textura es la combinación de las proporciones en que se encuentran estas partículas que forman el suelo, permitiendo así, determinar su funcionalidad, retención de nutrientes, fertilidad, drenaje, aireación, entre otros. Por lo tanto, los suelos con textura arenosa presentan 70% o más de partículas de arena, son permeables al agua, aire y fácilmente trabajables con reserva de nutrientes muy bajas. Los suelos arcillosos contienen más del 40% de partículas de arcilla, en cambio son pedregosos si están húmedos y muy duros cuando están secos, ricos en nutrientes, pueden formar agregados, pudiendo ser impermeables y asfixiantes. Los suelos francos o de texturas medias con un 45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla; por lo que presenta un equilibrio entre ellas y sus condiciones físicas y químicas son las mejores, haciendo el más apto para el cultivo (INIA, 2015).

###### **2.1.2.2. Densidad aparente**

Masa de suelo por unidad de volumen ( $\text{g/cm}^3$  o  $\text{t/m}^3$ ) que describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces (Hosnne y Cedeño, 2012).

### **2.1.2.3. Importancia de la materia orgánica en el suelo**

Según Julca, Meneses, Blas y Bello (2006), la materia orgánica cumple un papel fundamental e importantes servicios ecosistémicos como:

- En la estructura del suelo participa en la formación de agregados o terrones del suelo.
- Permite mayor resistencia del suelo a la erosión hídrica y eólica.
- Mejora la capacidad de infiltración, retención y almacenamiento del agua.
- Ayuda en la fertilidad del suelo, en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Captura y secuestra una parte importante del carbono presente en la atmósfera.
- Aumenta la capacidad de retención de agua y el intercambio catiónico.
- Es una fuente de reserva alimenticia para la planta.
- Favorece y aumenta la diversidad de especies microbiológicas (microorganismos).
- Aumenta la absorción solar al dar una coloración más oscura al suelo (cama caliente).

### **2.1.2.4. Índice óptimo de pH**

El pH del suelo se considera una de las variables más importantes ya que controla varios procesos químicos, afectando principalmente la disponibilidad de los nutrientes en las plantas, mediante el control de las formas químicas de los nutrientes. En lo que se refiere al rango óptimo del pH en la mayoría de las plantas oscila entre 5.5 y 6.5; sin embargo, varias plantas se han adaptado para crecer en valores fuera del rango del pH.

Los valores extremos causan problemas a los suelos y a la vegetación. Cuando el pH es menor de 5.5 el suelo tiene problemas asociados a toxicidad de aluminio, fijación de fósforo, deficiencia de calcio y magnesio entre otros. Cuando el pH es mayor de 6.5; los problemas que resultan están relacionados con la deficiencia de micronutrientes en el suelo (Rosas, Puentes, y Menjivar, 2017).

#### **2.1.2.5. Macronutrientes**

Nutrientes esenciales para los cultivos y los toman en grandes cantidades y son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S).

#### **2.1.2.6. Micronutrientes**

Son necesarios para el desarrollo de los organismos vegetales y constituyen un 0.05% de la materia seca de las plantas; son esenciales para el funcionamiento fisiológico normal de las células en las plantas (García F. , 2008). Los micronutrientes son: Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Boro (B) y Zinc (Zn).

### **2.1.3. Estrategias para la recuperación y manejo de suelos de ecosistemas agrícolas**

#### **2.1.3.1. Abono verde**

Se entiende por abonos verdes, el uso de determinadas plantas, tanto individualmente como mezcladas, generalmente de crecimiento rápido, que preceden o suceden a los cultivos comerciales, con el fin de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Normalmente usamos los abonos verdes como si fueran a sustituir una abonada mineral y esperamos de ellos que nos proporcionen resultados espectaculares en el siguiente cultivo (García, Treto, y Álvarez, 2000).

Si se usan leguminosas, éstas fijan el nitrógeno y luego incorporan su material vegetativo, se incorporan al suelo cuando comienzan a florecer de 60 - 90 días antes de la siembra del cultivo principal (Yaguana, 2014). Se debe emplear una mezcla de 2/3 de leguminosas y 1/3 de gramíneas. Ej.: *Vicia sativa* + *Avena sativa*.

#### **2.1.3.2. Abono orgánico compostado**

Se origina mediante la descomposición del estiércol que se mezcla con los residuos vegetales y otros residuos orgánicos, que mediante los microorganismos como bacterias, lombrices y hongos descomponen los tejidos de los residuos, permitiendo obtener más nutrientes para el suelo Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FOCONDES, 2014).

Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2014), también especifica algunas de las ventajas que presenta la implementación del compost en el suelo las cuales son:

- Aumento de la producción de cultivos, mejorando su resistencia a las plagas, heladas, enfermedades y sucesos extremos del clima.
- Facilita la absorción de los nutrientes y el agua a la planta.
- Es amigable con el ambiente, dado que permite el reciclaje de los desechos orgánicos en tanto reduce la contaminación del suelo.
- Permite la utilización de insumos de la chacra.
- Se puede usar en todos los cultivos, de preferencia en la siembra.

### **2.1.3.3. Humus de lombriz**

Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2014), aclara que el humus de lombriz resulta de la digestión de la materia orgánica por lombrices para obtener uno de los abonos orgánicos de mejor calidad. La producción del humus puede ser desde el nivel del mar hasta los 3800 m.s.n.m. El humus es portador de nutrientes al suelo (nitrógeno, fósforo y potasio) que mejora la calidad física química y biológica; contribuyendo a incrementar la productividad y producción de los cultivos.

Las principales ventajas del humus de lombriz según Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2014) son:

- Aportan más cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio que otros abonos orgánicos; estos nutrientes son absorbidos una parte por las plantas y otra queda como reserva en el suelo.
- Beneficia al suelo con millones de microorganismos que procesan los nutrientes y ayuda a la incrementación de producción de cultivos.
- Ayuda en el aumento entre 5 a 30% de capacidad de retención de agua en el suelo.
- Permite la neutralización de los contaminantes, como los insecticidas por su color oscuro que permite la absorción de calor por el suelo.
- La estructura del suelo es mejorada notablemente.

#### **2.1.3.4. Champiñonaza (Compostaje de champiñón)**

Elaborado a partir de compost de champiñón, cuyos hongos junto con las raíces de las plantas, cumplen una asociación establecida denominada simbiosis. Esta asociación beneficia a la nutrición del cultivo, al uso sostenido del suelo y a la conservación de la diversidad biológica (Figuerola, 2004). Este tipo de abono es fácil de adquirir, enriquece los nutrientes del suelo y materiales de construcción para el crecimiento saludable de las plantas. El compost de champiñón aumenta la capacidad de retención del agua del suelo lo que disminuye sus necesidades de riego; aumenta la resistencia a plagas y enfermedades Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2016). Los principales componentes de la champiñonaza son tamo de arroz, yeso, gallinaza, urea. El sustrato de champiñón es un recurso orgánico muy rico en nutrientes (Castillo, 2015).

#### **2.1.4. Producción orgánica de papa**

Se basa en los principios que sustentan a la agricultura orgánica con el objetivo de propiciar el manejo ecológico del suelo a fin de recuperar su fertilidad en conjunto con el manejo ecológico de plagas para favorecer la obtención de cosechas limpias y buena calidad del tubérculo como alimento (Suquilanda, 2012).

#### **2.1.5. Importancia del cultivo orgánico de papa**

El cultivo de papa es uno de los más importantes de la región interandina, siendo una de las fuentes más nutritivas por su contenido en carbohidratos y proteínas.

El Instituto de Estadísticas y Censos (INEN), manifiesta que el cultivo de la papa en el Ecuador se extiende a una superficie de 66 000 ha, con una producción promedio de 480 000 toneladas métricas anuales por lo que resulta que alrededor de 42 000 familias se dedican a este cultivo para su aporte económico, como también a su importancia nutricional (Suquilanda, Producción Orgánica de Cultivos Andinos, 2012).

En el Ecuador se cultivan aproximadamente 400 variedades de papa y sólo alrededor de 20 de ellas tienen presencia comercial en los mercados, sobre todo en las provincias de la sierra central del país, las papas nativas son cultivadas sobre los 3000 metros sobre el nivel del mar, a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos

orgánicos andinos brindan a estas papas una naturalidad especial, las cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes químicos y casi sin aplicación de pesticidas. La variedad chola es la que lidera la preferencia de los ecuatorianos (Monteros, Cuesta, Jiménez, y López, 2005).

Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (2016) , sugiere las siguientes cantidades de fertilización que requiere un cultivo de papa en concentraciones altas son las siguientes:

- Nitrógeno: Una cantidad alta de N, requiere de 50 kg/ha
- Fósforo: Una cantidad alta de P, requiere de 80 kg/ha  $P_2O_5$
- Potasio: Una cantidad alta de K, requiere de 40 kg/ha de  $K_2O$

A continuación, se describe las características de la papa variedad chola (Pinango, 2016):

- **Nombre Científico:** *Solanum tuberosum* L.
- **Variedad:** Súper chola.
- **Clima:** Templado-frío. Altitud para el cultivo: 2750 a 2950 msnm.
- **Zonas:** Provincias de la región Sierra norte del Callejón Interandino.
- **Características de la variedad:** Días a la floración, días a la cosecha (tardía) 180, habito de crecimiento semierecta, tallo color verde con pigmentación púrpura, hojas de color verde intenso, floración: moderada, arriba del follaje con un largo pedúnculo. Período de dormancia 80 días. Consumo en fresco (sopas, puré y tortillas) y procesada (hojuelas y bastones).
- **Resistencia a:** Lancha, Virus, Roya y Rizoctonia. Es susceptible a lancha (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) y tolerante al nemátodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*).

- Características de calidad:
  - - Materia seca: 24%
  - - Gravedad específica: 1098
- Siembra
  - Densidad de siembra: 1000 – 1200 kg/ha de semilla certificada
  - Distancia entre surcos: 1.10 – 1.20 m
  - Distancia entre plantas: 0.30 a 0.40 m
- **Rendimiento promedio:** 30 t/ha de tubérculo fresco. Para la siembra se requiere comenzar con tubérculo-semilla de alta calidad sanitaria y fisiológica. Las siembras deben realizarse de octubre a diciembre (invierno) y de mayo a junio (verano). Realizar un análisis de suelo para aplicar un programa de fertilización adecuado.

## 2.2. Marco legal.

### 2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

En el artículo 2 señala que es de orden público, interés social y carácter integral e intersectorial la regularización del ejercicio de los derechos del buen vivir *sumak kawsay* concernientes a la soberanía alimentaria, en sus múltiples dimensiones. Lo anterior comprende factores de la producción agroalimentaria; la agro biodiversidad y semillas; la investigación y diálogo de saberes; la producción, transformación, conservación, almacenamiento, intercambio, comercialización y consumo; como también la sanidad, calidad, inocuidad y nutrición; la participación social; el ordenamiento territorial; la frontera agrícola; los recursos hídricos; el desarrollo rural y agroalimentario; la agroindustria, empleo rural y agrícola; las formas asociativas y comunitarias de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores, las formas de financiamiento; y, aquellas que defina el régimen de soberanía alimentaria.

En el artículo 7 señala sobre la protección de la agrobiodiversidad en donde el estado, así como las personas y las colectividades protegerán, conservarán los ecosistemas y promoverán la recuperación, uso, conservación y desarrollo de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella. Las leyes que regulen el desarrollo agropecuario y la agrobiodiversidad crearán las medidas legales e institucionales necesarias para asegurar la agrobiodiversidad, mediante la asociación de cultivos, la investigación y sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas, plantas y otras medidas, así como el apoyo mediante incentivos financieros a quienes promuevan y protejan la agrobiodiversidad.

En el artículo 14 señala sobre el fomento de la producción agroecológica y orgánica donde el estado estimulará la producción agroecológica, orgánica y sustentable, a través de mecanismos de fomento, programas de capacitación, líneas especiales de crédito y mecanismos de comercialización en el mercado interno y externo, entre otros. En sus programas de compras públicas dará preferencia a las asociaciones de los microempresarios.

En el artículo 281 señala que "La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del estado garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente".

En el artículo 284 en el inciso 2, se establece como objetivo incentivar a la producción nacional, productividad y competitividad sistémica, la acumulación del conocimiento científico y tecnológico, la inserción estratégica en la economía mundial y las actividades productivas complementarias en la integración regional.

En el artículo 409, el estado señala que es de gran importancia nacional la conservación del suelo por lo que existe un marco normativo para la protección y uso sustentable previniendo así la contaminación, desertificación y la erosión. El estado inicia y desarrolla proyectos de forestación, reforestación y revegetación con especies nativas.

En el artículo 410, señala que el estado brindará apoyo a los agricultores y comunidades rurales para la conservación, restauración de los suelos y el desarrollo de prácticas agrícolas que promuevan la soberanía alimentaria.

### **2.2.2. Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria**

En el artículo 4 señala garantizar el ejercicio de los derechos ciudadanos a la producción permanente de alimentos sanos, de calidad, inocuos y de alto valor nutritivo para alcanzar la soberanía alimentaria. Como también impulsa a procesos de investigación e innovación tecnológica en la producción de alimentos de origen vegetal y animal que cumplan las normas y desarrollo de estándares de bienestar animal, que mejoren el acceso a los mercados nacionales e internacionales (Asamblea Nacional, 2017).

Esta ley fortalece el vínculo entre la producción agropecuaria y el consumo local mediante la tecnificación de los procesos Fito y zoonosológicos de control y aseguramiento de la calidad de los productos agropecuarios.

### **2.2.3. Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria**

En el artículo 27 señala los incentivos al consumo de alimentos nutritivos, con el fin de disminuir y erradicar la desnutrición y malnutrición, con esta ley el estado incentivará el consumo de alimentos nutritivos preferentemente de origen agroecológico y orgánico, mediante el apoyo a su comercialización, la realización de programas de promoción y educación nutricional para el consumo sano, la identificación y el etiquetado de los contenidos nutricionales de los alimentos, y la coordinación de las políticas públicas (Asamblea Nacional, 2010).

### **2.2.4. Ley Orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales**

En el artículo 49 señala sobre la protección, conservación y recuperación de la tierra rural, de su capa fértil, en forma sustentable e integrada con los demás recursos naturales; desarrollando planificaciones de aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, junto a la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria (Asamblea Nacional, 2017).

### **2.2.5. Código Orgánico Ambiental**

En el Título II, de los Derechos, Deberes y Principios Ambientales, art. 5, del derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que comprende: la conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración; la prevención, control y reparación integral de los daños ambientales; la obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental (Asamblea Nacional, 2017).

Del Libro Primero del Régimen Institucional, capítulo II, art. 26 de las facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional, quienes controlan el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido; en el art. 27, de las facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional realizan el control del cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido (Asamblea Nacional, 2017).

Del capítulo V, de la Calidad de los Componentes Abióticos y Estado de los Componentes Bióticos en el art. 190, de las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración (Asamblea Nacional, 2017).

En el título V, de Servicios Ambientales, en el art. 87, la Autoridad Ambiental Nacional establecerá mecanismos de evaluación y seguimiento de la generación de los servicios ambientales y de las acciones que se realicen por parte de los

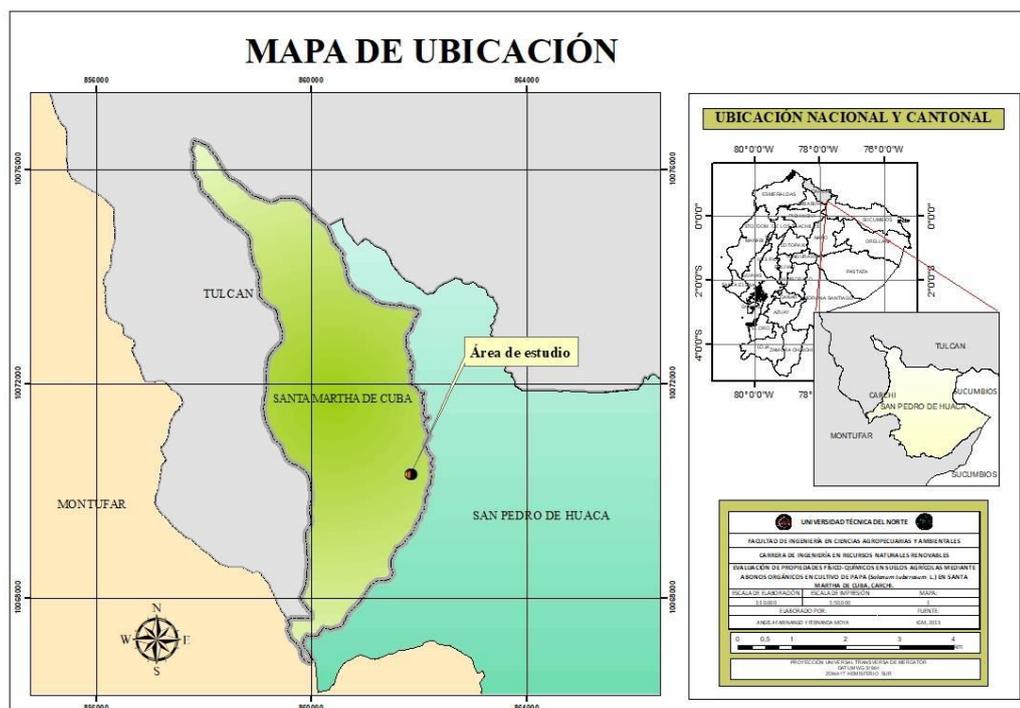
particulares. La evaluación de los servicios ambientales se realizará de una manera integral, internalizando las contribuciones de la biodiversidad y de los ecosistemas, como base para de una toma de decisiones de política pública basada en la evidencia. Para ello, se utilizarán herramientas de valoración ambiental y otras estrategias de análisis económico de los impactos positivos o negativos sobre la biodiversidad, la calidad ambiental y los recursos naturales (Asamblea Nacional, 2017).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Descripción del área de estudio

El área agrícola se encuentra en el barrio San José perteneciente a la parroquia Santa Martha de Cuba, cantón Tulcán, provincia del Carchi, a una altitud que oscila entre los 2700 y 3200 msnm (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la zona de estudio en Santa Martha de Cuba

Las coordenadas geográficas de los sitios de estudio se muestran a continuación:

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas de los sitios de estudio

	x	y	z
<b>p1</b>	193922	10070306	2855
<b>p2</b>	193962	10070309	2858
<b>p3</b>	193959	10070280	2852
<b>p4</b>	193922	10070283	2856

### **3.1.1. Caracterización ecológica**

#### **3.1.1.1. Altitud**

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural de Santa Martha de Cuba (2015) la parroquia se ubica a una altitud de 2950 msnm.

#### **3.1.1.2. Clima**

La parroquia presenta 2 tipos de clima (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015):

- Ecuatorial frío de alta Montaña: este tipo de clima se caracteriza por estar sobre los 2900 msnm; la altura es un factor que condiciona la temperatura y las precipitaciones. En este tipo de clima la temperatura máxima rara vez sobrepasa los 20 °C y las medias anuales fluctúan entre 4 y 12 °C.
- Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo: este clima presenta una variación de temperatura entre 12 y 20 °C, las precipitaciones fluctúan entre los 500 y 2000 mm, presentando dos estaciones lluviosas de febrero a mayo y de octubre a noviembre; mientras que la estación seca generalmente es de junio a septiembre.

El presente estudio se desarrolló en el periodo de noviembre 2018 a mayo 2019, por lo que, el clima fue de Ecuatorial mesotérmico Semi-Húmedo.

#### **3.1.1.3. Precipitación**

Las precipitaciones varían según las características del relieve entre 1250 y 2000 mm al año; esta variación se da de norte a sur. En las zonas altas las precipitaciones alcanzan una variación entre 1250 y 1500 mm; hacia en centro de la parroquia las precipitaciones varían entre 1500 y 1750 mm y hacia el sur alcanza una variación de 1500 y 2000 mm (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015).

#### **3.1.1.4. Suelo**

En el área de estudio se encuentran presente dos tipos de suelos, los cuales están relacionados con las actividades volcánicas, con materiales piroclásticos y cenizas (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015):

- *Suelos Andosoles*: Suelos jóvenes que se desarrollan en zonas húmedas con cobertura continua de ceniza volcánica, de color negro, de textura franco arenoso a franco, con materia orgánica de suelos andosoles saturados.
- *Suelos Molisoles*: suelos con presencia de material arcilloso, de textura franco arenoso, que se encuentra localizado en zonas bajas de la parroquia, ricos en materia orgánica y con un pH que varía ligeramente entre ácido a neutro.

### **3.1.2. Características socioeconómicas**

#### **3.1.2.1. Actividades económicas**

La mayoría de los habitantes de la parroquia se dedican a las actividades agropecuarias como la producción de papas, arveja, zanahoria, animales menores y leche; para luego comercializarlos por todo el país (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015).

#### **3.1.2.2. Población**

Mediante el censo INEC realizado en el año 2010, esta parroquia cuenta con 2366 habitantes, donde 1196 son de género masculino y 1170 son de género femenino. La población de la Parroquia de Santa Martha de Cuba representa en 0.12% de la población a nivel provincial (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015).

#### **3.1.2.3. Educación**

Este indicador reporta altos porcentajes en tasas de escolaridad con un 94% de formación básica. De acuerdo con la información proporcionada las autoridades de la Unidad Educativa del Milenio Carlos Romo Dávila (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015).

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Evaluación de los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación del abono verde

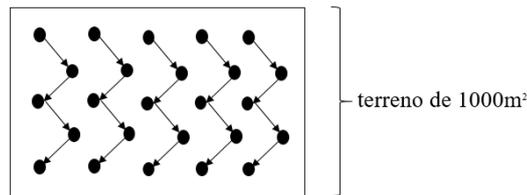
#### 3.2.1.1. Caracterización del terreno

Se trabajó en un terreno de  $1000\text{ m}^2$ , donde se determinó el grado de pendiente de terreno de 5.37 – 8.01%; lo que corresponde a un relieve ligeramente ondulado y con altitudes entre los 2826 – 2840 msnm, utilizando el GPS Garmin Etrex (Tabla 2).

**Tabla 2.** Descripción de las pendientes y altitudes del terreno

Pendiente (%)	Altitud (msnm)
5.37	2 838
5.45	2 831
7.08	2 839
8.01	2 832

El muestreo fue realizado al azar con un recorrido en “zig - zag” a una profundidad de 20 cm con la ayuda de un barreno, se colectó 15 sub muestras de suelo para luego realizar una homogenización y coleccionar una muestra representativa de un kg de todo el terreno, misma que se empaco en una funda hermética con su respectiva etiqueta y se trasladó hacia el laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” de INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) permitiendo analizar propiedades físico-químicas como: pH, macronutrientes, micronutrientes y la cantidad de materia orgánica presente en el suelo (Ministerio del Ambiente de Perú, 2014)(Figura 2) (Anexo2).



**Figura 2.** Muestreo en zig - zag en área de estudio

### 3.2.1.2. Textura y densidad aparente del suelo

Siguiendo las recomendaciones del Ministerio de Ambiente del Perú (2014), para la toma de muestra de textura se realizó el mismo procedimiento descrito anteriormente y se recolecto 1 kg de muestra del todo el terreno debidamente etiquetada y se envió a los laboratorios de Suelos, Foliare y Aguas pertenecientes a Agrocalidad (Anexo 4 y 5).

En la toma de muestra para determinación de densidad aparente se aplicó el método del cilindro biselado, este método presenta poca variación y es fácil de repetir (Rojas y Sáenz, 2008). Se utilizó un cilindro de PVC de 5 cm de diámetro, que fue introducido en el suelo para extraer la muestra necesaria para su análisis de todo el terreno y fue trasladada al laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas pertenecientes a Agrocalidad.



**Figura 3.** Procedimiento para determinar la textura y densidad aparente del suelo  
 a) Toma de 1 kg de muestra de suelo, b) determinar la textura y densidad aparente del suelo

### 3.2.1.3. Preparación manual del terreno

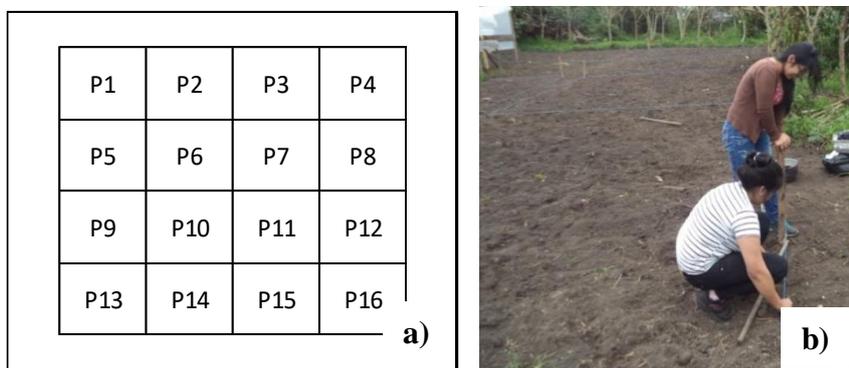
Se eliminó la maleza indeseable de todo el terreno utilizando azadón y rastrillo, de forma manual. A continuación, se realizó la remoción del suelo entre 15 a 20 cm de profundidad utilizando herramientas manuales, se allanó el terreno y se eliminaron los terrones grandes con el fin de obtener un terreno más suave y mullido para la siembra (Figura 4).



**Figura 4.** Preparación manual del terreno

### 3.2.1.4. Delimitación de parcelas

Se delimitaron 16 parcelas experimentales de  $20.25 \text{ m}^2$  ( $4.5 \times 4.5 \text{ m}$ ) con ayuda de herramientas como: flexómetro, estacas y una piola (Figura 5).



**Figura 5.** Delimitación de parcelas a) distribución; b) Aplicación

### 3.2.1.5. Siembra y cuidado de abonos verdes

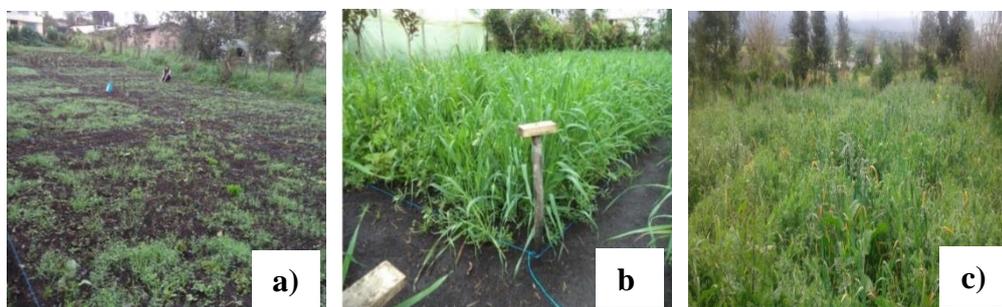
Se sembró el abono verde en cada parcela experimental antes de la aplicación de los tratamientos, utilizando una mezcla de semillas de 2/3 de *Vicia sativa* y 1/3 de *Avena sativa*. Se requirió de 0.3 kg de *Vicia sativa* y 0.1 kg de *Avena sativa*, para una parcela de 20.25 m<sup>2</sup>. La siembra de las semillas se realizó al voleo en cada parcela experimental, y fueron cubiertas con la tierra utilizando el rastrillo (Figura 6).



**Figura 6.** Siembra de *Vicia sativa* y *Avena sativa*

### 3.2.1.6. Corte e incorporación de abonos verdes

Luego de la siembra de abonos verdes se realizó el seguimiento respectivo observando la germinación y crecimiento de 2-3 meses de *Vicia* y *Avena sativa*, hasta su estado de corte e incorporación al suelo (Figura 7).



**Figura 7.** Abono verde a) Crecimiento 15 DDS; b) Crecimiento 30 DDS; b) Crecimiento 60 DDS

El corte e incorporación de abonos verdes se realizó de forma manual mediante un machete, la incorporación se realizó a una profundidad de 20 - 25 cm utilizando el

azadón. Se dejó descomponer el abono en el suelo por el lapso de 6 a 8 semanas y luego se tomó muestras de suelo para análisis de las variables en estudio (Figura 8).



**Figura 8.** a) Corte e incorporación de abonos verdes; b) Descomposición de abonos verdes

### 3.2.1.7. Toma de muestras para análisis de laboratorio

Se tomó 1 kg de muestras de suelo, 1 kg de muestra para textura y para la determinación de la densidad aparente se utilizó el método del cilindro biselado por cada parcela experimental (Figura 9) (Anexo 6 y 7).



**Figura 9.** Muestras de suelo por cada parcela delimitada

La evaluación de los cambios de las propiedades físico-químicas luego de la aplicación de los abonos verdes se realizó mediante el análisis estadístico "t" de Student que, de acuerdo con Sánchez (2015) la distribución de esta prueba

específicamente es comparar dos muestras de tamaño  $N \leq 30$  y se fundamenta en la normalidad de la distribución y en que las muestras sean independientes, permitiendo comparar y estableciendo las diferencias entre las medias.

### 3.2.1.8. Aplicación del abono orgánico

Los abonos orgánicos aplicados en la investigación fueron: compost, humus de lombriz y champiñonaza. El contenido de nutrientes de estos materiales orgánicos se determinó enviando las muestras de cada abono al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” de la ciudad de Quito. Los resultados obtenidos se expresan de acuerdo a las equivalencias  $\text{mg/l} = \text{ppm}$  y  $\text{g/100 ml} = \%$  en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Contenido de nutrientes de los abonos orgánicos

<b>Abono Orgánico</b>	<b>% M. O</b>	<b>% N</b>	<b>% P</b>	<b>% K</b>	<b>% Mg</b>	<b>% Ca</b>	<b>% S</b>
Compost	43.03	1.51	0.76	1.4	0.5	4.65	1.44
Humus de Lombriz	31.90	0.61	0.17	0.15	0.22	2.52	0.07
Champiñonaza	42.81	1.27	0.63	1.36	0.5	4.7	1.18

### 3.2.2. Medición de los cambios físico-químicos del suelo con la aplicación de abonos orgánicos en comparación con un fertilizante mineral en el cultivo de papa variedad chola

#### 3.2.2.1. Toma de muestras de abonos orgánicos

Se tomó 1 kg de muestra de cada abono orgánico, compost, humus de lombriz y champiñonaza; para determinar la cantidad que requiere el suelo y su posterior aplicación (Anexo 10).

#### 3.2.2.2. Determinación de diseño experimental

En esta fase se estableció el diseño de cuadrado latino (DCL). Según Mellado (2007) este diseño se puede aplicar si se conoce dos fuentes de variabilidad de las unidades experimentales, provee una mejor estimación del error estándar, mejora

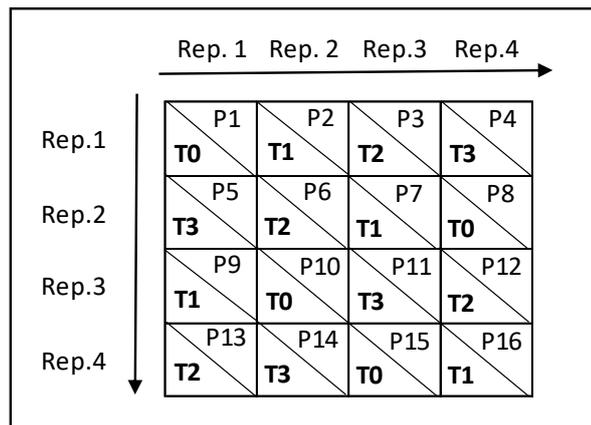
la precisión y permite que el análisis sea más eficiente por su distribución aleatoria. Las unidades experimentales se distribuyen en grupos, bajo dos criterios de homogeneidad dentro de la fila, dentro de la columna y heterogeneidad en otra forma.

### **3.2.2.3. Tratamientos y su distribución en el terreno**

Se obtuvo 16 parcelas experimentales de 20.25 m<sup>2</sup> (4.5 x 4.5 m), resultantes de combinar cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos se aplicaron en el área de investigación (Tabla 4).

**Tabla 4. Tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	
T0	Fertilizante químico
T1	Compost
T2	Humus de lombriz
T3	Champiñonaza



**Figura 10.** Distribución de tratamientos en el terreno

#### 3.2.2.4. Determinación de cantidad y aplicación de los tratamientos

Se aplicó cada tratamiento de forma manual mediante un azadón obteniendo una mezcla homogénea con la tierra. Para la determinación de la cantidad de materia orgánica (abonado) a aplicar en cada parcela experimental, se consideró los requerimientos para los cultivos de papas, así como la composición química de los abonos (INIAP, 2016).

Esta investigación se enfocó en la cantidad de fósforo (P) presente en los análisis de abonos orgánicos (tratamientos). La mayor demanda nutricional del cultivo de papa se presenta a partir de los 50 días. Debido a la alta capacidad de fijación de P en los suelos, es uno de los elementos más limitantes de la producción de papa, aun cuando su requerimiento sea relativamente bajo hasta 100 kg de  $P_2O_5$ / ha. El P es esencial para la calidad y rendimiento de los cultivos, dado que contribuye a los procesos de fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, el P promueve la rápida formación de tubérculos y crecimiento de las raíces (Oyarzún, Chamorro, Córdova, Merino, y Valverde, 2002).

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de abono (Anexo 10) y los requerimientos del cultivo de papa se determinó la recomendación de 80 kg/ha de P para todos los tratamientos. Se usó como fuente orgánica el compost, humus de

lombriz y champiñonaza, y como fertilizantes minerales el 10-30-10, urea y muriato de Potasio. A continuación, se muestra el cálculo de la cantidad de fósforo presente en los abonos orgánicos, utilizando la siguiente ecuación:

La composición química del compost en base a la concentración de P fue 0.76 g/100 ml (7600 ppm), es decir 7600 g de P en 1000 kg de Abono, y considerando que el requerimiento establece que se debe contener 80 kg de P en cada hectárea, se aplicó la regla de tres para determinar la cantidad de abono requerido:

$$\text{Cant. de abono} = \frac{\text{Cant. P req} \left( 80.000 \frac{\text{g de P}}{\text{ha}} \right) * 1000 \text{ kg de abono}}{\text{Cant P en abono (7600 g de P/kg de abono)}}$$

$$\text{Cantidad de abono} = 10.526,32 \text{ kg de abono/ha}$$

$$\text{Cantidad de abono} = 1.0526 \text{ kg de abono/m}^2$$

La composición química del humus de lombriz en base a la concentración del P fue de 0.17 g/100ml (1700 ppm), es decir 1700 g de P en 100 kg de abono, considerando que el requerimiento establece que se debe contener 80 kg de P en cada hectárea, se aplicó la regla de tres para determinar la cantidad de abono requerido.

$$\text{Cant. de abono} = \frac{\text{Cant. P req} \left( 80.000 \frac{\text{g de P}}{\text{ha}} \right) * 1000 \text{ kg de abono}}{\text{Cant P en abono (1700 g de P/kg de abono)}}$$

$$\text{Cantidad de abono} = 47058.82 \text{ kg de abono/ha}$$

$$\text{Cantidad de abono} = 4.7058 \text{ kg de abono/m}^2$$

La composición química de la champiñonaza en base a la concentración del P, fue de 0.63 g/100ml (6300 ppm), es decir 6300g de P en 100 kg de abono, considerando que el requerimiento establece que se debe contener 80kg de P en cada hectárea, se aplicó la regla de tres para determinar la cantidad de abono requerido.

$$\text{Cant. de abono} = \frac{\text{Cant. P req} \left( 80.000 \frac{\text{g de P}}{\text{ha}} \right) * 1000 \text{ kg de abono}}{\text{Cant P en abono (6300 g de P/kg de abono)}}$$

$$\text{Cantidad de abono} = 12698.41 \text{ kg de abono/ha}$$

$$\text{Cantidad de abono} = 1.269 \text{ kg de abono/m}^2$$

Dado que la parcela está compuesta por 20.25 m<sup>2</sup>, se calculó los requerimientos de abono en base a esta área se obtuvo la cantidad de aplicación en una parcela es de 21.26 kg para compost, 95.18 kg para humus de lombriz y 25.51 kg para champiñonaza de abono. En la tabla 5, se muestra los resultados obtenidos de la cantidad de aplicación de abonos orgánicos:

**Tabla 5.** Cantidad de aplicación de abonos orgánicos

Tratamiento	Detalle	Dosis		
		t/ha	kg/m <sup>2</sup>	U. E
T1	Compost	10.52	1.05	21.26
T2	Humus	47.05	4.70	95.18
T3	Champiñonaza	12.69	1.26	25.51

Mediante los cálculos realizados se procedió a la aplicación de los tratamientos de tal forma que cada parcela adquiriera la cantidad necesaria que le permita el crecimiento y desarrollo del cultivo (Figura 11). Esto se realizó con una anticipación de 15 días antes de la siembra y aplicación del fertilizante mineral.



**Figura 11.** Aplicación de abonos orgánicos

La incorporación del fertilizante mineral (T0), se realizó de forma tradicional como suelen realizarlo los agricultores. Este tratamiento se lo aplicó una vez que se inició la siembra de la papa súper chola. Para los cálculos de la cantidad de fertilizante, se consideró el insumo 10-30-10 que contiene 30 kg de fósforo por cada 100 kg de fertilizante, 10 kg de nitrógeno y 10 kg de potasio, por lo que, para establecer la cantidad de aplicación de fertilizante mineral, se procedió a la siguiente ecuación basada en la regla de tres:

$$Cant. de Fert = \frac{Cant. P req \left( 80 \frac{kg de P}{ha} \right) * 100 kg de Fert}{Cant P en Fert (30 kg de P/kg de fert)}$$

$$Cantidad de Fert = 266.7 Kg de Fert/ha$$

Se encuentra 10 kg de nitrógeno por cada 100 kg de fertilizante 10-30-10 se necesita:

$$Cant. de Fert = \frac{266.7 kg de Fert 10 - 30 - 10 * 10 \% de N}{100 kg de Fert 10 - 30 - 10}$$

$$Cantidad de Fert = 26.67 kg/ha N$$

Se necesita según la recomendación para el cultivo de papa 50% N restado lo que se aplicó queda la cantidad para cubrir de 23.34% N

Se encuentra 10 kg de K en 100 kg del fertilizante 10-30-10 se necesita:

$$Cant. de Fert = \frac{266.7 kg de Fert 10 - 30 - 10 * 10 \% de K}{100 kg de Fert 10 - 30 - 10}$$

$$Cantidad de Fert = 26.67 kg/ha K$$

Se necesita según la recomendación para el cultivo de papa 40% de K<sub>2</sub>O restado lo que se aplicó queda la cantidad a cubrir de 13.34 % K<sub>2</sub>O

La aplicación de la Urea presenta un 46% de N en 100 kg de Urea, se realiza la regla de tres con la cantidad de 23.34% N que hay que cubrir, determinando la cantidad a aplicar de Urea.

$$Cant. de Urea = \frac{23.34\% N * 100 kg de Urea}{46\% de Urea}$$

$$Cantidad de Urea = 50.44 kg Urea$$

La aplicación del muriato de potasio (K<sub>2</sub>O) presenta 60% de K<sub>2</sub>O en 100 kg de K<sub>2</sub>O mediante la regla de tres con la cantidad de 13.34% K<sub>2</sub>O que se necesita cubrir, se determina la cantidad de aplicación del muriato de potasio:

$$\text{Cant. de K2O} = \frac{13.34\% N * 100 \text{ kg de K2O}}{60\% \text{ de K2O}}$$

$$\text{Cantidad de K2O} = 22.23 \text{ kg K2O}$$

Para una parcela que está compuesta por un área de 20.25 m<sup>2</sup> se necesita: 0.54 kg/ 20.25 m<sup>2</sup> de fertilizante 10-30-10, 0.10 kg/ 20.25 m<sup>2</sup> de urea y 0.05 kg/ 20.25 m<sup>2</sup> de muriato de potasio, quedando el tratamiento de fertilización química como se muestra en la Tabla:

**Tabla 6.** Fuentes y dosis de fertilizantes químicos aplicados (kg/ha)

Tratamiento	Detalle	10-30-10	Urea	Muriato de Potasio
			46	0-0-60
T0	Fert. mineral	266.7	50.7	22.22

### 3.2.2.5. Cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación de abonos con en el cultivo de papa súper chola

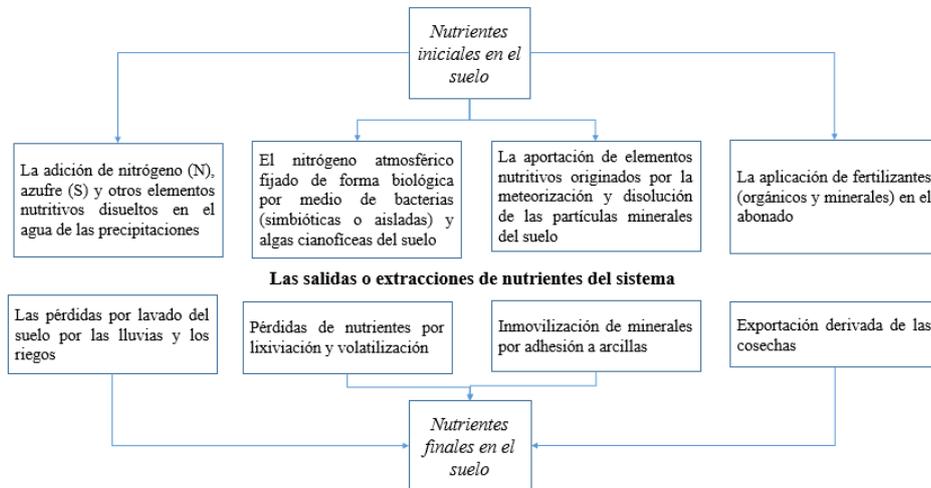
Se aplicó el DCL entre los resultados de las propiedades físico-químicas (textura, densidad aparente, pH, materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes), obtenidas luego de la aplicación de abonos verdes.

### 3.2.2.6. Visión general de la cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo de papa

Se realizó con las muestras de suelos después de los abonos verdes y con las muestras antes de la cosecha con el fin de observar una aproximación de los cambios de las propiedades físico-químicas del suelo. Con los resultados obtenidos se calculó la cantidad de nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fósforo (P), potasio (K) extraídos del suelo por el cultivo de papa de variedad súper chola.

Se realizó tomas de muestras de suelos después de los abonos verdes y antes de la cosecha con el fin de observar los cambios de las propiedades físico-químicas del suelo. Con los resultados obtenidos se calculó la cantidad de nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fósforo (P), potasio (K) extraídos del suelo por el cultivo de papa

de variedad chola, tomando en cuenta el siguiente diagrama de cálculos de nutrientes (Figura 12).



**Figura 12.** Diagrama de cálculos de nutrientes

### 3.2.3. Evaluación del rendimiento de cosecha luego de la aplicación de abonos orgánicos en comparación con un fertilizante mineral

#### 3.2.3.1. Siembra del cultivo de papa, variedad súper chola

Para la siembra de la semilla de papa chola (*Solanum tuberosum* L.), se realizó surcos de 60 cm separados entre 30 o 40 cm entre sí; como se muestra (Figura 13), y se sembraron 2 semillas de 60 g en agujeros distanciados por 40 cm (Lucero, 2011).



**Figura 13.** Distancias entre surcos en la siembra de papa

Luego de la siembra se realizó el monitoreo y cuidados culturales respectivos durante las fases de germinación, crecimiento, floración y cosecha del cultivo.

### 3.2.3.2. Medidas de control de enfermedades y plagas (MIP)

*Control etiológico:* se instalaron trampas amarillas con aceite de cocina y se realizó control de malezas; medio aporque; aporque; poda de hojas secas, flores viejas y contaminadas (Figuras 14).

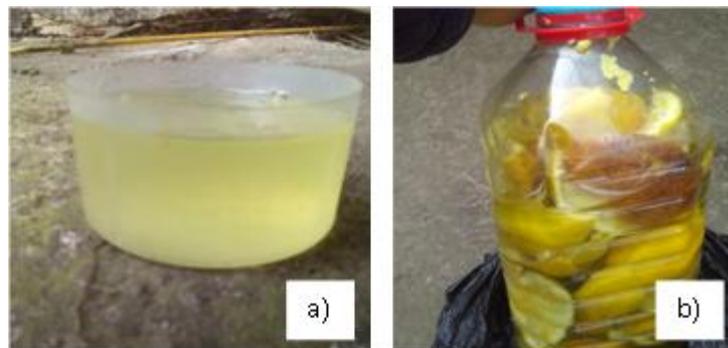


**Figura 14.** Control etiológico a) Instalación de trampas; b) Deshierbe; c) Aporque al cultivo

*Control con plaguicidas naturales:* Se realizó aspersiones al follaje del cultivo de papa cada 8 días con solución elaborada a partir de jabón azul más agua (12 g de jabón en un litro de agua) para el control de la mosca blanca, pulgón, minador, cochinilla. Asimismo, se realizaron aspersiones complementarias al follaje del cultivo de papa cada 8 días hasta terminar su ciclo de maduración del tubérculo, con solución de naranja y alcohol (1kg de cáscaras de naranja y 4 litros de alcohol etílico se colocaron en maceración por 8 días en un recipiente oscuro, la dosis aplicada fue de 10 ml de solución por litro de agua) esta solución presenta una acción repulsiva hacia los mosquitos, hongos y paracitos (García, González, Madrid, Ureña, y Tejedor, 2014) (Figura 15).

Estas preparaciones corresponden a productos elaborados a partir de restos de origen vegetal o sustancias de origen mineral o animal que ayudan a disminuir los problemas de plagas y enfermedades o mejorar el desarrollo de los cultivos, ya que,

según la función, poseen propiedades nutritivas para las plantas, repelentes y controladoras de insectos, o curativas de enfermedades (Clara, 2010).



**Figura 15.** a) Solución de naranja y alcohol; b) Elaboración de la solución de naranja y alcohol

### **3.2.3.3. Toma de muestras de suelo antes de la cosecha del cultivo de papa**

La toma de muestras de suelos fue realizada antes de la cosecha, se tomó 1 kg de muestra de cada parcela experimental, con el fin de observar sus cambios en las propiedades físico-químicas. Las muestras fueron trasladadas hacia el Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” del INIAP para análisis de pH, materia orgánica macronutrientes, micronutrientes (Anexo 11).

La determinación de textura y densidad aparente se realizaron en el laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas, perteneciente a AGROCALIDAD. Con los resultados obtenidos se realizó el análisis con los criterios de un diseño cuadrado latino, para la determinación y recomendación del o los mejores tratamientos en cultivos de papa variedad chola (Anexo 13 y 14).

### **3.2.3.4. Rendimiento de la cosecha**

El rendimiento de la cosecha se realizó mediante la clasificación categórica de la papa, tomando en cuenta tamaño, peso y longitud. Según García y Santander (2011) las papas se clasifican en primera a los tubérculos entre 81 – 100 g, segunda tubérculos entre 61 y 80 g y tercera para los tubérculos entre 41 – 60 g.

#### **3.2.4. Elaboración de una propuesta para el buen manejo y conservación del suelo agrícola en la parroquia Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi**

La propuesta se realizó basada en los resultados obtenidos en la investigación; se realizó recomendaciones económicas y ecológicas aprovechando los recursos aportados por el Gobierno Provincial del Carchi mediante la Dirección de Gestión Ambiental. En la propuesta, se dió a conocer estrategias agroecológicas e incentivar al uso y aplicación en sus cultivos, priorizando un buen manejo de suelos agrícolas; demostrando así los beneficios que se adquiere por parte de estas técnicas.

#### **3.3. Materiales y equipos**

Los materiales utilizados se clasifican en: insumos, materiales de escritorio y otros con la finalidad de una mayor comprensión y elaboración de la investigación realizada, y fueron descritos a lo largo del presente documento.

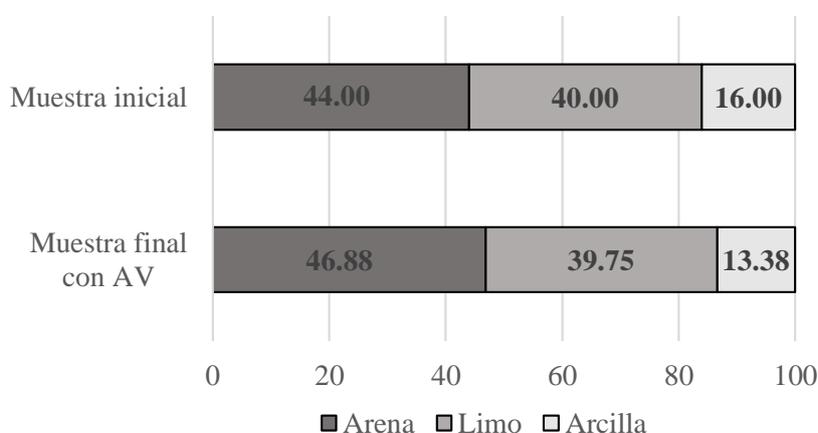
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Evaluación de los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación del abono verde

##### 4.1.1. Textura

La textura inicial del suelo es de clase de tipo franco, con 44 % de arena, 40 % limo y 16 % de arcilla; luego de la siembra e incorporación de *Vicia* y *Avena sativa* la textura final no mostró diferencias estadísticas en su composición arena ( $p= 0.71$ ); limo ( $p= 0.97$ ) y arcilla ( $p= 0.16$ ) (Figura 16).



**Figura 16.** Textura del suelo

Según los resultados obtenidos, se observó un 6.54% de incremento de arena y una reducción de 0.63% de limo y 19.58% arcilla. La textura del suelo franca, permite mayor retención de agua, y buena distribución de partículas minerales, el efecto que tiene el contenido de arcillas, se refleja cuando el suelo pierde mucha humedad y los agregados de suelo se vuelven muy duros, pero, si se mantiene cubierto el suelo, el contenido de arcillas aumentará la capacidad de retener humedad (Martínez, Fuentes, y Acevedo, 2008). Asimismo, Según Carrasco y Ortiz, (2017) las características nutricionales del suelo están en estrecha relación con la textura del

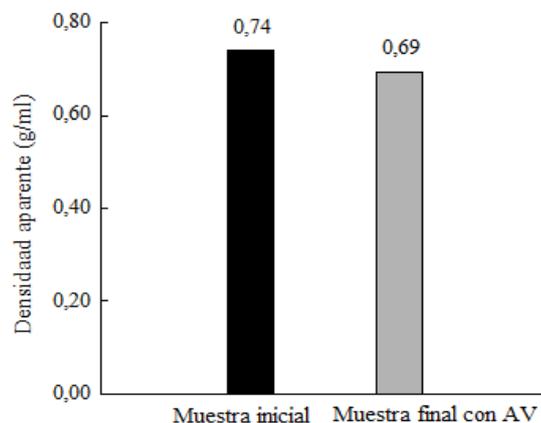
suelo, dado que a medida que aumenta la fracción fina, aumenta la capacidad de intercambio iónico.

Según los datos obtenidos, no se observó cambios estadísticos en las texturas, no obstante, se detectó una ligero decremento de los porcentajes de limo y arcilla en pro de un aumento del % de arena en la muestra final, considerando que la arcilla y el limo retienen más agua y más nutrientes para las plantas que las partículas de la arena, se puede concluir que se ha afectado la capacidad productiva del suelo.

No obstante, los estudios de fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo (MOS) muestran que la mayor parte del carbono (C) está asociado a las partículas de arcilla y limo, y que suelos arenosos poseen una concentración de C hasta siete veces superior en sus partículas de arcilla y limo que suelos arcillosos. Por lo tanto, la superficie específica disponible para retener MOS es muy superior en suelos arenosos que en suelos arcillosos (Matus y Maire, 2000).

#### 4.1.2. Densidad aparente (DA)

La densidad aparente inicial fue de 0.74 g/ml en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, se observó una densidad aparente de 0.69 g/ml con ( $p = 0.44$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre el valor de la densidad aparente inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 17).



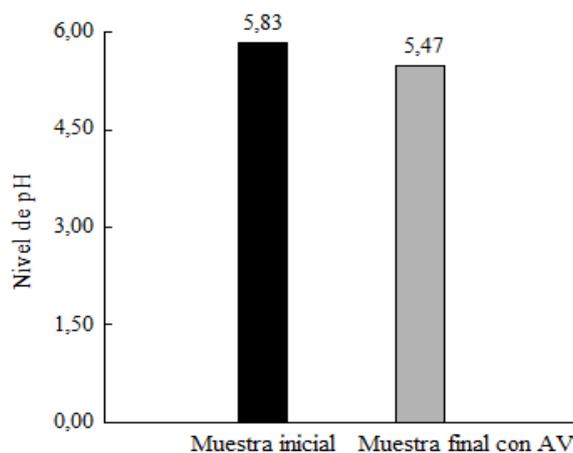
**Figura 17.** Cambios de densidad aparente en el suelo por abono verde

De acuerdo con Hosne y Cedeño (2012) la densidad aparente del suelo disminuye ligeramente, debido a la presencia de altas cantidades de materia orgánica, asimismo para Sultani, Gill, Anwar, y Athar (2007) una disminución significativa en la densidad aparente con un aumento asociado en la porosidad total del suelo probablemente se relacione con una mayor cantidad de deposición de materia orgánica y el aflojamiento de la acción de la raíz del suelo.

En este sentido, la densidad aparente está inversamente relacionada con la porosidad total, por lo que, una densidad aparente más baja implica un mayor espacio poroso y una mejor aireación, lo que genera un ambiente adecuado para la actividad biológica (Batista y Alves, 2011). En el presente estudio, la incorporación y descomposición de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, no contribuyó significativamente a reducir la densidad aparente, lo cual es concordante con los resultados obtenidos por Renté, Nápoles, Reyes, y Vargass, (2018) que establece que los efectos en la densidad aparente y porosidad no se observan de forma inmediata sino a largo plazo.

#### 4.1.3. Potencial hidrógeno (pH)

El nivel de pH inicial fue de 5.83 en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, se observó un nivel de pH de 5.47; con ( $p = 0.08$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre el pH inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 18).



**Figura 18.** Cambios en el pH en el suelo por abono verde

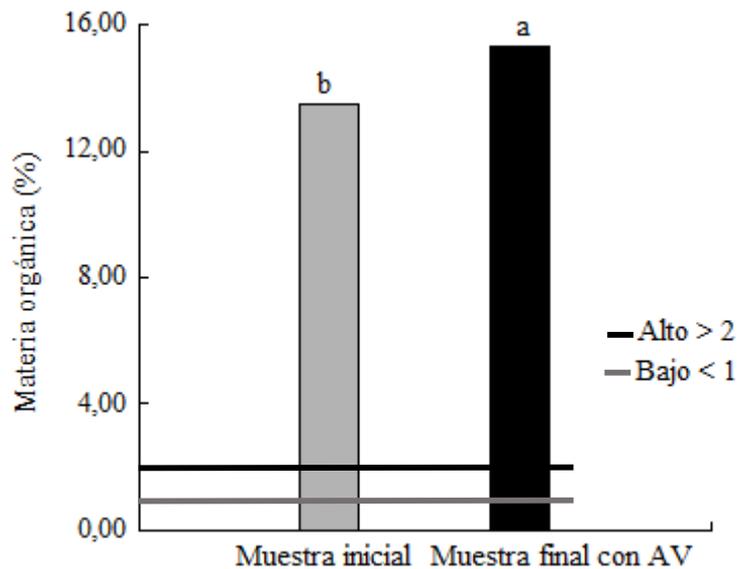
En el presente estudio, se obtuvo un decremento de 6.58% pH en el suelo con la incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*; estos resultados son concordantes con el trabajo de Jácome (2011) que observó un decremento del nivel de pH en el suelo debido al uso de abono orgánico, y Lacerda y Silva (2006) también observaron un decremento del pH en el suelo con el uso de frijol como abono verde.

Esto se justifica, dado los factores que influyen en el pH del suelo incluyen la descomposición de la materia orgánica, la fuente de fertilizantes nitrogenados, las prácticas de gestión de la tierra, entre otros, asimismo, la disponibilidad de nutrientes para la absorción de las plantas varía según el pH del suelo (McCauley, Jones, y Olson, 2017). En este sentido, el proceso de descomposición de la materia orgánica y la extracción de nutrientes generan una lenta acidificación del suelo (Wang, Tang, Wu, Liu, y Xu, 2013).

Para Martínez, Fuentes y Acevedo (2008), el pH se ve afectado debido a la incorporación al suelo a través de materia orgánica, de grupos activos que aportan acidez además del contenido de N que se encuentra en los residuos orgánicos. Además, se ha determinado que el valor de pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes, estableciendo que para pH ácidos menores a 5.5, hay posibles deficiencias de P, Ca, Mg, y MO y pH de 5.5 a 5.9 se produce una solubilidad menor del P (Toledo, 2016). En base a lo expuesto previamente, la reducción del pH del suelo resulta en una mayor liberación de iones  $H^+$  en la solución del suelo, como consecuencia de la oxidación biológica y los procesos de descomposición y mineralización de los compuestos orgánicos agregados al suelo

#### **4.1.4. Materia orgánica (MO)**

La materia orgánica inicial fue de 13.50% en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, se observó un valor de 15.30%; con ( $p= 0.03$ ); por lo que se puede establecer, que se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de materia orgánica inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 19).



**Figura 19.** Cambios de materia orgánica en el suelo por abono verde

En el presente estudio, la cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó, debido a los residuos de la incorporación y descomposición de *Vicia sativa* y *Avena sativa*. En este contexto, los abonos verdes, son reconocidos como una fuente de nutrientes para el suelo y sus múltiples beneficios incluyen mejorar la fertilidad, el control de plagas y su capacidad para incrementar la disponibilidad de materia orgánica en el suelo (García, y otros, 2010).

En su estudio Beltrán, y otros (2006), determinaron que el tipo de abono verde utilizado influye en la cantidad de materia orgánica debido a la tasa de descomposición del mismo, además, estableció que al incrementar la materia orgánica se mejora el intercambio catiónico y la disponibilidad de macro y micronutrientes.

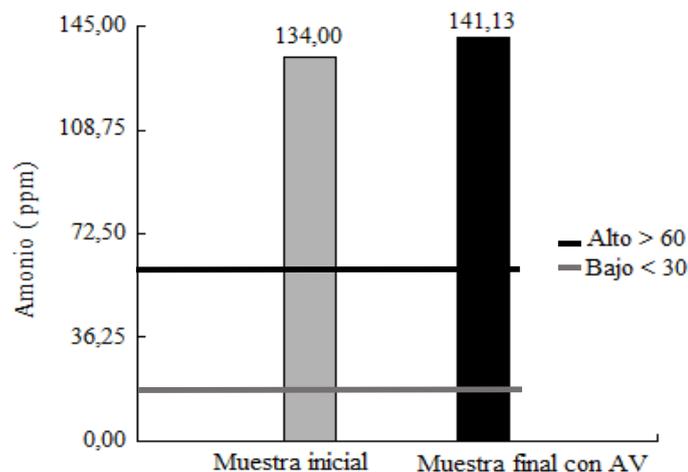
La cantidad de materia orgánica que puede acumularse a través de la descomposición del material vegetal por la adición de abonos verdes puede ser considerable, en el estudio de Warman y Macdonald (1980), se estableció que una o dos toneladas de materia seca por acre (20-40 kg / 100m<sup>2</sup>) no es una cantidad inusual que se debe agregar (el peso húmedo de los cultivos de abono verde es 4-10 veces el peso seco), estableciendo que, en un suelo franco arenoso de Woburn en Inglaterra, los investigadores encontraron que el 25% del carbono permanecía después de 19 apósitos anuales de 25 t / ha de estiércol de granja, pero solo el 14

por ciento del carbono permanecía cuando se usaba abono verde, por lo que, se estimó que el abono verde presentaba un porcentaje menor de C orgánico / ha.

#### 4.1.5. Macronutrientes

- **Nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ )**

El nitrógeno inicial en forma de amonio fue de 134 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa* se observó una cantidad de 141.13 ppm, con ( $p= 0.67$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de amonio inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 20).



**Figura 20.** Cambios de  $\text{NH}_4^+$  en el suelo por abono verde

Los resultados de la presente investigación, muestra un incremento de 5.32 % en el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) presente en el suelo como consecuencia de la aplicación del abono verde, estos resultados son similares a los alcanzados por Sosa, Sánchez y Sanclemente (2014) que utilizo como abono, leguminosas asociadas con rizobios - micorriza arbuscular.

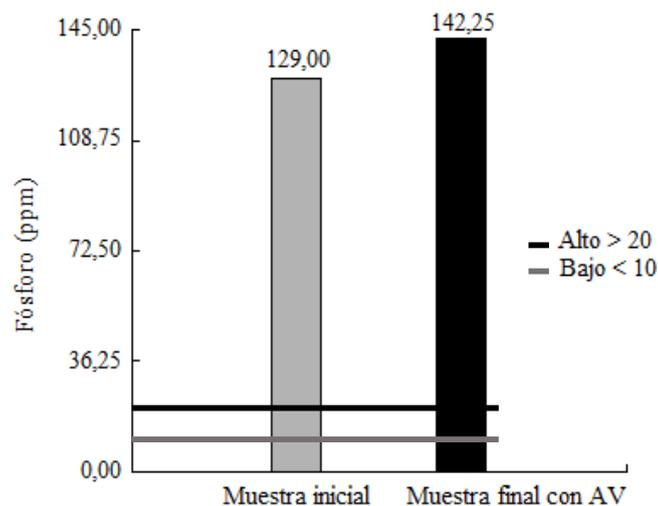
El abono verde leguminoso se cultiva principalmente por su capacidad para fijar, acumular y suministrar grandes cantidades de N al suelo (Yang, Bai, Liu, Zeng, y Cao, 2018), en este sentido, la descomposición microbiana constituye el proceso principal por el cual el N contenido en la estructura de los tejidos vegetales se libera al suelo, dado que, durante la descomposición de los abonos verdes, el carbono se

devuelve a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, mientras que el N orgánico se convierte en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a través del proceso de mineralización (Rafael Vasconcelos, Silva, y Rodrigo Nogueira, 2016).

Además, la eficiencia del abono verde depende del contenido de nutrientes y la edad del cultivo, el contenido de fibra, contenido de lignina y relación C / N, en este sentido, en el presente estudio se utiliza leguminosas, las cuales presentan alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo (García, y otros, 2010), lo cual favorece el incremento del contenido NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y reduce las pérdidas por lixiviación, volatilización y nitrificación-desnitrificación

- **Fósforo (P)**

El fósforo inicial fue de 129 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación *Vicia sativa* y *Avena sativa*, mostró una cantidad de 142.25 ppm; con (p= 0.83); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de fósforo inicial y final con la aplicación de abono (Figura 21).



**Figura 21.** Cambios de fósforo en el suelo por abono verde

Según los resultados observado en la figura 21, se determinó que existe un incremento de 10.27% en la cantidad de fosforo presente en el suelo en comparación con el valor obtenido previo a la incorporación del abono verde, estos resultados

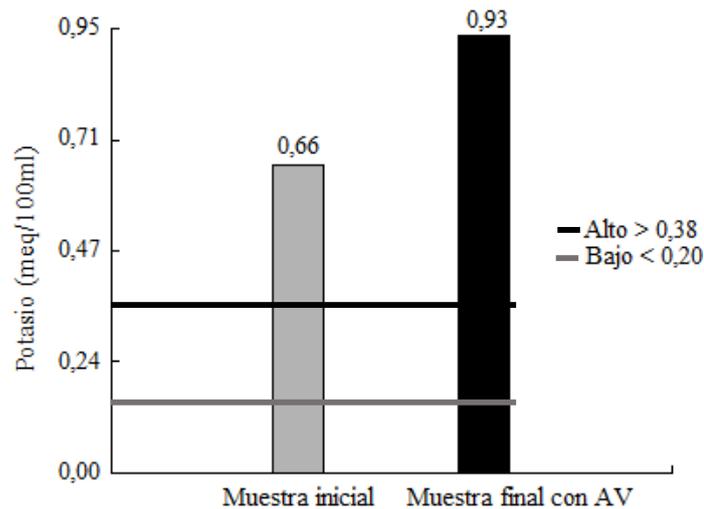
son similares a los obtenidos en otros estudios de características similares (Jacome, 2011).

Esta situación se produce debido a que cuando se incorporan al suelo, los abonos verdes se descomponen y mediante la mineralización se libera P en las formas disponibles (Odhiambo, 2010). Los productos de descomposición de los abonos verdes tienen una capacidad de quelación significativa que reduce la actividad de los cationes polivalentes (Ca, Fe, Al) que forman sales insolubles con P y así permiten liberarlo de los fosfatos básicos de estos elementos (Cavigelli y Thien, 2003). Y Aunque la tasa de descomposición del abono verde está influenciada por una serie de factores ambientales y del suelo, la mineralización de P está estrechamente relacionada con las transformaciones análogas de N (Jacome, 2011).

Los cambios en el pH del suelo debido al abono verde pueden influir en la solubilidad del P, tal como se indicó previamente, el P se vuelve más soluble entre pH 5.5 y 7.5. Asimismo, los abonos verdes en descomposición liberan ácidos orgánicos y CO<sub>2</sub>, ambos tienden a reducir el pH del suelo en suelos neutros y alcalinos e incrementa la solubilidad del fosfato de calcio, por lo que, el efecto del abono verde para aumentar la disponibilidad de P es más pronunciado en suelos fuertemente ácidos y alcalinos que en suelos normales, considerando que en el presente estudio, se obtuvo una leve reducción de pH del suelo con un valor final de 5.47, se puede referir que este factor influjo en el aumento de la solubilidad de P.

- **Potasio (K)**

El potasio inicial fue de 0.66 meq /100 ml en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación *Vicia sativa* y *Avena sativa*, se observó una cantidad de 0.93 meq /100 ml; con (p = 0.41); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de potasio inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 22).



**Figura 22.** Cambios de potasio en el suelo por abono verde

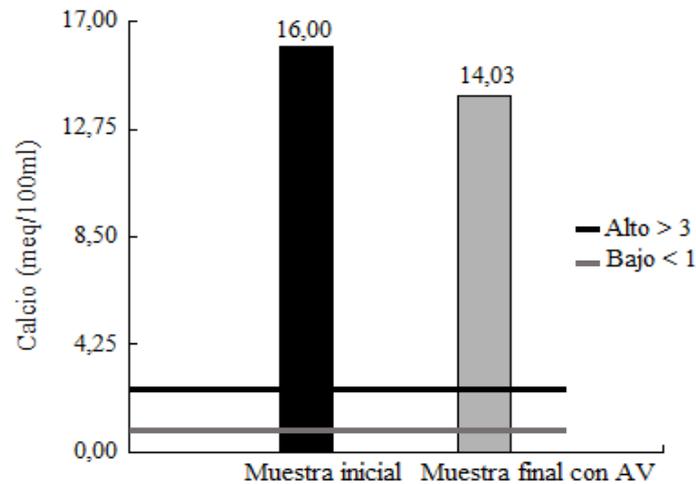
Los resultados de la presente investigación, muestra un incremento de 40.90 % en el K presente en el suelo en comparación con el valor obtenido previo a la incorporación del abono verde, esta situación se justifica dado que las plantas de abono verde leguminosas, poseen una gran capacidad para absorber el K difícilmente disponible del suelo a través de sus mecanismos radiculares relacionados con su crecimiento y componentes morfológicos (Solangi, y otros, 2019). Asimismo, El K es un elemento muy abundante en los tejidos vegetales, sin embargo, no forma parte de las biomoléculas, y se libera con mucha facilidad y a tasas elevadas (Vasconcelos, Ávila, Silva, Nogueira, y Vergütz, 2016).

La liberación de CO<sub>2</sub> y ácidos orgánicos de los abonos verdes posiblemente actúe sobre los minerales insolubles del suelo, liberando así nutrientes a la solución del suelo (Meena, Fagodiya, Prajapat, y Dotaniya, 2018). Por lo que, el potasio contenido en el abono verde (previamente absorbido) se libera finalmente al descomponerse y se vuelve disponible para las plantas, incrementando así el contenido de potasio en el suelo.

- **Calcio (Ca)**

El calcio disponibilidad inicial fue de 16.00 meq/100 ml en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, presentó una cantidad

de 14.03 meq/100 ml; con ( $p= 0.52$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de calcio inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 23).



**Figura 23.** Cambios de calcio en el suelo por abono verde

Sin embargo, los resultados de la presente investigación, muestra un decremento del 12.31% en el calcio, este resultado es contradictoria a los valores alcanzados en los estudios, que establece que la aplicación de biomasa verde aumenta la liberación de sales en la solución del suelo como resultado de la disolución de minerales debido al aumento de la presión parcial de dióxido de carbono y ácidos orgánicos que conduce a la lixiviación de sales debajo de la zona de las raíces y crea un ambiente favorable en la zona de las raíces de las plantas de cultivo (Fageria y Moreira, 2011).

La producción de ácidos orgánicos (aminoácidos, glicina, cisteína y ácido húmico) durante la mineralización de materiales orgánicos por heterótrofos y la nitrificación por autótrofos provoca una disminución del pH del suelo y los abonos verdes aplicados durante la descomposición producen  $\text{CO}_2$ , que se disuelve en agua para producir ácido carbónico. Este ácido aumenta la solubilidad de los minerales de carbonato de calcio al reducir el pH y disolver el carbonato de calcio y formar una serie de pares de iones de calcio complejos, lo que aumenta la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  de la solución del suelo que reemplaza al  $\text{Na}^+$  en el complejo de intercambio y, por lo tanto, causa una reducción en el porcentaje de sodio intercambiable. La

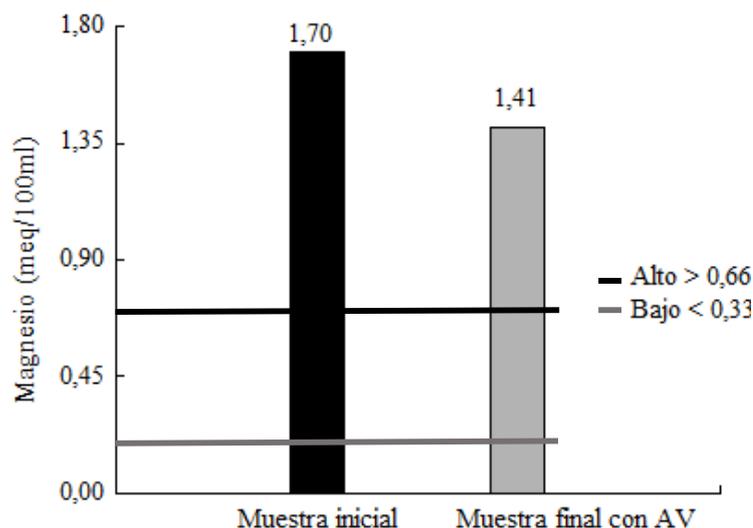
aplicación de abonos verdes también reduce la concentración de ciertos cationes y aniones como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3$  (Oshirae, y otros, 2018).

En este sentido, se observa que la liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  en la solución del suelo puede conseguirse mediante la incorporación de materiales orgánicos de rápida descomposición, asimismo, en el estudio de Martín y Rivera (2004), se establece que el factor más importante del cual depende la mineralización, es la calidad del material orgánico, estableciendo que la relación C:N de las plantas empleadas como abono verde influye decisivamente en el proceso de descomposición y posterior mineralización, concluyendo que los residuos tienden a acumularse en el suelo de forma parcialmente descompuesta y esto puede afectar el proceso de mineralización y en consecuencia concentración de  $\text{Ca}^{2+}$ .

En base a lo expuesto previamente, se concluye que la reducción de  $\text{Ca}^{2+}$  puede estar asociada con el momento de medición, en el cual se haya producido la absorción de los iones por parte del abono verde y aun forme parte de la materia orgánica, sin que se haya efectuado de forma completa el proceso de mineralización.

- **Magnesio (Mg)**

El magnesio inicial fue de 1.70 meq/100 ml en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, presentó una cantidad de 1.41 meq/100 ml; con ( $p= 0.29$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de magnesio inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 24).



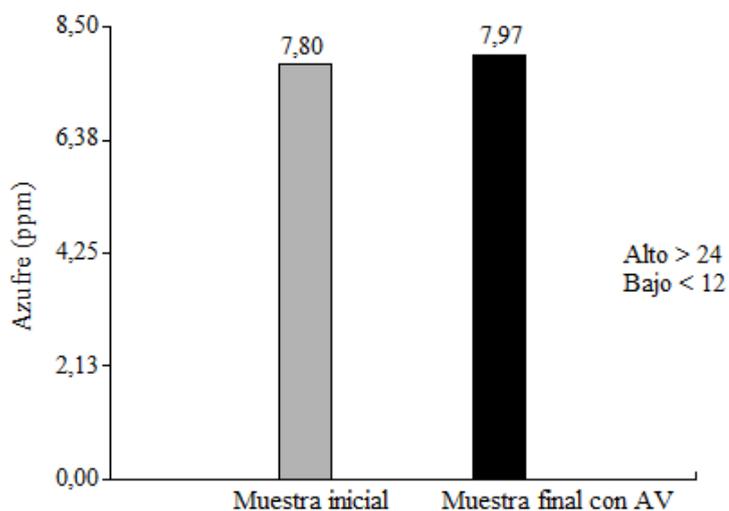
**Figura 24.** Cambios de magnesio en el suelo por abono verde

Sin embargo, los resultados de la presente investigación, muestra un decremento del 17.05% en el magnesio, este resultado es contrastante con el hallazgo de Alcantara, Furtini, Bueno, Adelande, y Muniz, (2000) al evaluar los atributos químicos del suelo, observaron mayores contenidos de Mg disponible en suelos fertilizados con leguminosas gandú y cañamo soleado probablemente debido a una mayor capacidad de estas leguminosas de devolver Mg al suelo a través de su biomasa, además de estudio de (Bezerra, y otros, 2014) que determino por cada tonelada de abono verde agregado al suelo y por cada día que transcurrió en el tiempo de incorporación, hubo un incremento de 0.037 en los niveles de  $Mg^{2+}$ .

No obstante, en el presente estudio se obtuvo una menor concentración de iones  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  aportados al suelo por el abono verde, esta situación obedece a una mayor competencia de estos iones por los sitios de adsorción de los coloides orgánicos, favoreciendo así una mayor lixiviación en el suelo, por lo que, es posible que los altos contenidos de magnesio intercambiable adsorbido a los coloides minerales del suelo sean responsables de su reducción. Demás, la naturaleza altamente móvil del ion  $Mg^{2+}$  lo hace susceptible a la lixiviación de la zona radicular por lluvias especialmente en suelos ácidos, lo que reduce la eficiencia en la utilización de nutrientes y el rendimiento de los cultivos (Wang, y otros, 2019).

- **Azufre (S)**

El azufre inicial fue de 7.8 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, presentó una cantidad de 7.97 ppm; con ( $p= 0.91$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de azufre inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 25).



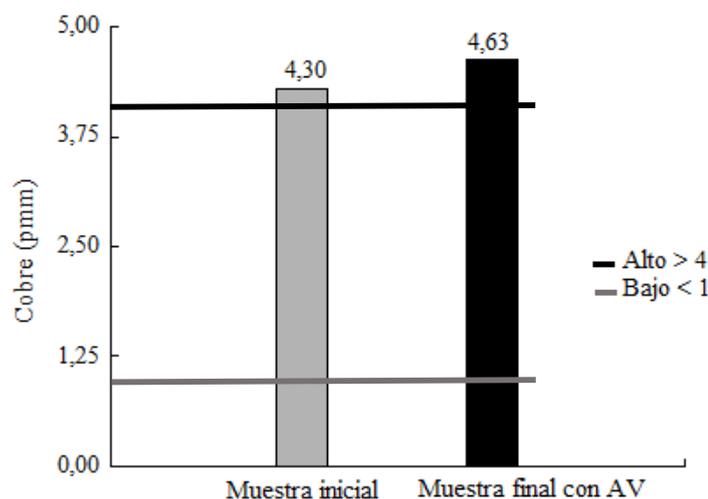
**Figura 25.** Cambios de azufre en el suelo por abono verde

Sin embargo, los resultados de la presente investigación, muestra un incremento del 2.18% en el azufre, este resultado se justifica debido a que los abonos verdes de leguminosas generalmente contienen  $> 0.15\%$  de S y tienen una relación C:S inferior a 200, se espera que se libere S durante su descomposición (Vasconcelos, Ávila, Silva, Nogueira, y Vergütz, 2016).

#### 4.1.6. Micronutrientes

- **Cobre (Cu)**

El cobre inicial fue de 4.30 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, presentó una cantidad de 4.63 ppm; con ( $p= 0.81$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de cobre inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 26).

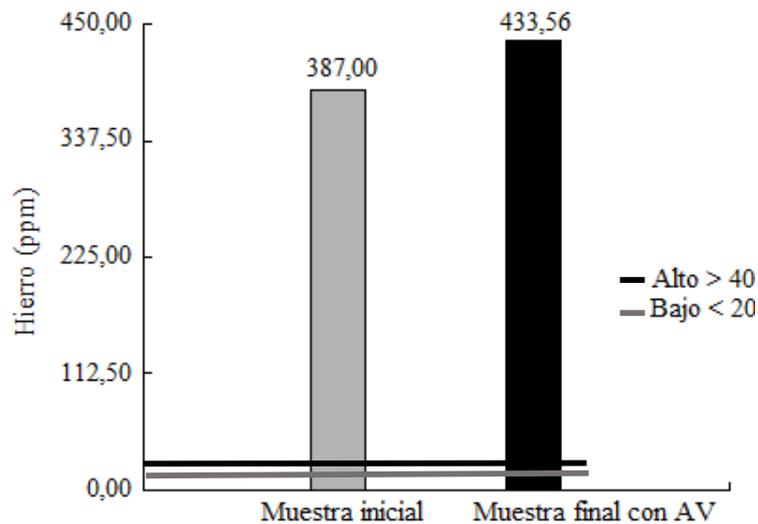


**Figura 26.** Cambios de cobre en el suelo por abono verde

Sin embargo, de la figura 26, se observa un incremento de 7.67% del cobre presente en el suelo posterior a la aplicación de abono verde, la concentración de Cu se ve afectado por algunos factores, como el pH, afectan su disponibilidad ya que esta disminuye cuando el pH >7 y aumenta con valores inferiores a 6. Asimismo, de los micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Zn y Cu), el Cu es el que normalmente está más enlazado con la materia orgánica, formando compuestos muy estables. Sin embargo, en el presente estudio se observó un aumento de Cu debido a las interacciones entre el calcio, fósforo, aluminio, hierro, zinc y molibdeno pueden afectar la disponibilidad del cobre para las plantas.

- **Hierro (Fe)**

El hierro inicial fue de 387.0 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de *Vicia sativa* y *Avena sativa*, presentó una cantidad de 433.6 ppm; con ( $p = 0.67$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de hierro inicial y final (Figura 27).

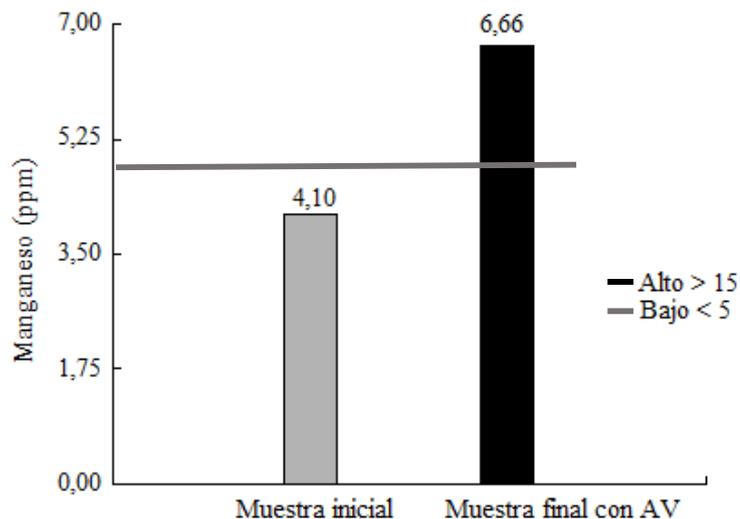


**Figura 27.** Cambios de hierro en el suelo por abono verde

En el presente estudio, se observó un incremento del 12.03% hierro, por la incorporación de hierro soluble o son transformados a minerales secundarios como sulfuros, carbonatos, pero principalmente en óxidos e hidróxidos de distinta composición y grados de cristalización, que permitirán la solubilidad del elemento hierro en el suelo (Juárez, Cerdán, y Sánchez, 2018). Según Rodríguez (2011), la aplicación de abono verde a dos lugares de Costa Rica presentó niveles altos de concentraciones de hierro debido a la acidez que poseen estos suelos; sin embargo, el abono verde en la segunda área de estudio no incrementó el valor de hierro, pero se mantuvo siempre en un valor óptimo. La aplicación de abonos verdes podría afectar las actividades microbianas al cambiar las condiciones del suelo y la oxidación de la materia puede proporcionar nutrición a los microorganismos, y afectar el pH favoreciendo la solubilidad de hierro.

- **Manganeso (Mn)**

El manganeso inicial fue de 4.10 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación de abono verde, presentó una cantidad de 6.66 ppm; con ( $p = 0.07$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de manganeso inicial y final (Figura 28).

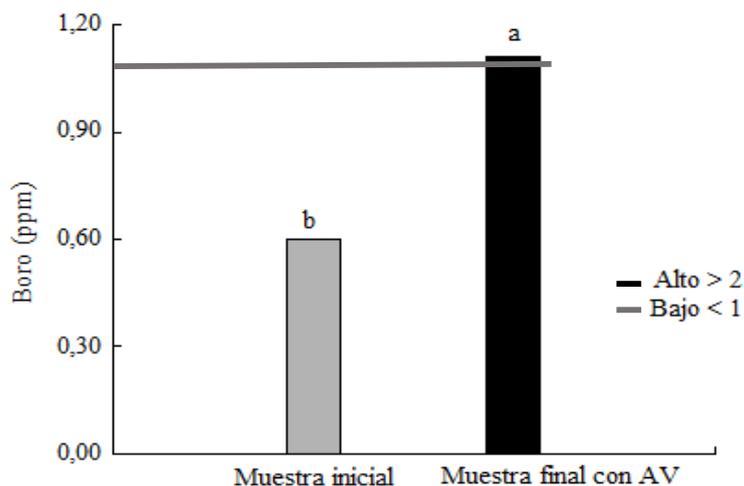


**Figura 28.** Cambios de manganeso en el suelo por abono verde

Sin embargo de la figura 28, se observa un incremento de 62.4% del manganeso presente en el suelo posterior a la aplicación de abono verde, lo cual, según Rosas, Puentes, y Menjivar (2017) el aumento de manganeso se debe a que la solubilidad de este elemento aumenta por la presencia de contenidos de materia orgánica y la tendencia de un nivel de pH ácido a neutro en el suelo; el manganeso se encuentra principalmente como óxido o en forma de silicato o carbonato, que mediante el proceso de meteorización entran iones de  $Mn^{+2}$  a la solución del suelo. De la misma forma Kass (1996), indica la necesidad de controlar los niveles altos de Mn ya que puede ser contrario al Zn y el Fe y provocar a un posterior cultivo riesgo de toxicidad.

- **Boro (B)**

El boro inicial fue de 0.60 ppm en todo el terreno; luego de la incorporación de abono verde, presentó una cantidad de 1.11 ppm; con ( $p= 0.05$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de boro inicial y final (Figura 29).



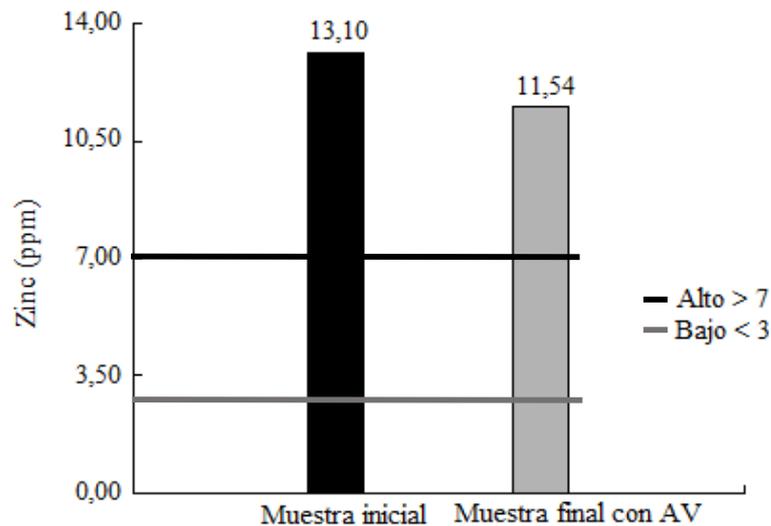
**Figura 29.** Cambios de boro en el suelo por abono verde

Se observó un incremento de 85% del boro presente en el suelo posterior a la aplicación de abono verde, lo cual es similar a los resultados obtenidos por Chancosa y Viana (2015) que concluye que a través del abono verde se incrementa la concentración de este elemento en el suelo a través de su biomasa

De acuerdo con Espíndola y Pugliese (2015) el incremento del boro se debe a que gran parte del B en el suelo está asociado con materia orgánica en compuestos fuertemente unidos, que se libera en la forma disponible por acción microbiana, asimismo, el abono verde pueden influir en la disponibilidad de B adsorbiendo y recubriendo las superficies de los componentes minerales fijadoras de B.

- **Zinc (Zn)**

El Zn inicial fue de 13.1 ppm en todo el terreno; luego de la siembra e incorporación del abono verde, presentó una cantidad de 11.54 ppm; con ( $p= 0.51$ ); por lo que se puede establecer, que no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de zinc inicial y final con la aplicación de abono verde (Figura 30).



**Figura 30.** Cambios de zinc en el suelo por abono verde

En el presente estudio, se observó una reducción del 11.9% del Zn, como consecuencia de la aplicación del abono orgánico, estos resultados son similares a los reportados en varios estudios, en el que se concluye que la disminución del contenido de Zn en el suelo se puede deber a la generación de una gran cantidad de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  debido a la reducción de sus óxidos de valencia superior lo que lleva a la precipitación como  $\text{Fe}_3(\text{OH})_8$  (magnetita hidratada); y el  $\text{Zn}^{2+}$  se adsorbe sobre los óxidos hidratados de hierro, y por lo tanto puede disminuir (Singh y Singh, 2019).

Asimismo, en el estudio de Thind y Chahal, (1987), se obtuvo que la disminución en la concentración de Zn probablemente se debió a la absorción y / o la precipitación de Zn en la matriz de los hidróxidos de Fe y Mn, asimismo, la disminución de la concentración de Zn bajo abono verde puede atribuirse a altas concentraciones de CO (Soltani, Khoshgoftarmanesh, y Afyuni, 2014).

Asimismo, Pravind y Prasad (2005), determinaron que los aminoácidos pueden formar complejos estables con cationes metálicos a través de sus grupos carboxílico y amina, y aumentar la solubilidad del metal en el suelo. En este mismo orden de ideas, Burcu y Bekbolet (2010) indican que el pH y la fuerza iónica tienen una

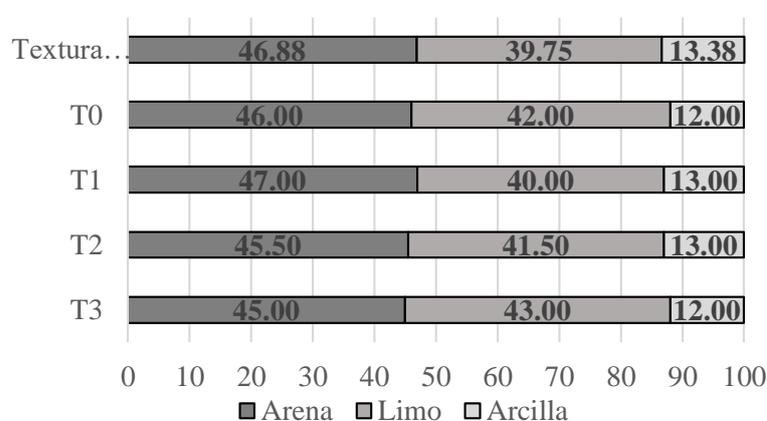
influencia importante en la especiación de metales y la disociación y actividad de grupos funcionales de compuestos orgánicos y otros constituyentes del suelo, mientras que Boguta y Sokołowska (2020) se refieren que la relación de trazas de metales con ácidos húmicos y fúlvicos en el suelo puede aumentar la solubilidad del zinc y el cadmio.

Por lo que, la incorporación del abono verde, en particular las legumbres enriquecidas con N pueden aumentar los compuestos aminos en el suelo durante la descomposición, mejorar el pH y el porcentaje de sodio intercambiable y aumentar en consecuencia la solubilidad del Zn.

## 4.2. Medición de los cambios físico-químicos del suelo luego de la aplicación de abonos

### 4.2.1. Textura

El suelo utilizado en el presente estudio, es tipo franco y presentó una textura inicial con abono verde compuesto por 46.88% de arena ( $p= 0.71$ ); 39.75% de limo ( $p= 0.97$ ) y 13.38% de arcilla ( $p= 0.16$ ); luego de la aplicación de los tratamientos, la textura final no mostró diferencias estadísticas en su estructura y composición; arena ( $p= 0.43$ ); limo ( $p= 0.84$ ) y arcilla ( $p= 0.60$ ) entre los tratamientos (Figura 31).

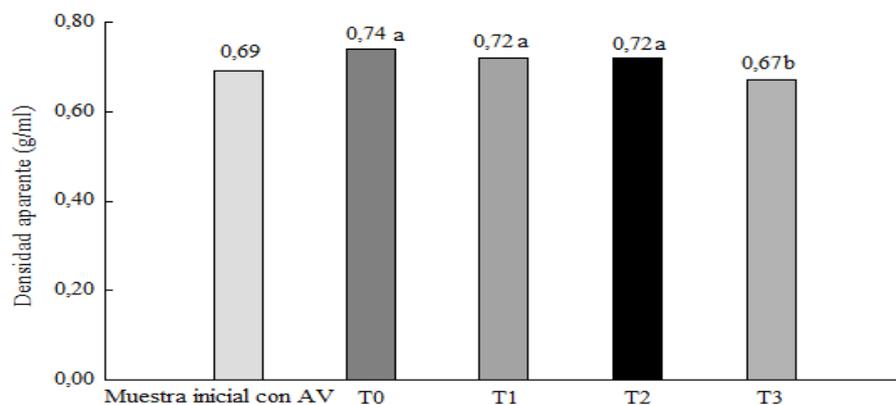


**Figura 31.** Textura inicial - textura final con tratamientos (%)

Se observó que en la textura con los tratamientos en relación a su composición existió un decremento en el porcentaje de arena, a excepción del compost (T1) y fertilizante mineral (T0); todos los tratamientos incrementaron en el porcentaje de limo y decrecieron en el porcentaje de arcilla en comparación con la muestra inicial con AV. En la textura con abonos orgánicos, el humus de lombriz (T2) y champiñonaza (T3) decrecieron el porcentaje de arena a excepción de compost (T1); el tratamiento champiñonaza (T3) incrementó el porcentaje de limo a excepción de compost (T1) y humus de lombriz (T2); los tratamientos compost (T1) y humus de lombriz (T2) incrementaron el porcentaje de arcilla a excepción de humus de lombriz (T2), todos estos en comparación con la textura con fertilizante mineral (T0). Por lo que se debe a que las arcillas presentan un comportamiento coloidal, y la incorporación de materia orgánica las vuelven más reactivas, ocasionando que se reduzca en la composición del suelo, además, la materia orgánica juega un papel importante en el suelo, debido a su mayor capacidad de intercambio catiónico y capacidad de retención de agua, así como su capacidad de quelación e influencia en la estabilidad del suelo (Pimentel, Lana, y Del Polli, 2009).

#### 4.2.2. Densidad aparente

La densidad aparente inicial con abono verde es 0.69 g/ml ( $p= 0.44$ ); luego de la aplicación de los tratamientos, la densidad aparente presentó diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre los tratamientos (Figura 32).



**Figura 32.** Densidad aparente inicial con AV - densidad aparente final con tratamientos

Se observó que el fertilizante mineral (T0), incrementó un 7.24%, los tratamientos compost (T1) y humus de lombriz (T2) incrementó un 4.35% a excepción de champiñonaza (T3) que decreció en un 2.99% en comparación con la muestra inicial de densidad aparente con AV. La densidad aparente con abonos orgánicos decreció en comparación de densidad aparente de fertilizante mineral (T0).

En esta investigación se observó que la densidad aparente con cada tratamiento se mantiene dentro de un rango óptimo, desde la siembra hasta la cosecha de la papa, lo que beneficia significativamente al suelo y a los futuros cultivos a efectuarse en suelos que no presentan compactación.

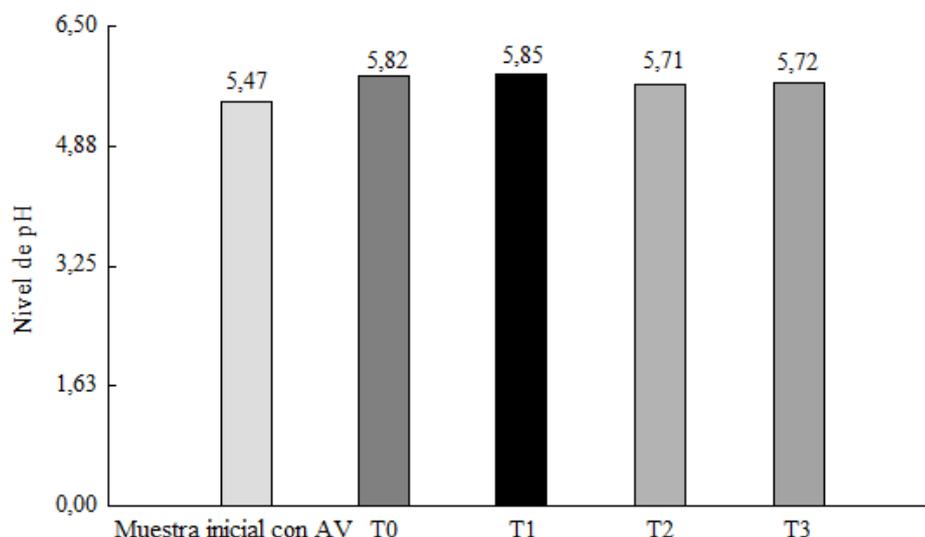
La densidad aparente (DA), es la característica que en mayor grado influye sobre la productividad de los cultivos, debido a su estrecha relación con otras propiedades del suelo (textura del suelo y el contenido de materia orgánica) (Stewart, Cameon, Cornfortg, y Sedcole, 1998).

Cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces (Salamanca y Sadeghian, 2004). La densidad aparente (DA) es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo (Stine y Weil, 2002). A medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, disminuye la DA y viceversa.

No obstante, en el presente estudio las densidades de las parcelas con tratamientos fertilizante mineral (T0), compost (T1) y humus de lombriz (T2) no mostraron diferencias significativas, mientras que la densidad aparente con el tratamiento champiñonaza (T3) es estadísticamente significativa en comparación con la densidad inicial, debido a la mayor descomposición de la materia orgánica y una reducción de la densidad aparente del suelo (Islam, Akter, Rana, Saiful, y Haque, 2019).

### 4.2.3. Potencial hidrógeno (pH)

El nivel de pH inicial con abono verde es 5.47 ( $p= 0.08$ ); luego de la aplicación de tratamientos no mostró diferencias estadísticas ( $p= 0.77$ ) entre los tratamientos (Figura 33).



**Figura 33.** Nivel de pH inicial con AV – nivel de pH final con tratamientos

Se observó un incremento en el nivel de pH con cada tratamiento, el nivel de pH con Fertilizante mineral (T0) incrementó un 6.40%, Compost (T1) incrementó un 6.95, Humus de lombriz (T2) incrementó 4.39% y Champiñonaza (T3) incrementó 4.57% en comparación con el nivel de pH inicial con AV. El nivel de pH decrece con los tratamientos T2 y T3 a excepción de T1 en comparación de Fertilizante mineral (T0).

Según se observa en los resultados, se establece que la adición de abonos orgánicos, independientemente de su naturaleza, aumento el pH del suelo, así como el Fertilizante mineral. En este sentido, la materia orgánica afecta la reacción del suelo (pH) debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno presente en los residuos orgánicos (Aguilera, 2000). Todos los tratamientos aumentaron el pH del suelo, lo cual es debido a la liberación y mineralización de las bases de cambio contenidas en los compuestos orgánicos y por el contenido inicial de N, dado que según Martínez, Fuentes y

Acevedo (2008), el N contenido en los abonos orgánicos provocaría un aumento inicial de pH asociado a formación de  $\text{NO}_4$  que consume protones.

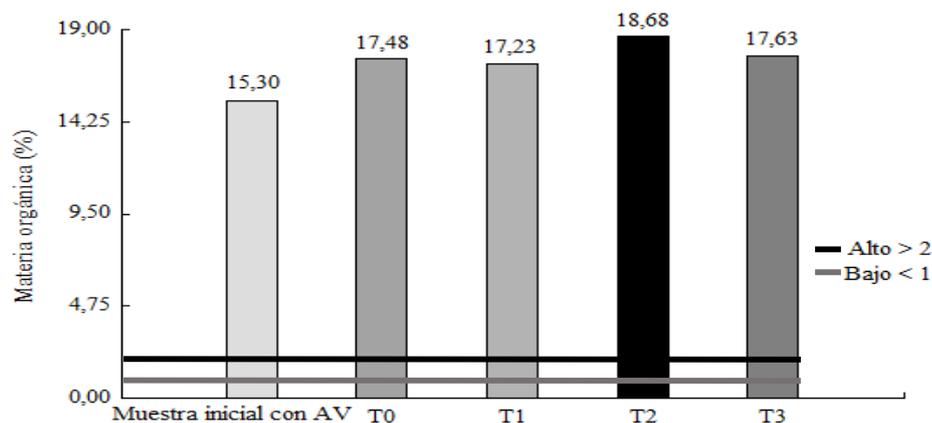
La aplicación de compost puede llegar a modificar el pH del suelo, aumentándolo o disminuyéndolo, lo que depende del pH del suelo original y de las características del agregado. La adición de un compost neutro o ligeramente alcalino a un suelo ácido incrementará el pH si se añade en cantidades apropiadas. Al respecto, se ha encontrado que el compost afecta el pH del suelo, aunque se apliquen cantidades tan bajas como 10 a 20 toneladas (McCauley, Jones, y Olson, 2017).

Además, el pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes porque los iones  $\text{H}^+$  ocupan espacio en las cargas negativas a lo largo de la superficie del suelo, desplazando los nutrientes. El efecto sobre la disponibilidad de nutrientes depende del tamaño y la carga de las moléculas de nutrientes y de si se pueden perder o no por lixiviación (McCauley y otros, 2017). En este sentido, el suelo utilizado en el estudio actual presenta un pH de 5.47 y su aumento es una consecuencia de que los tratamientos favorecen la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes.

Así mismo, el pH se correlaciona con la presión parcial de  $\text{CO}_2$ , en medio alcalino, el  $\text{CO}_2$  produce bicarbonato al consumir ion hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) y por lo tanto evitar aumentos de pH. Las raíces de las plantas y los microorganismos producen  $\text{CO}_2$  al respirar, lo que podría ser una de las razones del pH más bajo en las parcelas sometidas a tratamiento mineral en comparación con el abono orgánico debido a la mayor actividad microbológica (Herencia, Ruiz, Melero, y García, 2007).

#### **4.2.4. Materia orgánica**

La cantidad de materia orgánica inicial con abono verde es 15.30 ( $p= 0.03$ ) por lo que existe diferencias estadísticas; luego de la aplicación de los tratamientos, no mostró diferencias estadísticas ( $p= 0.36$ ) entre los tratamientos (Figura 34).



**Figura 34.** Materia orgánica inicial con AV – materia orgánica final con tratamientos

Se observó un incremento en la cantidad de materia orgánica con cada tratamiento en comparación con la cantidad de materia orgánica inicial con AV. La cantidad de materia orgánica incrementó con los tratamientos humus de lombriz (T2) y champiñonaza (T3) a excepción del Fertilizante mineral (T0).

Según los resultados obtenidos, el humus de lombriz (T2) fue el tratamiento que más aportó materia orgánica al suelo, seguido del champiñonaza (T3), luego el Fertilizante mineral (T0) y finalmente compost (T1), en este sentido, el tratamiento de humus de lombriz (T2), incrementó el contenido orgánico del suelo, debido a su mayor capacidad de descomposición, en comparación con los otros abonos orgánicos.

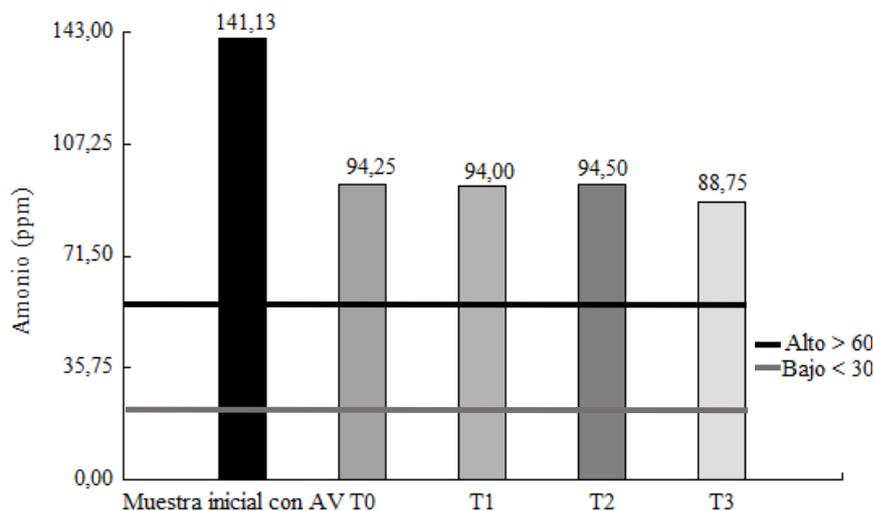
Así mismo, para Li, Zhao, Hao y Zhang (2017), estableció que la adición de abono verde puede no indicar incremento en la materia orgánica del suelo a corto plazo, un resultado similar obtuvo Huang, Zeng, Wu, Shi, y Pan, (2013) que concluyó que el C orgánico del suelo aumenta a mediano y a largo plazo. En base a lo expuesto previamente se puede establecer porque no se observó un aumento pronunciado de la materia orgánica del abono verde.

#### 4.2.5. Macronutrientes

- **Nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ )**

Los análisis estadísticos realizados en relación con la concentración del amonio muestran que no existe diferencias significativas para el abono verde ( $p= 0.67$ ), mientras que la cantidad de  $\text{NH}_4^+$  con los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas ( $p= 0.15$ ).

Se observó un decremento en la cantidad de  $\text{NH}_4^+$  en comparación con el valor presentado con abono verde (141.13 ppm) posterior a la cosecha de papa. El abono champiñonaza (T3) mostró un decremento de 37.19%, seguido con el compost (T1) con un decremento de 33.47%, mientras el fertilizante mineral (T0) presentó un decremento de 33.29% y el humus de lombriz (T2) presentó un decremento de 33.12%, la efectividad de extracción de nutrientes se puede indicar que fue  $T3 > T1 > T0 > T2$  (Figura 35).



**Figura 35.** Amonio inicial con AV – amonio final con tratamientos

Este decremento está relacionado con la producción de papa, dado que el  $\text{NH}_4^+$  es uno de los nutrientes más comúnmente suministrado al suelo y absorbidos por las plantas, ya sea mediante abonos orgánicos o fertilizante mineral, pues es esencial para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Bertsch (2003) reporta que este cultivo de papa absorbe 220 de N kg/ha para una producción de 20 t/ha, lo que evidencia los altos requerimientos nutrimentales que presenta el cultivo. Así mismo, Bhattarai y Swarnima (2016), establecieron que alrededor de 30 toneladas de producción por hectárea elimina 150 kg de N, mientras

Bautista (2015) quien basa su estudio en las producción de papa variedad chola en el Ecuador establece que la dosis óptima requerida por la planta es de 160 kg/ha de N, y la máxima eficiencia del nitrógeno con relación al rendimiento se consigue con 50 kg/ha de N, llegando así a obtener 186 kg de papa por cada kg de N aplicado.

No obstante, en relación a la extracción de  $\text{NH}_4^+$  por parte de la papa para los distintos tratamientos, no se detectó grandes diferencias, sin embargo, entre el T0 y champiñonaza (T3) existe una reducción del 6%, que implica una mayor extracción de  $\text{NH}_4^+$  en relación al abono verde, lo cual puede deberse a la acumulación de materia seca en los brotes de papa, la cual es superior en el abono verde en comparación con el mineral (Mohamed, Watthier, Zanuncio, y Santo, 2017). La mayor acumulación de materia seca en los tubérculos de papa con abono verde se debe al nitrógeno y la disponibilidad de otros elementos como fósforo, potasio, magnesio, boro, manganeso y zinc, absorbidos y asignados como materia seca en los tubérculos de papa (Soratto, Crusciol, da Costa, Neto, y Castro, 2012). Así mismo, la menor acumulación de materia seca en los tubérculos de la planta con fertilizante mineral se debe a la correlación negativa con el nitrógeno (Tein, y otros, 2014), que implica que a mayores cantidades de nitrógeno mineral se mejora el crecimiento del tubérculo, pero con concentraciones más bajas de materia seca y almidón.

El champiñonaza (T3) presentó una capacidad para fijar, acumular y suministrar grandes cantidades de  $\text{NH}_4^+$  al suelo y a través de la descomposición y posterior mineralización este abono es el que presenta mayor capacidad para aportar  $\text{NH}_4^+$  al suelo y al crecimiento del cultivo.

Así mismo, el suministro suficiente de N en forma de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  depende de la cantidad mineralizada del N orgánico total y de otros factores incluyendo la propia mineralización, inmovilización y pérdida (Cifuentes, y otros, 2013). En el caso del humus de lombriz, sus mecanismos de estabilidad, determinan que la tasa a la cual se da el proceso de mineralización es bajo (entre el 1 y el 3% anual), lo que implica que las sustancias "húmicas" se acumulan con el tiempo en el suelo, además esto sería previsible, considerando el alto contenido de N del humus de lombriz (6%) y su baja relación C/N (cerca a 10/1), mientras que las cantidades de N en restos

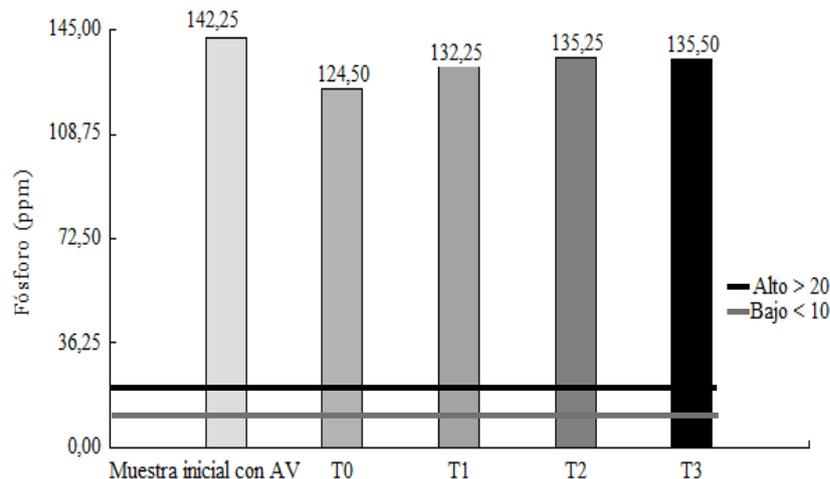
orgánicos son mucho menores que las cantidades presentes en el fertilizante mineral y humus, pero este N es mucho más reactivo, estableciendo que el efecto neto de aporte de N al suelo depende de su relación C/N (Perdomo y Barbazán, 2010).

Hay que tener en cuenta que la cantidad de  $\text{NH}_4^+$  aplicado con los abonos orgánicos no está disponible de inmediato a la planta porque primero debe mineralizarse y la tasa de mineralización es variable y depende de varios factores como las propiedades del suelo, el tipo de compost y condiciones ambientales, además, parte del N descompuesto se inmoviliza en materia orgánica.

- **Fósforo (P)**

Los análisis estadísticos realizados en relación a la cantidad de P con cada uno de los tratamientos mostraron que no existe diferencias significativas, para el abono verde se obtuvo un valor de  $p= 0.83$ , mientras que los tratamientos mostraron homogeneidad ( $p= 0.83$ ).

Sin embargo, se observó un decremento en la cantidad de P con todos los tratamientos en comparación con la cantidad de P inicial con abono verde (142.25 ppm) posterior a la cosecha de papa, siendo la más pronunciada la obtenida con el fertilizante mineral (T0) que mostró un decremento de 12.47% (124.50 ppm) en comparación con el abono verde, seguido con compost (T1) con un decremento de 7% (132.25 ppm), el tratamiento humus de lombriz (T2) presentó un decremento de 4.92% (135.25 ppm) y el tratamiento champiñonaza (T3) presentó un decremento de 4.75% (135.50 ppm), el decremento de la cantidad de P se puede indicar que fue  $T0 > T1 > T2 > T3$  (Figura 36).



**Figura 36.** Fósforo inicial con AV – fósforo final con tratamientos

En función de los resultados obtenidos, se puede establecer que todas las parcelas presentaron un descenso de P, debido a la absorción de este nutriente por parte de los tubérculos. En este sentido, Bertsch (2003), indicó que se requería la extracción de 20 kg de P para una producción de papa de 20 t/ha, mientras Bhattarai y Swarnima (2016) establecieron que alrededor de 30 toneladas de producción de papa por hectárea elimina 60 kg de P, mientras que Bautista, (2015), en su estudio basada en la producción de papa de la variedad chola, indicó que hasta 100 kg/ ha de  $P_2O_5$  es la extracción de P, y la dosis óptima requerida por la planta es de 325 kg/ha de P; además de que, la máxima eficiencia del P con relación al rendimiento se consigue con 126 kg de papa por cada kg de P aplicado.

Sin embargo, en relación con los diferentes tratamientos aplicados en el estudio, se obtuvo que la mayor cantidad extracción de P se obtuvo con el fertilizante mineral cuyo pH es superior al resto de los tratamientos, y considerado que como se estableció previamente, la fijación del fósforo disminuye al aumentar el pH del suelo, lo que implica que el fertilizante mineral (T0) presenta menor fijación de P y por lo tanto mayor disponibilidad para la absorción de la planta de papa.

En relación con los abonos orgánicos, el compost (T1) presentó mayor extracción de P, en este sentido, Richardson y Simpson (2011) indican que los microorganismos desempeñan un papel importante para mejorar la capacidad de las

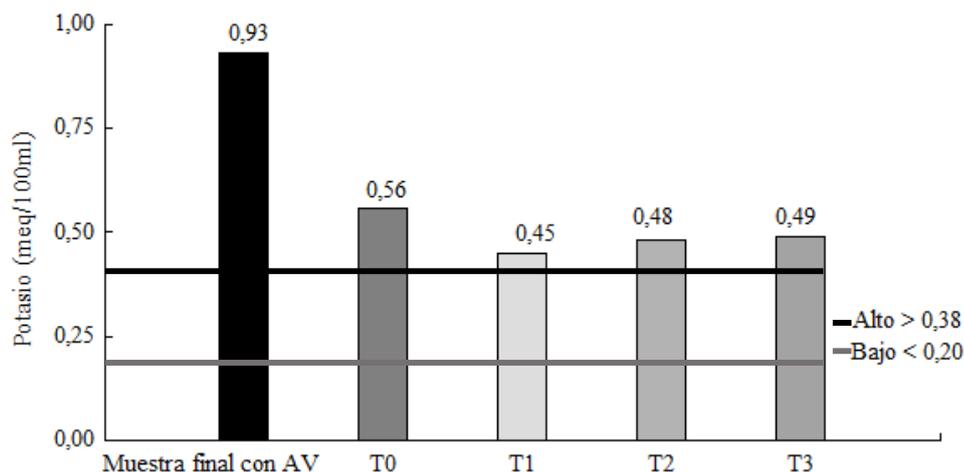
plantas para adquirir P mediante varios mecanismos que pueden aumentar directa o indirectamente la disponibilidad de P. Además, el aumento de la biomasa microbiana cuando se agrega materia orgánica al suelo aumenta el CO<sub>2</sub> que forma H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la solución del suelo, lo que resulta en la disolución de minerales que contienen P primario.

Sin embargo, estudios han demostrado que es más ventajoso aplicar abonos orgánicos en lugar de fertilizantes minerales para mejorar la disponibilidad de P para las plantas porque la descomposición de los abonos orgánicos aumenta los ácidos orgánicos, que quelatizan los cationes ligados al fosfato, convirtiéndolo así en formas solubles que reducen la fijación de P y aumentan la disponibilidad de este nutriente (Herencia y Maqueda, 2016).

- **Potasio (K)**

Los análisis estadísticos realizados en relación a la cantidad de K con cada uno de los tratamientos mostraron que no existe diferencias significativas, para el abono verde se obtuvo un valor de  $p= 0.41$ , mientras que los tratamientos mostraron homogeneidad ( $p= 0.35$ ).

Se observó un decremento de la cantidad de K en comparación con el valor presentado con abono verde (0.93 meq/100 ml) posterior a la cosecha de papa, siendo la más pronunciada la obtenida con el compost (T1) que mostró un decremento de 51.61% en comparación con el abono verde, seguido con el humus de lombriz (T2) con un decremento de 48.38%, mientras el champiñonaza (T3) presentó un decremento de 47.31% y el tratamiento fertilizante mineral (T0) fue el que presentó menor extracción con un 39.78%, la extracción de nutrientes en el suelo fue  $T1 > T2 > T3 > T0$  (Figura 37).



**Figura 37.** Potasio inicial con AV – potasio final con tratamientos

En función de los resultados obtenidos, se puede establecer que todas las parcelas presentaron un decremento de K debido a la absorción de este nutriente por parte de los tubérculos. En este sentido, Bhattarai y Swarnima (2016), establecieron que alrededor de 30 t/ha extrae 250 kg de K, mientras que Bautista (2015), indicó que de 300 a 600 kg/ha de  $K_2O$  necesita la papa chola para su crecimiento, y en evaluaciones realizadas con la aplicación de 100 kg/ha de  $K_2O$  se obtuvo incrementos promedio de 1.68 t/ha.

El nutriente K juega un papel importante en la calidad, el rendimiento y atributos de la papa como azúcar reductor, vitamina C, gravedad específica, vida útil y rendimiento total a la formación de tubérculos de gran tamaño o al aumento número de tubérculos por planta o ambos en la acumulación de carbohidratos (Bhattarai y Swarnima, 2016).

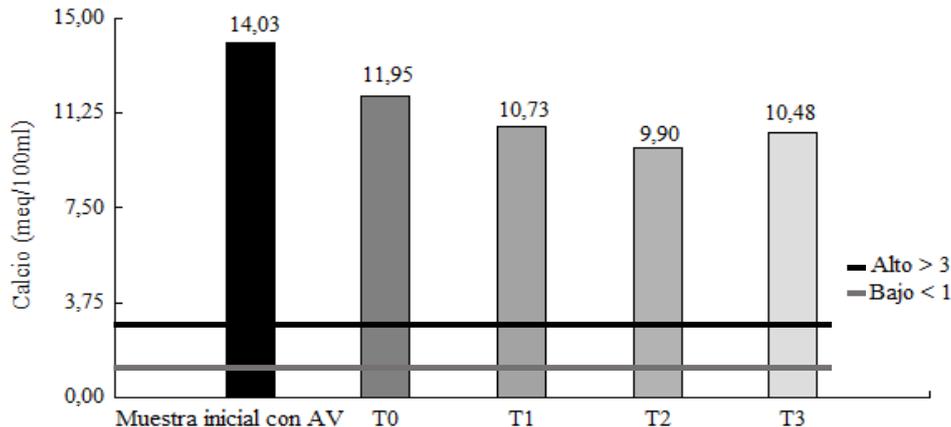
En relación a los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa que el fertilizante mineral (T0) fue el tratamiento que tuvo una menor extracción de K, en comparación con los abonos orgánicos, lo que implica que el abono orgánico de compost (T1) presentó una mayor extracción de este elemento para la adsorción de la planta, esto se puede deber al alto contenido de K del compost y al aumento de los sitios de intercambio debido a la materia orgánica agregada, que no fija fuertemente el K (Herencia y Maqueda, 2016). La reducción de K en el abono verde y en los abonos orgánicos, se debe a que el K a diferencia de otros elementos

como C, N y P, no está asociada a ninguna estructura orgánica y es móvil por lo tanto también es fácil de lixiviar (Edmeades, 2003).

- **Calcio (Ca)**

La cantidad de calcio inicial con abono verde es 14.03 meq/100ml ( $p= 0.52$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos presentó homogeneidad ( $p= 0.62$ ) entre estos.

Sin embargo, se observó un decremento de la cantidad de Ca en comparación con el valor presentado con abono verde (14.03 meq/100 ml) posterior a la cosecha de papa, siendo la más pronunciada la obtenida con el humus de lombriz (T2) que mostró un decremento de 29.43% (9.9 meq/100 ml), seguido con el champiñonaza (T3) con un decremento de 25.30% (10.48 meq/100 ml), seguido de compost (T1) con un decremento de 23.52% (10.73 meq/100 ml) y el tratamiento fertilizante mineral (T0) fue el que presentó menor extracción con un 14.82% (11.95 meq/100 ml). La extracción de Ca en el suelo fue  $T2 > T3 > T1 > T0$  (Figura 38).



**Figura 38.** Calcio inicial con AV -calcio final con tratamientos

Existe un descenso de contenido de Ca en todas las parcelas con los tratamientos en comparación con el contenido inicial de Ca, debido a que el cultivo de papa requiere de este elemento para la construcción de sus paredes celulares fabricando una estructura estable y fuerte resistente a ataques de bacteria y hongos (Espinosa, 2003). Por otro lado, este elemento ayuda al suelo a reducir su acidez; afecta

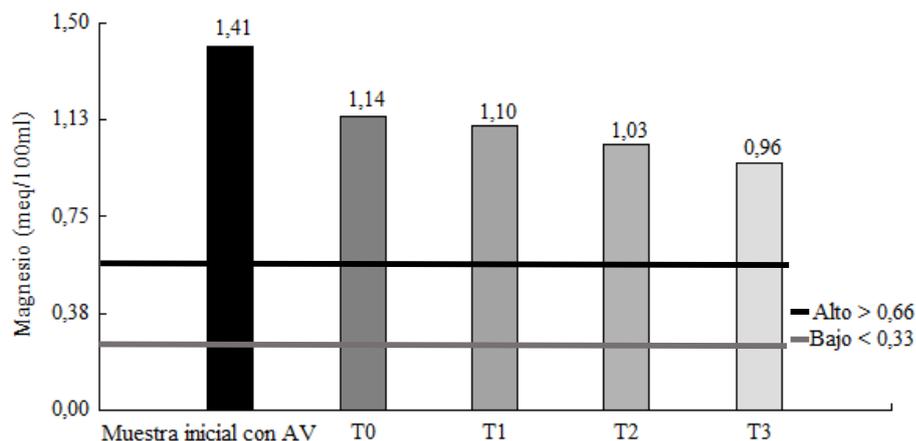
positivamente a la disponibilidad de fósforo y reduce niveles de amonio tóxico por parte de las fertilizaciones minerales (Medina, 2008).

En base a lo expuesto previamente, se observó que la mayor extracción de Ca, se obtuvo con la aplicación del T2 (humus de lombriz), seguido del T3 (champiñonaza) y T1 (compost), mientras que el fertilizante mineral fue el tratamiento que produjo en menor proporción la extracción de Ca del suelo. La capacidad de los abonos orgánicos para aportar calcio al suelo depende de su composición, en este sentido, los abonos de origen animal contienen una gran cantidad de carbonatos y tienen valor encalado, mientras que las leguminosas contienen un bajo contenido de calcio (1 y 2%), pero en este caso el calcio no tiene valor de encalado porque no tiene carbonatos.

- **Magnesio (Mg)**

La cantidad de magnesio inicial con abono verde es 1.41 meq/100ml ( $p= 0.29$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de magnesio presentó homogeneidad ( $p= 0.37$ ) entre estos.

Por lo que se observó un decremento de la cantidad de Mg en comparación con el valor presentado con abono verde (1.41 meq/100 ml) posterior a la cosecha de papa, siendo la más pronunciada la obtenida con el champiñonaza (T3) que mostró un decremento de 31.91% (0.96 meq/100ml), seguido con el humus de lombriz (T2) con un decremento de 26.95% (1.03 meq/100ml), el tratamiento compost (T1) presentó un decremento de 21.98% (1.10 meq/100ml), y el tratamiento fertilizante mineral (T0) fue el que presentó menor extracción con un decremento de 19.15% (1.14 meq/100ml), la extracción del nutriente Mg en el suelo fue  $T3 > T2 > T1 > T0$  (Figura 39).



**Figura 39.** Magnesio inicial con AV - magnesio final con tratamientos

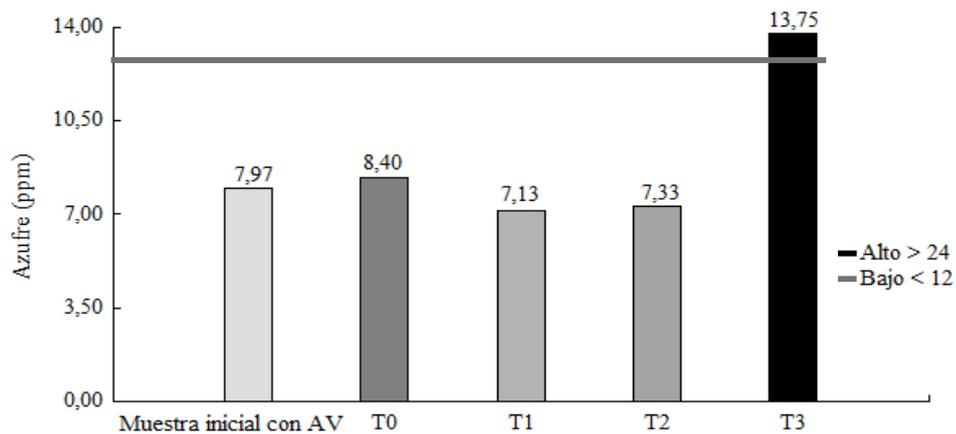
Se evidenció un decremento de la cantidad de Mg en todas las parcelas con los cuatro tratamientos en comparación con el contenido inicial de Mg con AV, esto se debe a que este elemento forma parte de la molécula de la clorofila y por ende al proceso de fotosíntesis de la planta; forma parte en la producción y transporte de azúcares y proteínas desde las hojas a los tubérculos de papa (Medina, 2008).

En base a los resultados obtenidos, se observó que el T0 presentó una menor extracción de Mg presente en el suelo, mientras que el T3 corresponde a una mayor extracción de Mg, al igual que con el K disponible, en el estudio actual los resultados mostraron que los valores de Mg disponibles que por lo tanto son absorbidos por las plantas fueron más extraídos en las parcelas manejadas orgánicamente que en las parcelas minerales, esto se debe a que el Mg está asociado con residuos vegetales orgánicos (clorofila), además, el complejo de intercambio es más estable con Mg, lo que genera que los valores disponibles sean mayores en suelos orgánicamente fertilizados. Además, los fertilizantes minerales hacen que el magnesio del suelo esté menos disponible para las plantas, dado que por lo general contienen más K que Mg, por lo que el K podría reemplazar a este elemento en las posiciones de intercambio y causar pérdida de Mg por lixiviación, lo que podría explicar valores más bajos de Mg disponible en el suelo manejado convencionalmente (Herencia y Maqueda, 2016).

- **Azufre (S)**

La cantidad de azufre inicial con abono verde es 7.97 ppm ( $p= 0.91$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de azufre presentó homogeneidad ( $p= 0.08$ ) entre estos.

Se observó un decremento de las cantidades de S en los tratamientos T1 y T2; e incremento de las cantidades de S con los tratamientos T0 y T3 en comparación de la cantidad de S inicial con AV. El tratamiento T1 decremento a un 10.54% (7.13 ppm); el tratamiento T2 decremento a un 8.03% (7.33 ppm); mientras que los tratamientos T0 y T3 incrementaron a un 5.12% (8.40 ppm) y 42.03% (13.75 ppm) (Figura 40).



**Figura 40.** Azufre inicial con AV - azufre final con tratamientos

Los resultados con relación a la cantidad de S, en el caso del T1 y T2, se obtuvo un decremento, esto se debe a que el cultivo de papa requiere de azufre para la formación de proteínas, vitaminas y hormonas, según Bautista (2015); con relación a los requerimientos nutricionales de la papa súper chola, indicó que con la adición de 30 kg/ha de S se obtuvo incrementos en el rendimiento de 5.76 t/ha con una eficiencia de 192 kg de papa /kg de azufre aplicado.

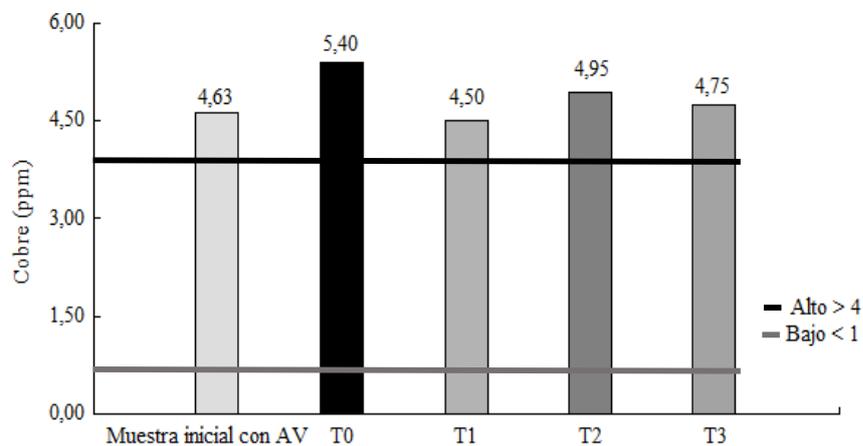
No obstante, se enfatiza el incremento de S, en las parcelas con el tratamiento champiñonaza (T3), el cual se debe a que en gran parte del S en el compost de champiñón (87%) está presente como  $SO_4^{2-}$  - S en yeso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), el cual se libera con relativa facilidad ya que no necesita mineralizarse y el yeso es ligeramente soluble (Stewart y Cornforth, 2000).

#### 4.2.6. Micronutrientes

- **Cobre (Cu)**

La cantidad de cobre inicial con abono verde es 4.63 ppm ( $p= 0.81$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de cobre presentó homogeneidad ( $p= 0.38$ ) entre estos.

Se observó incrementos de Cu, con los tratamientos T0 a un 14.26% (5.40 ppm) T2 a un 6.46% (4.95 ppm) y T3 2.63% (4.75 ppm); y decremento de Cu en el tratamiento T1 2.81% (4.50 ppm) en comparación con la cantidad de Cu inicial con AV (Figura 41).



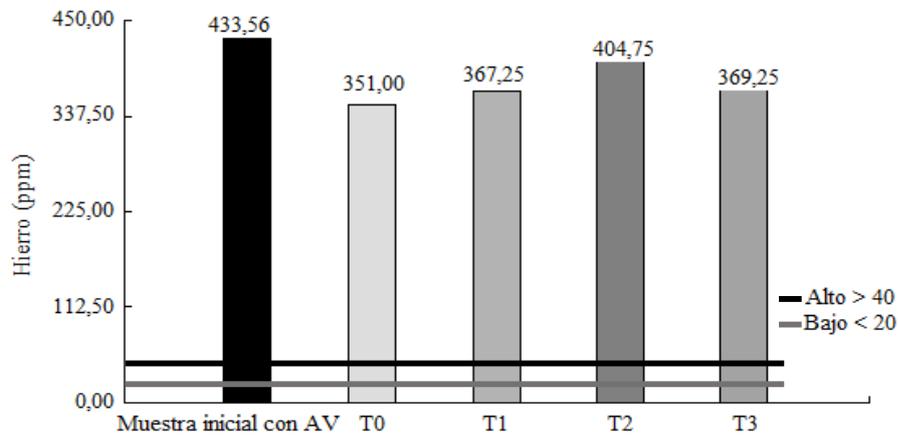
**Figura 41.** Cobre inicial – cobre final con tratamientos

Se produjo un incremento de la cantidad de Cu en todos los tratamientos a excepción del tratamiento T1, el cual aportó con cantidad de Cu a la planta de papa. En los tratamientos orgánicos el tratamiento T2 (humus de lombriz) produjo un incremento de Cu en el suelo, esto se debe al aporte de este nutriente por las heces de las lombrices (Arrieché, 2008).

- **Hierro (Fe)**

La cantidad de hierro inicial con abono verde es 433.56 ppm ( $p= 0.67$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de hierro presentó homogeneidad ( $p= 0.72$ ) entre estos.

Se observó un decremento de la cantidad de Fe, en todos los tratamientos en comparación con el valor inicial de Fe (433.56 ppm) posterior a la cosecha de papa, en el caso del T2 decremento en un 6.64% (404.75 ppm), seguido del tratamiento T3 con un decremento de 14.83% (369.25 ppm), con el tratamiento T1 decremento en 15.29% (367.25 ppm) y con el tratamiento T0 decremento en un 19.04% (351.00 ppm) (Figura 42).



**Figura 42.** Hierro inicial con AV- hierro final con tratamientos

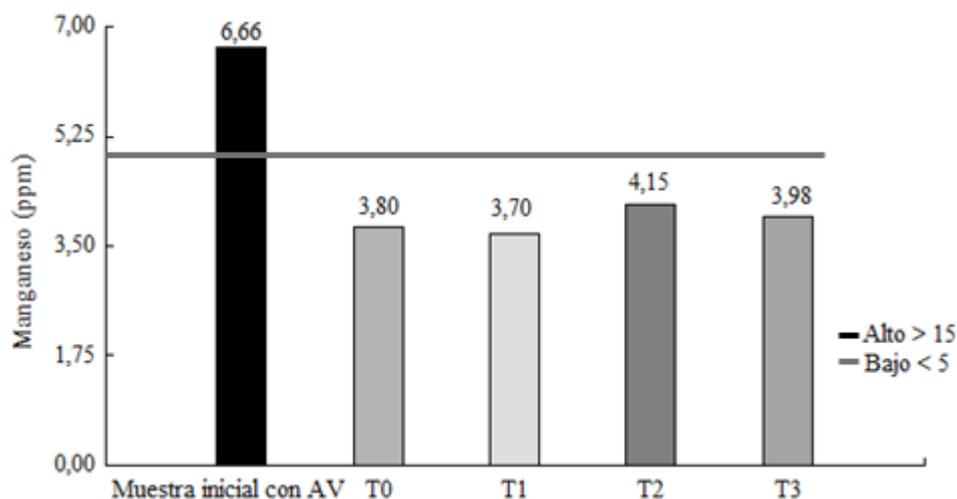
Según los resultados observados, se produce un decremento del Fe para todos los tratamientos, sin embargo, con el tratamiento T0 (fertilizante mineral) presentó mayor extracción de Fe. De acuerdo con Acevedo, Ortiz, Cruz y Cruz, (2004), el Fe es uno de los elementos más frecuentes en las rocas y en los suelos agrícolas; es así como, el Fe juega un papel importante en la agregación de partículas y en la formación de la estructura del suelo. La aplicación de abonos orgánicos equilibra la cantidad de este nutriente en el suelo permitiendo obtener al cultivo lo necesario para su desarrollo, además de conservarse en el suelo.

- **Manganeso (Mn)**

La cantidad de manganeso inicial con abono verde es 6.66 ppm ( $p= 0.07$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de manganeso presentó homogeneidad ( $p= 0.55$ ) entre estos.

Se observó un decremento de la cantidad de Mn, en todos los tratamientos en comparación con el valor inicial de Mn (6.66 ppm) posterior a la cosecha de papa,

con el tratamiento T2 decremento en un 37.68% (4.15 ppm); con el tratamiento T3 decremento en un 40.24% (3.98 ppm); con el tratamiento T0 decremento en un 42.94% (3.80 ppm) y con el tratamiento T1 decremento en un 44.44% (3.70 ppm) (Figura 43).



**Figura 43.** Manganeso inicial con AV- manganeso final con tratamientos

Según los resultados obtenidos, se observó que con los tratamientos orgánicos como el fertilizante mineral produjeron un decremento de la cantidad de manganeso, posterior a la cosecha, al igual que muchos nutrientes, el Mn se ve afectado por el pH del suelo, donde cada unidad de incremento, decremanta 100 veces la solubilidad de manganeso; sin embargo, el factor dominante es el contenido de materia orgánica que influye en gran medida en la disponibilidad de micronutrientes, especialmente hierro y manganeso al acomplejarlos (Gómez, López, y Cifuentes, 2006).

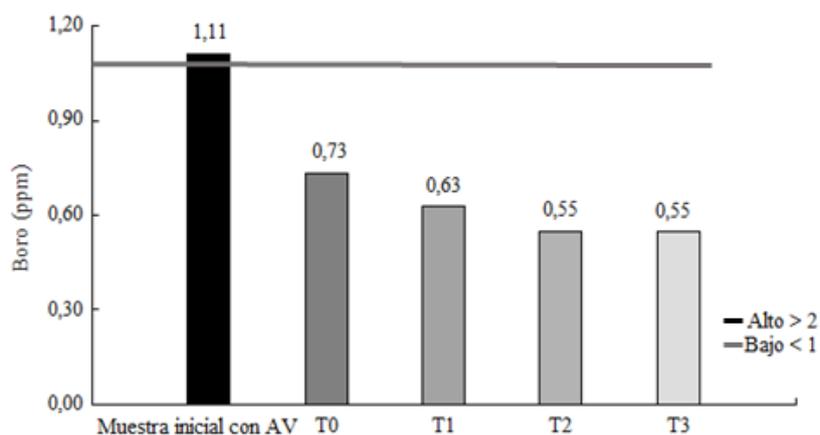
Los compuestos orgánicos del suelo con poder quelatante son numerosos, encontrando sustancias bioquímicas provenientes de organismos vivos tales como ácidos orgánicos, poli fenoles, aminoácidos, proteínas y polisacáridos, así como polímeros complejos como ácidos húmicos y fúlvicos. Además, los microorganismos actúan sobre la asimilación de los micro elementos, concretamente controlan las reacciones de óxido reducción del hierro (Fe) y manganeso (Mn) en el suelo (Gómez y otros, 2006).

Según Gómez y otros, (2006), las condiciones del medio que decremanta la cantidad del manganeso son suelos ricos en materia orgánica, al aumento del pH, suelos ligeramente ácidos o alcalinos reducen su disponibilidad y suelos ricos en hierro. La aplicación de abonos orgánicos son los principales responsables en el aumento de materia orgánica y del hierro en suelos agrícolas.

- **Boro (B)**

La cantidad de boro inicial con abono verde es 1.11 ppm ( $p= 0.05$ ) por lo que existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de boro presentó homogeneidad ( $p= 0.71$ ) entre estos.

Se observó decrementos en la cantidad de B con todos los tratamientos en comparación con el valor inicial de B (1.11 ppm) posterior a la cosecha de papa, en el tratamiento T0 decremento en un 34.23% (0.73 ppm); el tratamiento T1 decremento en un 43.24% (0.63 ppm), el tratamiento T2 decremento en un 50.45% (0.55 ppm) respectivamente, similar al tratamiento T3 decremento en un 50.45% (0.55 ppm) (Figura 44).



**Figura 44.** Boro inicial – boro final con tratamientos

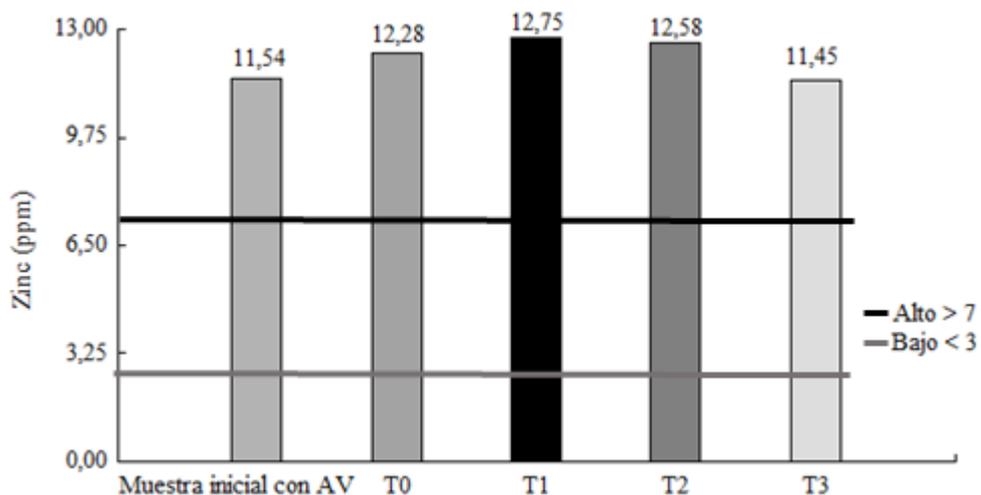
Se obtuvo un decremento en la cantidad de B para todos los tratamientos aplicados en comparación con la muestra inicial de B con AV; los abonos orgánicos presentaron una mayor extracción de cantidad de B, en comparación con el fertilizante mineral, dado que la materia orgánica forma un complejo con el boro para extraerlo de la solución del suelo (Acuña, 2005).

Es necesario considerar que la disponibilidad de B para las plantas decreta con el incremento del nivel de pH del suelo, especialmente, un nivel de pH superior a 6.5 (Acuña, 2005), así mismo, se establece que en suelos ácidos, la materia orgánica es la principal responsable de los niveles de B, mientras que en suelos alcalinos los efectos de la materia orgánica están generalmente subordinados a los del nivel de pH y calcio disponible, estableciendo que un aumento de nivel de pH aportaría un incremento del proceso de fijación (Ratto, 1982).

- **Zinc (Zn)**

La cantidad de zinc inicial con abono verde es 11.54 ppm ( $p= 0.51$ ) por lo que no existe diferencia estadística; luego de la aplicación de los tratamientos la cantidad de zinc presentó homogeneidad ( $p= 0.35$ ) entre estos.

Se observó incrementos de la cantidad de zinc con los tratamientos T0, T1 y T2; mientras que el tratamiento T3 decreta su cantidad de zinc en comparación con la cantidad de zinc inicial con AV. En el tratamiento T0 incrementó en un 6.41%; el tratamiento T1 incremento en un 10.48%; el tratamiento T2 incrementó en un 9.01% y el tratamiento T3 que decreta en un 0.78%; manteniéndose en rango alto de disponibilidad de este nutriente en el suelo (Figura 45).



**Figura 45.** Zinc inicial con AV - zinc final con tratamientos

Luego de la aplicación de los abonos, el Zn se mantiene con cantidades altas de disponibilidad, lo cual se asocia por lo general a la materia orgánica y nivel de pH

del suelo. Con el tratamiento T1 se produjo una mayor cantidad de disponibilidad en el suelo al final de la cosecha y con el tratamiento T3 se produjo una mayor cantidad de extracción de zinc.

Por lo que, se puede establecer que las incorporaciones de los abonos orgánicos enriquecen al suelo con N y como producto de la descomposición, incremento de nivel de pH y por lo tanto la solubilidad del Zn (Millaleo, Montecinos, Rubio, Contreras, y Borie, 2006).

### 4.3. Resultados de la extracción de nutrientes

A continuación, se muestran los resultados de la extracción de nutrientes para cada uno de los tratamientos en base a los macronutrientes ( $\text{NH}_4^+$ , P y K), en el anexo 12 se muestra el cálculo de cantidad extraída de nutrientes  $\text{NH}_4^+$ , P y K del suelo, (Anexo15 y 16).

**Tabla 7.** Resultados de extracción de nutrientes

Tratamientos	Extracción de nutrientes por tratamiento (kg/ha)		
	$\text{NH}_4^+$	P	K
Fertilizante mineral (T0)	94.89	153.26	324.6
Compost (T1)	67.18	82.67	529.54
Humus de lombriz (T2)	70.00	115.11	432.39
Champiñonaza (T3)	79.73	109.53	562.20

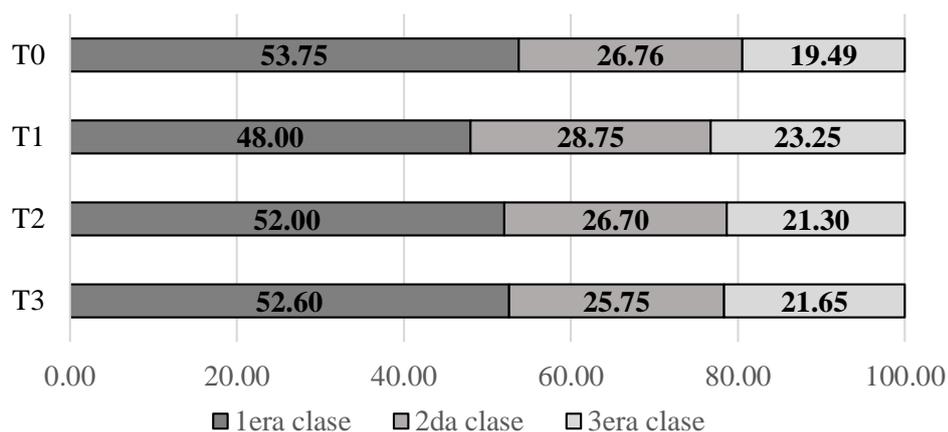
Las parcelas con el tratamiento compost (T1), mostraron una mayor extracción de  $\text{NH}_4^+$  por parte de la papa variedad súper chola con la siguiente secuencia en eficiencia de extracción de  $\text{NH}_4^+$ : T1>T2>T3>T0. En relación al P, las parcelas con el tratamiento compost (T1), mostraron una mayor extracción de P, la secuencia en

eficiencia de extracción de P de los tratamientos aplicados es la siguiente: T1>T3>T2>T0, finalmente para el K, las parcelas con el tratamiento fertilizante mineral (T0), mostraron una mayor extracción de K, y la secuencia en eficiencia de extracción de K es: T0>T2>T1>T3.

En relación con los resultados de la extracción de nutrientes, se puede establecer que el T1 es el tratamiento más eficiente en el aporte de  $\text{NH}_4^+$  y P, que son nutrientes fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los tubérculos (Bertsch, 2003).

#### 4.3. Evaluación del rendimiento del cultivo por cada abono

En el rendimiento del cultivo de papa se observó que no existen diferencias estadísticas con los tratamientos; obteniendo como resultado por categorías la papa de primera clase ( $p= 0.73$ ); segunda clase ( $p= 0.76$ ) y tercera clase ( $p= 0.54$ ), obteniendo un rendimiento total de papa con fertilizante mineral (T0) de 23 858.02 kg/ha; compost (T1) de 22 400.00 kg/ha; humus de lombriz (T2) de 19 712.35 kg/ha y champiñonaza (T3) de 20 440.74 kg/ha.



**Figura 46.** Rendimiento total del cultivo de papa en (%)

No obstante, se puede establecer que existe una tendencia, porque a pesar de que no haya diferencias significativas y, por tanto, no se pueda afirmar que exista un tratamiento con mejor rendimiento que otro, los tratamientos T0 y T1 (fertilizante mineral y compost) muestran un mayor rendimiento en la producción de papa. Estos resultados son concordantes con el trabajo de Valverde, Torres, Quishpe, y Parra,

(2010), que determinaron que la fertilización mineral alcanzó los rendimientos más altos de papa en los dos ciclos de cultivo, sin embargo, los niveles de abono orgánico también presentaron incrementos en el rendimiento de papa.

El rendimiento de papa con el tratamiento T0, se debe a la disposición inmediata de macro y micro nutrientes; en comparación con los abonos orgánicos en los cuales la disposición está asociado a procesos biológicos y químicos; sin embargo, la diferencia entre el T0 y T1 es de apenas 6.1%. Los rendimientos de cosecha con abonos orgánicos son similares estadísticamente en comparación con fertilizante químico; lo que permite afirmar que el cultivo de papa puede responder favorablemente a dosis altas de materia orgánica (Muñoz y Lucero, 2008).

En base a lo expuesto previamente, en tratamiento T1 mostró una mayor extracción de nutrientes de  $\text{NH}_4^+$  y P, por lo que se demostró en su rendimiento de cosecha.

#### **4.4. Elaboración de una propuesta para el buen manejo y conservación del suelo agrícola de la parroquia Santa Martha de Cuba, provincia del Carchi**

Mediante esta propuesta para el buen manejo y conservación de suelo agrícola en base a los resultados obtenidos en la investigación, se debe aplicar estrategias que permitan al agricultor mejorar, recuperar y conservar el suelo; ya que con las inadecuadas prácticas empleadas modifican las propiedades físico-químicas del suelo, y por ende terminan afectando a la producción y calidad de los cultivos. Así mismo, se pretende generar interés en el agricultor en la aplicación de estrategias agroecológicas vinculándolas con sus conocimientos de campo.

##### **Nombre de la propuesta**

Manejo y conservación de suelos agrícolas mediante el uso de abonos orgánicos.

##### **Diagnóstico y Problema**

Ecuador es un país en el cual la fertilidad del suelo puede ser un factor limitante para la producción de cultivos, considerando que además una gran parte de la población depende de la agricultura para su sustento, así mismo, y que actualmente, las prácticas tradicionales utilizadas por los agricultores ya no son productivas (insostenibles y destructivas para el medio ambiente), y provoca el agotamiento del suelo y la demanda de más tierra (Meena R. , 2020), además, el intensivo uso de fertilizantes minerales e insumos agrícolas acidifica, erosiona, elimina a microorganismos presentes en los cultivos y provoca cambios negativos en las propiedades físico-químicas de los agro ecosistemas, generando que esta práctica sea insostenible a largo plazo (Suquilanda, 2017).

En base a lo expuesto previamente, existe la necesidad de cambiar estas formas tradicionales adoptando algunas prácticas de manejo de la fertilidad del para aumentar la producción de alimentos, por lo que el uso de abonos orgánicos no solo mejorará las condiciones del suelo para el cultivo exitoso de alimentos, sino también es un sistema amigable con el ambiente y económico en comparación con los fertilizantes convencionales.

### **Identificación, descripción y diagnóstico del problema**

El 71.9% de la superficie de la parroquia de Santa Martha de Cuba es cultivable, por lo que la mayoría de los habitantes se dedican a esta actividad económica, sin embargo, los métodos que utilizan no son sostenibles ni sustentables, dado que utilizan el sistema de ciclo corto y uso de fertilizantes minerales (GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba, 2015).

En este sentido, el presente estudio, pretende complementar las investigaciones sobre el efecto de los abonos orgánicos en las propiedades físico-químicas del suelo, así como en el rendimiento de la cosecha del cultivo en el caso particular de la papa de variedad súper chola; dado que los análisis de esta naturaleza son escasos en el país, y los resultados alcanzados servirán para concientizar a los agricultores sobre los beneficios de las técnicas agroecológicas en el rendimiento de la cosecha y en el medio ambiente.

Los resultados obtenidos en campo y laboratorio han permitido conocer la potencialidad de los abonos orgánicos y el efecto en las propiedades físico-químicas del suelo, destacando la mejora en la capacidad de producción y conservación de suelo agrícola. La información obtenida genera oportunidades para un adecuado manejo y conservación de suelos agrícolas de la parroquia Santa Martha de Cuba.

Por lo que se propone la utilización de estrategias agroecológicas en ecosistemas agrícolas dando importancia al manejo y conservación del suelo. Previniendo así, la utilización masiva de fertilizantes minerales en los cultivos y priorizando la salud de sus habitantes.

### **MATRIZ FODA**

Se elaboró la matriz FODA (Tabla 8), con la finalidad de encontrar los elementos más importantes para el inicio de la propuesta de manejo y conservación de suelo agrícola. El objetivo de la utilización de esta herramienta es para establecer fortalezas, oportunidades, debilidades, y amenazas del sitio de investigación. En la siguiente tabla se describe los elementos FODA analizados para el suelo agrícola de la parroquia Santa Martha de Cuba.

**Tabla 8.** Elementos de la matriz FODA del suelo agrícola de la parroquia Santa Martha de Cuba

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los agricultores están interesados en la utilización de abonos orgánicos para el buen manejo de suelo con sus cultivos.</li> <li>• Aplicación de abonos orgánicos vinculados con buenas prácticas mecánicas y uso de bio plaguicidas en los cultivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entidades públicas aportan con el manejo y conservación de suelo promoviendo un cultivo orgánico.</li> <li>• Los agricultores de la parroquia se encuentran interesados en el manejo, conservación y producción del suelo.</li> <li>• El estado ecuatoriano promueve el derecho a vivir en</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizada la investigación se observó cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo.</li> </ul>	<p>un ambiente sano, preservando, conservando y recuperando los espacios naturales afectados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se incentiva a la producción orgánica de papa de variedad súper chola.</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconocimiento de buenas prácticas agroecológicas.</li> <li>Falta de recurso económico para un diagnóstico o análisis de suelo antes de la ejecución de un cultivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desequilibrio nutricional del suelo por la utilización de fertilizantes minerales.</li> <li>Condiciones atmosféricas poco controlables.</li> <li>Presencia de enfermedades y plagas en los cultivos poco controlables.</li> </ul>

En base a los hallazgos alcanzados sobre los cambios en las propiedades físico-químicas tanto del abono verde aplicado previo al cultivo, como del abono orgánico, y considerando las particularidades del área de estudio que corresponde al suelo de la parroquia Santa Martha de Cuba, se desarrollaron las siguientes estrategias agroeconómicas, a través de las cuales se espera mejorar las condiciones del suelo mediante la implementación de técnicas ecológicas y amigables con el ambiente sin que se afecta el rendimiento del cultivo. A continuación, se describen las estrategias propuestas:

**Estrategia 1:** Implementar la siembra e incorporación de abonos verdes (*Vicia sativa* y *Avena sativa*) en suelos agrícolas antes de la ejecución de un cultivo.

**Estrategia 2:** Aplicación de abonos orgánicos, según los resultados alcanzados se propone la utilización de compost al inicio de un cultivo.

**Estrategia 3:** Ejecución de medidas de control de enfermedades y plagas para el manejo integrado de plagas.

**Estrategia 4:** Socialización y educación ambiental a los habitantes de la parroquia Santa Martha de Cuba.

### **Objetivos de la propuesta para un buen manejo y conservación de suelos agrícolas**

#### **Objetivo general**

- Dar a conocer cada una de las estrategias agroecológicas planteadas en la propuesta.
- Implementar estrategias de manejo para suelos agrícolas en Santa Martha de Cuba.

#### **Estrategias agroecológicas**

Las estrategias agroecológicas tienen como objetivo mejorar la producción agrícola sin un gasto para el medio ambiente o la biodiversidad, en este sentido, la ecología desde la perspectiva de la agricultura tiene como objetivo (Ribier, 2017):

- Mejorar el potencial productivo
- En gran medida son autónomas en términos de recursos no renovables
- Produce alimentos diversos y de buena calidad
- No contamina el medio ambiente ni afecta a las poblaciones
- Contribuye a la lucha contra el calentamiento global

**Estrategia 1:** Implementar la siembra e incorporación de abonos verdes (*Vicia sativa* y *Avena sativa*) en suelos agrícolas antes de la ejecución de un cultivo

**Objetivo:** Mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo a través de la incorporación de abonos verdes previo al inicio del cultivo.

Los abonos verdes son especies o mezclas de especies generalmente de crecimiento rápido, que preceden o suceden a los cultivos comerciales, con el fin de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Normalmente se usa los abonos verdes como si fueran a sustituir una abonada mineral y esperamos de ellos que nos proporcionen buenos resultados en el siguiente cultivo (García, Treto, y Álvarez, 2000). En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, en

relación al mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo, se recomienda el abono verde compuesto de *Vicia sativa* y *Avena sativa*. A continuación, se muestra los resultados obtenidos en las propiedades físico-químicas del suelo por la incorporación del abono verde:

**Tabla 9.** Propiedades físico-químicas del suelo por la incorporación del abono verde

<b>Propiedad</b>	<b>Abono Verde</b>
Textura	+ 6.54% arena, - 0.63% de limo - 19.58% arcilla
Densidad Aparente	-6.76%
pH	-6.58%
MO	+11.76%
<b>Macronutrientes</b>	
N	+ 5.32 %
P	+ 10.27%
K	+ 40.9 %
Ca	-14.00%
Mg	-17.05%
S	+2.18%
<b>Micronutrientes</b>	
Cu	+7.67%
Fe	+12.03%
Mn	+62.4%
B	+85%
Zn	-11.9%

**Nota:** el signo +/- indica incremento y decremento de la propiedad o nutriente respectivamente

La práctica de cultivar abonos verdes para mejorar las propiedades del suelo se conoce como "abono verde". El abono verde ha sido una práctica común durante siglos. Más recientemente, se ha renovado el interés en esta práctica para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y disminuir la incidencia de plagas. La idea básica de los abonos verdes tradicionales es que son plantas que crecen en un campo por sí mismas (se montan en monocultivo) y luego se aran en el suelo (como se hace con el "abono") cuando están en la etapa de floración, mientras todavía "verde" (García y otros, 2000).

La guía para implementar la siembra e incorporación de abonos verdes (*Vicia sativa* y *Avena sativa*) en suelos agrícolas antes de la ejecución de un cultivo, se muestra a continuación (FIA, 2004):

#### *A. Planificación*

Los abonos verdes deben considerarse como siembras importantes y por eso deben ser incluidos en la planificación de la rotación. Esto permite:

- Evitar la transmisión de agentes patógenos
- Evitar el riesgo de invasión
- Determinar las especies y épocas de siembra adecuadas

#### *B. Fertilización*

En los cultivos anuales y hortalizas, los estiércoles y el compost pueden aplicarse sin problemas a los abonos verdes. En los frutales y cultivos permanentes, se procede de acuerdo a los resultados de los análisis de suelo. Si hay deficiencia en nutrientes que no aportarán los abonos verdes, se deben entregar antes de su establecimiento.

#### *C. Preparación del suelo*

Cultivos anuales y hortalizas

- Trabajar el suelo en profundidad usando arado y rastra. Si el cultivo anterior dejó muchos rastros, los restos se incorporan superficialmente con una de las pasadas
- Si existe tendencia a la compactación, soltar el suelo en profundidad, por ejemplo, con un arado subsolador, con el suelo seco. Luego procurar una buena estructura mediante un abono verde de arraigamiento profundo (alfalfa, trébol rosado por varios años o canola por menos tiempo)

- En suelos medianamente pesados a pesados (arcillosos), utilizar una rastra rotativa o rotor de dientes a velocidad moderada. En suelos livianos o con buena estructura, utilizar rastra de clavos o similar
- Para una emergencia uniforme y rápida del abono verde, se debe asegurar un buen drenaje.

#### *D. Siembra*

Tanto en los cultivos anuales como en los permanentes, se requiere:

- Tener una población vegetal densa para que compita con las malezas
- Asegurar una germinación uniforme
- Utilizar semilla de acuerdo a la normativa orgánica

#### *E. Manejo*

En los cultivos anuales y en los permanentes:

- Regar si es necesario
- Controlar las malezas

#### *F. Corte e incorporación*

Corte:

- Los mayores aportes de nitrógeno se logran al cortar las gramíneas/leguminosas al inicio de la floración
- No cortar en plena floración, para no impedir la actividad de los insectos
- Un corte alto (8 a 10 cm.) en las especies de larga duración estimula un nuevo crecimiento vigoroso
- Incorporar los abonos verdes adecuadamente

- Evitar que los abonos verdes queden enterrados en capas espesas sin aire, pues se corre el riesgo de una fermentación anaeróbica. Una incorporación inapropiada anula los efectos positivos

En las hortalizas y cultivos anuales

- Mantener un intervalo mínimo de 3 semanas entre la incorporación del abono verde y la siembra del cultivo que sigue en la rotación, con el objeto de dar tiempo a que la materia fresca sea transformada en productos absorbibles por las plantas, minimizar el riesgo de invasión del abono verde al nuevo cultivo y alcanzar una adecuada estructura del suelo para el cultivo siguiente



**Figura 47. Ejemplo del proceso de incorporación de los abonos verdes en cultivos en rotación**

En caso de cultivos permanentes, el abono verde se siega y se incorpora superficialmente.

### **Plan de acción para el logro de la estrategia 1**

- 1.- Establecer según las características del área de estudio y disponibilidad de leguminosas, cuál debe ser el abono verde adecuado para el cultivo.
- 2.- Proveer a los agricultores de las herramientas y recursos requeridos para cumplir con las etapas recomendadas para la incorporación de los abonos verdes en los cultivos, de forma que los resultados sean exitosos.

3.- Evaluar en conjunto con los agricultores de la zona, los resultados obtenidos en las mejoras de las propiedades físico-químicas y en el rendimiento a corto, mediano y largo plazo de los cultivos.

**Estrategia 2:** Aplicación de abonos orgánicos en el cultivo

**Objetivo:** Mejorar las propiedades físico-químicas del suelo a través de la incorporación de abonos orgánicos sin perjudicar el rendimiento y calidad del cultivo.

Los abonos orgánicos aportan al suelo, materiales nutritivos, e influye favorablemente en la estructura y composición. La aplicación de abonos orgánicos consiste en aplicar estas sustancias al suelo con el fin de mejorar su capacidad nutritiva, mediante estas técnicas se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo (FOCONDES, 2014). En base a los hallazgos alcanzados en el presente estudio, se recomienda que el abono orgánico compost, debido a los mayores rendimientos de cosecha observados en el cultivo de papa de variedad súper chola. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las propiedades físico-químicas del suelo en comparación con las condiciones iniciales:

**Tabla 10.** Propiedades físico-químicas del suelo en comparación con las condiciones iniciales

<b>Propiedad</b>	<b>Compost</b>
<b>Macronutrientes</b>	
N	-33.47%
P	-7.00%
K	-10.6%
Ca	-30.75%
Mg	-28.2%
S	-11.8%
<b>Micronutrientes</b>	
Cu	-2.81%
Fe	-2.53%
Mn	-80.00%
B	-76.19%
Zn	+10.49%

**Nota:** el signo +/- indica aumento y disminución de la propiedad o nutriente respectivamente

## **Plan de acción para el logro de la estrategia 2**

### *Procedimiento para la producción de compost*

Los materiales que podemos usar para la preparación del compost son (Borrero, 2005):

- Restos de cosecha
- Desperdicios de cocina
- Estiércol de todos los animales
- Ceniza o cal

Estos materiales se acumulan en capas en forma intercalada; la primera capa estará constituida por restos de cosecha más los desperdicios de cocina, la siguiente capa será de estiércol, luego otra capa de restos de cosecha y otra capa de estiércol y así sucesivamente formando una ruma o pila de 1.5 m de alto. Sobre cada capa de estiércol se puede colocar un puñado de ceniza o cal.

Para lograr que los microorganismos trabajen eficientemente en el proceso de descomposición se requiere suministrar aire para lo cual se debe hacer lo siguiente:

- Remover la pila del compost semanalmente
- Evitar que la pila o ruma sea demasiado grande, lo recomendable es 2 m de ancho y 1.5m de alto
- Regar para mantener una humedad óptima (60-70% de humedad)
- Ubicar la pila de preferencia en la sombra

### *Aplicación del compost.*

Se aplica de forma localizada en el cultivo de papa, maíz y frutales. Por lo menos debemos abonar el suelo con compost una vez por año, pero si tenemos cantidades pequeñas conviene aplicarlas varias veces al año. Es recomendable que la cantidad

aplicada no sea menor de 6 t/ha (más o menos 3 palas por m<sup>2</sup>). Las cantidades también dependen de los cultivos.

Resulta conveniente incorporar el compost al momento de preparar el suelo, pero hay que evitar enterrarlo a más de 15 cm. También se puede colocar la mitad del compost en el momento de la preparación del suelo y la otra mitad aplicar en los huecos donde se planta o en las líneas donde de siembra.

El compost es probablemente el mejor de todas las enmiendas al suelo, aun cuando requiere una cantidad de trabajo por parte de los agricultores, suele ser mucho más útil en la de siembra de vegetales.

**Estrategia 3:** Ejecución de medidas de control de enfermedades y plagas para el manejo integrado de plagas.

**Objetivo:** Reducción del uso de productos químicos para el control de enfermedades y plagas.

El manejo integrado de plagas tiene como fin reducir la utilización de productos químicos; dando prioridad a la utilización de controles mecánicos (limpieza y establecimiento de trampas); controles biológicos (plantas compañeras) y utilización de plaguicidas naturales (elaboración de macerados con ciertas especies y soluciones jabonosas) (INTEC, 2016).

El uso de plaguicidas naturales es una práctica agroecológica que reemplaza el uso de plaguicidas sintéticos. Los pesticidas naturales, a menudo también llamados pesticidas botánicos o productos botánicos, tienen un alto potencial como alternativa a los pesticidas sintéticos y sus efectos negativos asociados.

### **Plan de acción para el logro de la estrategia 3**

- 1.- Monitorear los cultivos a través de inspecciones regulares para determinar cuáles son las enfermedades y plagas que se presentan, de acuerdo a la fase de crecimiento del cultivo, asimismo, deben considerarse estrategias de prevención para evitar la aparición inicial de la plaga o la enfermedad en el cultivo.
- 2.- En función de la información recolectada, evaluar la estrategia adecuada para el manejo integrado de plagas, considerando el enfoque agroecológico.

3.- Proveer a los agricultores de las herramientas y recursos necesarios para la implementación de las estrategias de control de plagas ecológicas, para lo que es necesario requerir el apoyo de entes gubernamentales responsables.

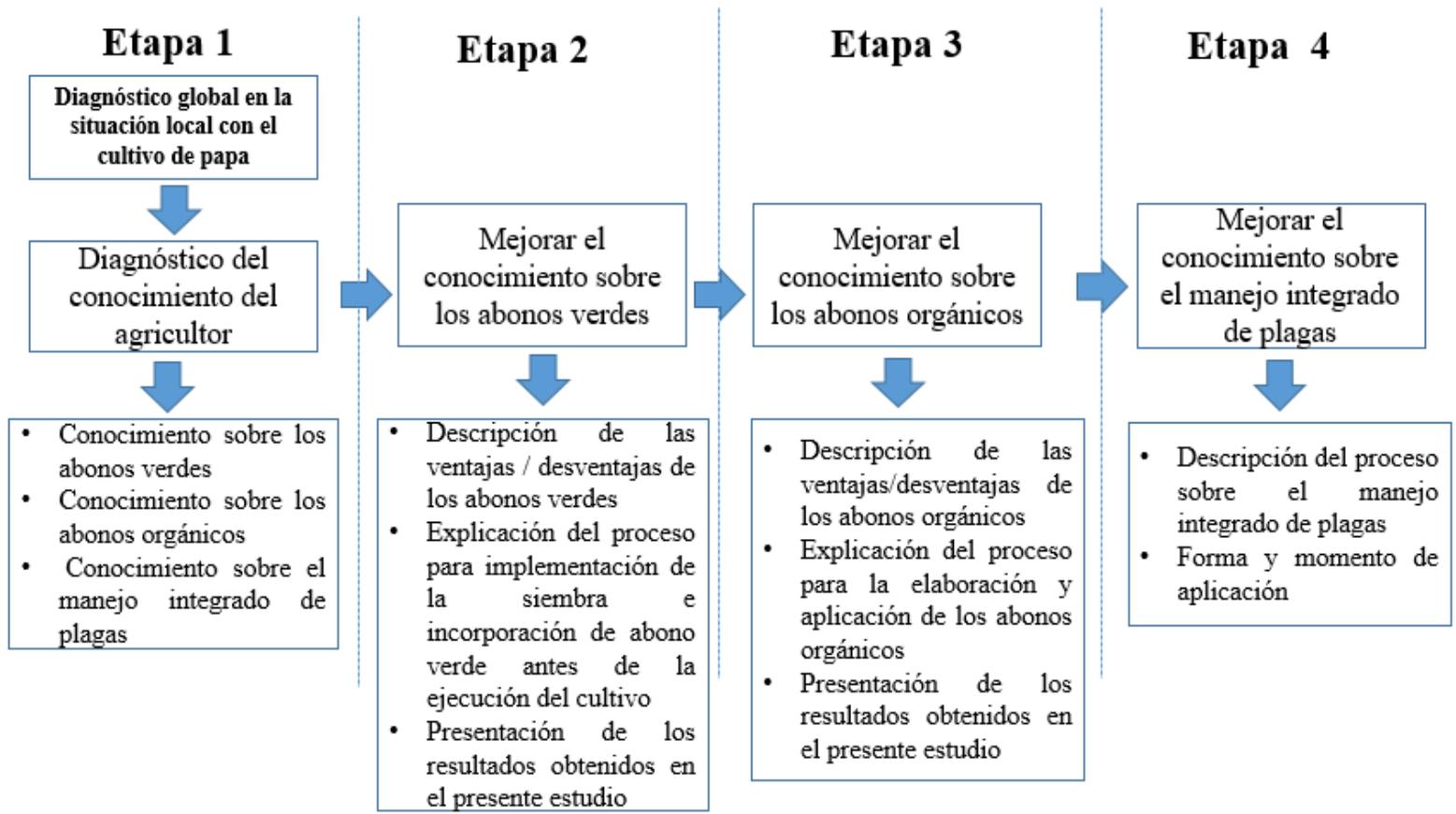
4.- Evaluar los efectos obtenidos con la implementación de las medidas propuestas para el control de enfermedades y plagas.

**Estrategia 4:** Aportar información a los agricultores de la parroquia, sobre la utilización de abonos verdes, abonos orgánicos que promueven la conservación y producción de suelos agrícolas, dando a conocer la metodología empleada en la investigación realizada.

**Objetivo:** Incrementar el conocimiento de los agricultores de la parroquia sobre las estrategias agroecológicas, destacando los resultados alcanzados en el presente estudio.

A continuación, se describen las etapas estructuradas de la capacitación propuesta para los agricultores de la zona:

### Etapas de la capacitación propuesta para los agricultores



## Estrategias

Para la aplicación de las estrategias se basa en una superficie de terreno de 1000m<sup>2</sup>, en el cual se adquiere de los siguientes costos:

ESTRATEGIA	META	COMPONENTE	PLAZO	ACTIVIDAD	ACTORES	INDICADORES	PRESUPUESTO
<b>Implementación de siembra e incorporación de abonos verdes en suelos agrícolas</b>	Mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo	Abonos verdes ( <i>vicia sativa</i> y <i>avena sativa</i> )	4 meses	Se utiliza una mezcla de semillas de 2/3 de <i>Vicia sativa</i> y 1/3 de <i>Avena sativa</i> en un terreno de 1000 m <sup>2</sup> ; se realizar la siembra al voleo; corte de abono en un 60% de floración e incorporación de abonos en el suelo	Habitantes de la parroquia Santa Martha de Cuba, propietarios de predios.	Buenas condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo a partir de análisis de estas	100.00
<b>Aplicación de abonos orgánicos: compost</b>	Aportar al suelo materiales nutritivos favoreciendo a la estructura y composición del suelo	Abono orgánico: compost	2 meses	Determinar la cantidad de abono dependiendo de la cantidad de materia orgánica presente en el suelo; aplicación en el suelo y siembra del cultivo	Habitantes de la parroquia Santa Martha de Cuba, propietarios de predios.	Suelo con altas cantidades de nutrientes	200.00
<b>Ejecución de medidas de control de enfermedades y plagas para MIP</b>	Dar prioridad a la utilización de controles mecánicos y biológicos	Controles mecánicos y biológicos	6 meses	Elaboración de trampas amarillas, macerados de naranja con alcohol y solución jabonosa; realizar	Habitantes de la parroquia Santa Martha de Cuba,	Poca presencia de enfermedades y plagas en el cultivo	150.00

	para la reducción de productos químicos			aspersiones cada 8 días en el cultivo	propietarios de predios.		
<b>Socialización y educación ambiental a habitantes de la parroquia</b>	Aportar información a los señores agricultores sobre técnicas agroecológicas promoviendo la conservación y producción de suelos agrícolas	Participación ciudadana	3 meses	Dar a conocer los resultados obtenidos de la investigación, promoviendo la utilización de estrategias agroecológicas en los cultivos de la parroquia	Habitantes de la parroquia Santa Martha de Cuba, propietarios de predios.	Aceptabilidad y aplicación de las estrategias agroecológicas en los cultivos	100.00
				<b>Total</b>			650.00

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Las propiedades físico-químicas (textura, densidad aparente, pH, macro y micronutrientes) del suelo no presentaron diferencias significativas después de la siembra de abonos verdes, lo cual demuestra que el suelo requiere de periodos de tiempo largos que permitan cambios en sus propiedades. El contenido de materia orgánica en suelo mostró un aumento significativo, 2%, en la aplicación del abono verde respecto a su tratamiento testigo.
- La aplicación de abonos orgánicos estudiados, no mostró cambios significativos en la textura y pH después de la cosecha. Existió cambios significativos en, la densidad aparente a favor del tratamiento champiñonaza 0.67 g/ml del suelo, mientras que los restantes tratamientos mostraron un incremento desde 0.72 a 0.74 g/ml del suelo.
- La extracción de macronutrientes no mostró cambios significativos durante el ciclo del cultivo de papa. El tratamiento T1 (compost), tuvo mayor extracción de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y fósforo (P); y el tratamiento T0 (fertilizante mineral) tuvo mayor extracción de (K), mostrando una disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- El rendimiento del cultivo de papa variedad súper chola no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T0 (fertilizante mineral) mostró una producción de 23 858.02 kg/ha, el tratamiento T1 (compost) con 22 400.00 kg/ha, el tratamiento T2 (humus de Lombriz) con 19 712.35 kg/ha y el tratamiento T3 (champiñonaza) con 20 440.74 kg/ha de papa.
- Se obtuvo una propuesta de manejo y conservación del suelo para la parroquia Santa Martha de Cuba, basada en la utilización de estrategias agroecológicas que los agricultores pueden llevar a cabo durante las actividades agrícolas para la siembra del cultivo de papa de la variedad súper chola.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar la siembra de abonos verdes por periodos de tiempos más largos (6 meses o un año) antes de la siembra de cultivos de alta extracción y evaluar si existe cambios en las propiedades físico-químicas (textura, estructura, porosidad, pH, C.I.C, pH y macro y micro nutrientes) del suelo.
- Evaluar las características morfológicas y la biomasa del cultivo de papa variedad súper chola con la aplicación de estos abonos orgánicos (humus de lombriz, compost y champiñonaza) para determinar con mayor exactitud la extracción de nutrientes según la etapa fonológica del cultivo.
- Realizar combinaciones orgánica-mineral (% abonos orgánicos + % fertilizantes minerales) y determinar hasta qué porcentaje se puede sustituir a la fertilización mineral y obtener un mayor rendimiento.
- Emplear un manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa variedad súper chola y evaluar si existe mayor o menor incidencia y severidad durante el desarrollo de las plantas cuando se realiza la aplicación de abonos orgánicos al suelo.
- Incentivar a los agricultores de la parroquia Santa Martha de Cuba por medio de representantes de entidad gubernamental o no gubernamentales por medio de charlas, asesoramientos y capacitaciones que les permitan entender el beneficio de emplear abonos orgánicos a los cultivos.

## REFERENCIAS

- Acevedo, O., Ortiz, E., Cruz, M., y Cruz, E. (2004). El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana*, 22(4), 485-497.
- Acuña, A. (2005). Los suelos como fuente de boro para las plantas. *Revista Científica UDO Agrícola*, 5(1), 10-26.
- Aguilera, S. (2000). Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. *Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14, Valdivia, Chile*, 77-85.
- Ahmed, F., Alam, M., y Akter, B. (2019). Organic Fertilizers Effect on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber Production in Sandy Loam Soil. *International Journal of Plant y Soil Science* 29(3), 1-11. doi:2320-7035
- Alcantara, F., Furtini, A., Bueno, M., Adelande, H., y Muniz, J. (2000). Adubação verde na re-cuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasi-leira, Brasília*, v. 35, n. 2, 277-

288. Obtenido de  
[https://www.researchgate.net/publication/26350053\\_Adubacao\\_verde\\_na\\_recuperacao\\_da\\_fertilidade\\_de\\_um\\_Latossolo\\_Vermelho-Escuro\\_degradado/fulltext/0ffb5d3a0cf29b76d37db12d/Adubacao-verde-na-recuperacao-da-fertilidade-de-um-Latossolo-Vermelho-Escuro-degrada](https://www.researchgate.net/publication/26350053_Adubacao_verde_na_recuperacao_da_fertilidade_de_um_Latossolo_Vermelho-Escuro_degradado/fulltext/0ffb5d3a0cf29b76d37db12d/Adubacao-verde-na-recuperacao-da-fertilidade-de-um-Latossolo-Vermelho-Escuro-degrada)

Arrieché, I. (2008). *Efecto de la fertilización orgánica y química en suelos degradados cultivados con maíz (Zea mays L.) en el estado Yaracuy, Venezuela*. Venezuela: Universidad de Valladolid.

Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Asamblea Nacional. (2010). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. Registro Oficial Suplemento 583, 27-dic-2010*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Asamblea Nacional. (2017). *Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria. Registro Oficial Suplemento 27, 03-jul.-2017*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Asamblea Nacional. (2017). *Ley Orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales. Registro Oficial Suplemento 920, 11-ene.-2017*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Barrera, J., y Valdez, C. (2007). Herramientas para Abordar la Restauración Ecológica de Áreas Disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum, Revista de la Facultad de Ciencias, Edición especial II, Vol. 12*.

Batista, C., y Alves, M. (2011). Recovery of soil physical properties by green manure, liming, gypsum and pasture and spontaneous native species<sup>1</sup>. *Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.35 no.4*, 1-8. doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400034>

- Bautista, A. (2015). *Evaluación de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, en la productividad del cultivo de papa solanum tuberosum, variedad chola, en San Agustín, Parroquia Pintag, Cantón Quito, Provincia Pichincha*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/17323/1/TESIS%20PAPA%20PATHY%201.pdf>
- Bautista, A. (2015). *Evaluación de la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos, en la productividad del cultivo de papa solanum tuberosum, variedad chola, en San Agustín, Parroquia Pintag, Cantón Quito, Provincia Pichincha*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/17323/1/TESIS%20PAPA%20PATHY%201.pdf>
- Beltrán, F., García, J., Valdez, R., Murillo, B., Troyo, E., y Larrinaga, J. (2006). Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L.) sobre la respiración e. *Interciencia*, año/vol. 31, número 003, 226-230.
- Beltrán, F., García, L., Ruiz, F., Fenech, L., Murillo, B., Palacios, A., y Troyo, E. (2006). Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L.) sobre la respiración edáfica en un yermosol háplico. *Interciencia* 31, 226-230. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911412.pdf>
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bezerra, S., Sá, J. D., Pereira, G., Bezerra, F., Silva, M. D., y Ferreira, P. (2014). Changes in the pH and macronutrients in soil fertilized with hairy woodrose

in different amounts and times of incorporation1. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 27, n. 3, 1 – 10. doi:ISSN 0100-316X (impresso)

Bhattarai, B., y Swarnima, K. (2016). Effect of Potassium on Quality and Yield of Potato tubers – A Review. *SSRG International Journal of Agriculture y Environmental Science ( SSRG – IJAES ) – Volume 3 Issue 6*, 7-11. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/329414830\\_Effect\\_of\\_Potassium\\_on\\_Quality\\_and\\_Yield\\_of\\_Potato\\_tubers\\_-\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/329414830_Effect_of_Potassium_on_Quality_and_Yield_of_Potato_tubers_-_A_Review)

Bhattarai, B., y Swarnima, K. (2016). Effect of Potassium on Quality and Yield of Potato tubers – A Review. *SSRG International Journal of Agriculture y Environmental Science ( SSRG – IJAES ) – Volume 3 Issue 6*, 7-11. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/329414830\\_Effect\\_of\\_Potassium\\_on\\_Quality\\_and\\_Yield\\_of\\_Potato\\_tubers\\_-\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/329414830_Effect_of_Potassium_on_Quality_and_Yield_of_Potato_tubers_-_A_Review)

Boguta, P., y Sokołowska, Z. (2020). Zinc Binding to Fulvic acids: Assessing the Impact of pH, Metal Concentrations and Chemical Properties of Fulvic Acids on the Mechanism and Stability of Formed Soluble Complexes. *Molecules. Mar; 25(6):*, 1326-1329. doi:10.3390/molecules25061297

Borrero, C. (2005). *Abonos orgánicos*. MEXico: INFOGRO.

Brandán, P., Huidobro, J., Conforto, C., Arzeno, J., March, G., Meriles, J., y Vargas, S. (2010). *Impacto de los Sistemas de Labranza Sobre Indicadores Biológicos de Calidad de suelo*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agraria. doi: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_ensayosaltalabranzas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_ensayosaltalabranzas.pdf)

Burcu, E., y Bekbolet, M. (2010). Zinc Release by Humic and Fulvic Acid as Influenced by pH, Complexation and DOC Sorption. *Geoderma 159(1-2)*, 131-138. doi:10.1016/j.geoderma.2010.07.004

- Carrasco, J., y Ortiz, M. (2017). Propiedades físicas del suelo que condicionan el desarrollo de frutales. *Boletini INIA*, 227, 17-36.
- Castelo, A., García, H., Castro, L., Lares, F., Arellano, M., Figueroa, P., y Gutiérrez, M. (2016). Residual mushroom compost as soil conditioner and bio-fertilizer in tomato production. *Rev. Chapingo Ser.Hortic.*, vol.22, n.2, 83-94. doi:<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.06.012>.
- Cavigelli, M., y Thien, S. (2003). Phosphorus Bioavailability following Incorporation of Green Manure Crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1186–1194 (2003).
- Chancosa, C., y Viana, E. (2015). *Evaluación de Efectos de Abonos Verdes en la Calidad del Suelo, en la Localidad de Peribuela*. Cotacachi: Universidad Técnica del Norte.
- Cifuentes, E., Ojeda, W., Mendoza, C., Macías, J., Rúelas, J., y Inzunza, M. (2013). Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el “Valle del Fuerte” Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4 Núm. 4*, 585-597.
- Clara, M. (2010). *Biopreparados para el manejo de plagas y enfermedades*. Argentina: IPES / FAO. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/cartilla\\_biopreparados.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/cartilla_biopreparados.pdf)
- Cuasquer, R. (2013). *Efectos de la Aplicación de tres niveles de Abonos Orgánicos en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en la zona de Cuesaca, Provincia del Carchi*. El Ángel-Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Dimas, J., y Díaz, A. M. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Revista terra*, 19 (4), 293-299.
- Domínguez, M., Paradelo, R., Piñeiro, J., y Barral, M. T. (2019). Physicochemical and biochemical properties of an acid soil under potato culture amended

- with municipal solid waste compost. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 8, 171-178. doi:<https://doi.org/10.1007/s40093-019-0246-x>
- Edmeades, D. (2003). The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66, 165-180.
- El-Sayed, S., Hassan, H., y El-Mogy, M. (2015). Impact of Bio- and Organic Fertilizers on Potato Yield, Quality and Tuber Weight Loss After Harves. *Potato Res.* 58. doi:<https://doi.org/10.1007/s11540-014-9272-2>
- Espíndola, R., y Pugliese, F. (2015). *Principios básicos para crear estrategias de fertilización*. Argentina: Agencia de Extensión Rural Caucete. Obtenido de Recuperado de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_fertilizacin\\_razonada\\_de\\_la\\_vid\\_2015.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_fertilizacin_razonada_de_la_vid_2015.pdf)
- Espinosa, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Bogotá, Colombia: International plant nutrition instutite (IPNI).
- Fageria, N., y Moreira, A. (2011). The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. *Advances in Agronomy* 110, 251-331. doi:10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9
- FIA. (2004). *Los Abonos Verdes: clave para el éxito de la producción orgánica*. Chile: Fundación para la Innovación Agraria (FIA). doi:[ibibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145525/LOS-ABONOS-VERDES%2CClave-para-el-exito-de-la-produccion-organica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/10.5007/11944-145525/LOS-ABONOS-VERDES%2CClave-para-el-exito-de-la-produccion-organica.pdf)
- Figuroa, D. (2004). Estrategias de Recuperación de Suelos Degradados. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros N° 175*, 36-39. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/73362-Estrategias-para-la-recuperacion-de-suelos-degradados.html>

- FOCONDES. (2014). Producción y uso de Abonos Orgánicos: Biol, Compost y Humus. *Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social . Proyecto mi Chacra Emprendedora Haku Wiñay, volumen 5 (2)*, 123-125.
- GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural de Santa Martha de Cuba*. Santa Martha de Cuba: GAD de la parroquia rural Santa Martha de Cuba.
- García, F. (2008). *Dinámica de nutrientes en el sistema suelo-planta* . Paraguay: International Plant Nutrition Institute.
- García, J., Murillo, B., Nieto, A., Fortis, M., Márquez, C., y Castellanos, E. (2010). Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoam vol.28 no.4*, 1-9. doi:[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792010000400011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400011)
- García, M., Treto, E., y Álvarez, M. (2000). Los abonos verdes: una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. I. Estudio comparativo de diferentes Especies. *Revista cultivos tropicales, 21 (1)*, 5-11.
- García, R., y Santander, O. (2011). *Manual Técnicas de Manejo, Selección y Clasificación de Papas Nativas. Proyecto: Mejoramiento de Capacidades Técnico-Productivas para la Competitividad de los cultivos Andinos de papa Nativa, Región Puno*. Peru: Direccion Regional Agraria Puno. Obtenido de <https://www.agropuno.gob.pe/>
- García, R., González, V., Madrid, A., Ureña, J., y Tejedor, A. (2014). *Extracción de zumo de cítricos para la elaboración de repelentes naturales*. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá.
- Gómez, M., López, M., y Cifuentes, Y. (2006). El manganeso como factor positivo en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) y arveja (*Pisum*. *Agronomía Colombiana, vol. 24, núm. 2*, 340-347.

- Herencia, J., y Maqueda, C. (2016). Effects of time and dose of organic fertilizers on soil fertility,. *Journal of Agricultural Science* 154, 1343–1361. doi:0.1017/S00218596150011361
- Herencia, J., Ruiz, J., Melero, S., y Garcia, P. (2007). Comparison Between Organic and Mineral Fertilization for Soil Fertility Levels, Crop Macronutrient Concentrations, and Yield. *Agronomy Journal* 99(4), 365-367. doi:10.2134/agronj2006.0168
- Herencia, J., Ruiz, J., Melero, S., y Garcia, P. (2007). Comparison Between Organic and Mineral Fertilization for Soil Fertility Levels, Crop Macronutrient Concentrations, and Yield. *Agronomy Journal* 99(4), 365-367. doi:10.2134/agronj2006.0168
- Hosne, G., y Cedeño, J. (2012). Comparación de tres métodos para determinar la densidad y solidez en tres suelos franco arenosos de sabana. *Revista científica UDO agrícola*, 12 (4), 861-872.
- Huang, S., Zeng, Y., Wu, J., Shi, Q., y Pan, X. (2013). Effect of crop residue retention on rice yield in China: a meta-analysis. *Field Crop Res* 154, 188–194.
- Huang, S., Zeng, Y., Wu, J., Shi, Q., y Pan, X. (2013). Effect of crop residue retention on rice yield in China: a meta-analysis. *Field Crop Res* 154, 188–194.
- INIA. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas*. Tacuarembó: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). doi: <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/E1%20Sue>
- INIAP. (2016). *Cantidad de fertilización para cultivos andinos. Experiencias INIAP*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

- INIAP. (2016). *Compost de champiñón. Cepa Orgánica*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- INTA. (2013). *Muestreo de suelos*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelos-0>
- INTEC. (2016). *Manejo integrado de plagas. Manual del protagonista, Unidad IV*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Tecnológico (INTEC).
- Islam, M., Akter, T., Rana, S., Saiful, M., y Haque, M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiol Mol Biol Plants*. 25(1), 303–312. doi:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6352541/>
- Islam, M., Akter, T., Rana, S., Saiful, M., y Haque, M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiol Mol Biol Plants*. 25(1), 303–312. doi:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6352541/>
- Jacome, A. (2011). *efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de frijol (phaseolus vulgaris l.) en un inceptisol con propiedades andicas en la Microcuenca Centella Dagua – Valle*. Colombia: Universidad del Valle.
- Juárez, M., Cerdán, M., y Sánchez, A. (2018). *Hierro en el sistema suelo-planta*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., y Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Revista IDESIA* 24(1), 49-61.
- Kass, D. (1996). *Fertilidad de Suelos*. San José, Costa Rica: Editorial EUNED.
- Lacerda, N., y Silva, J. (2006). Efeitos da erosão e de técnica de manejo sobre a produção do algo-doeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 10, n.4, 820-827.

- Li, Z., Zhao, B., Hao, X., y Zhang, J. (2017). Effects of residue incorporation and plant growth on soil labile organic carbon and microbial function and community composition under two soil moisture levels. *Environ Sci Pollut Res* 24, 18849–18859.
- Li, Z., Zhao, B., Hao, X., y Zhang, J. (2017). Effects of residue incorporation and plant growth on soil labile organic carbon and microbial function and community composition under two soil moisture levels. *Environ Sci Pollut Res* 24, 18849–18859.
- López, M., y Estrada, H. (2015). *Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas del suelo*. Yucatán: Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales.
- Lucero, H. (2011). *Manual del Cultivo de Papa para la Sierra Sur*. Cuenca, Ecuador: INIAP, Estación Experimental del Austro. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2395/1/MANUAL%2090%20pdf.pdf>
- Luna, R., Espinosa, K., Trávez, R., Ulloa, C., Espinoza, A., y Albornoz, A. B. (2014). Efectos de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Revista Científica. Pastos y Forrajes Vol.37, No. 3*, 11-20. doi:ISSN 1390-4051
- Martín, G., y Rivera, R. (2004). Revisión bibliográfica Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. *Cultivos Tropicales*, vol. 25, núm. 3, 89-96. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/237028304\\_MINERALIZACION\\_DEL\\_NITROGENO\\_INCORPORADO\\_CON\\_LOS\\_ABONOS\\_VERDES\\_Y\\_SU\\_PARTICIPACION\\_EN\\_LA\\_NUTRICION\\_DE\\_CULTIVOS\\_DE\\_IMPORTANCIA\\_ECONOMICA](https://www.researchgate.net/publication/237028304_MINERALIZACION_DEL_NITROGENO_INCORPORADO_CON_LOS_ABONOS_VERDES_Y_SU_PARTICIPACION_EN_LA_NUTRICION_DE_CULTIVOS_DE_IMPORTANCIA_ECONOMICA)

- Martínez, E., Fuentes, J., y Acevedo, E. (2008). Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* v.8 n.1 T, 68-96. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Martínez, E., Fuentes, J., y Acevedo, E. (2008). Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* v.8 n.1 T, 68-96. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Matus, F., y Maire, C. (2000). Interaction between soil organic matter, soil texture and the mineralization. *Agric. Téc.* v.60 n.2, 1-3. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000200003>
- McCauley, A., Jones, C., y Olson, K. (2017). *Soil pH and Organic Matter*. USA: Montana State University.
- McCauley, A., Jones, C., y Olson, K. (2017). *Soil pH and Organic Matter*. USA: Montana State University.
- Medina, A. (2008). *Importancia del calcio en la nutrición de la papa*. Ecuador: Yara. Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/funcion-de-calcio-en-la-produccion-de-papas/>
- Meena, L., Fagodiya, R., Prajapat, K., y Dotaniya, M. (2018). *Legume Green Manuring: An Option*. India: Springer Nature Singapore Pte Ltd. doi:<https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4>
- Meena, R. (2020). *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop. Organic Fertilizers for Sustainable Soil and Environmental Management*. India: Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2. doi:10.1007/978-981-13-8660-2
- Mellado, J. (2007). *Diseño Cuadrado Latino, características del diseño*. España: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://www.uaaan.mx/~jmelbos/cursosma/madeO4.pdf>
- Millaleo, R., Montecinos, C., Rubio, R., Contreras, A., y Borie, F. (2006). Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un

suelo volcánico del centro sur de Chile. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 6(3), 6-12.

Ministerio del Ambiente de Perú. (2014). *Manual para el Muestreo de Suelo*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú: Dirección General de Calidad Ambiental .

Mohamed, E., Watthier, M., Zanuncio, J., y Santo, R. (2017). Dry matter accumulation and potato productivity with green manure. *IDESIA (Chile) Volumen 35, N° 1.*, 80-86. doi:0.4067/S0718-34292017005000016

Mohamed, E., Watthier, M., Zanuncio, J., y Santo, R. (2017). Dry matter accumulation and potato productivity with green manure. *IDESIA (Chile) Volumen 35, N° 1.*, 80-86. doi:0.4067/S0718-34292017005000016

Monteros, C., Cuesta, X., Jiménez, J., y López, G. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP. Obtenido de [https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/papas\\_nativas\\_ecuador.pdf](https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/papas_nativas_ecuador.pdf)

Odhiambo, J. (2010). Decomposition and nitrogen release by green manure legume residues in different soil types. *African journal of agricultural research* 5(1), 325-238. doi:10.5897/AJAR09.489

Oshirae, A., Pmeena, B., Kbiswas, A., Priya, P., Gurav, P., y Kamble, A. (2018). Green manuring: a panacea for the reclamation of saline and sodic soils. *Harit Dhara* 1(1) , 19-36.

Oyarzún, P., Chamorro, J., Córdova, F., Merino, F., y Valverde, J. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador. Manejo agronómico*. Argentina: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa (CIP).

Perdomo, C., y Barbazán, M. (2010). *Nitrógeno*. Uruguay: Universidad de la República.

- Pimentel, M., Lana, A., y Del-Polli, H. (2009). Rendimientos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. *Rev Cienc Agron.* 40, 106-12.
- Pimentel, M., Lana, A., y Del-Polli, H. (2009). Rendimientos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. *Rev Cienc Agron.* 40, 106-12.
- Pinango, L. (2016). *Efecto de diferentes densidades de siembra y orígenes de semilla de papa (solanum tuberosum) en la tasa de extracción de tubérculo-semilla.* Quito, Ecuador: Univesidad Central de Ecuador.
- Piscitelli, M. (2015). *Degradación de suelos.* Buenos Aires: UNICEN Universidad Nacional Del Centro De La Provincia De Buenos Aires.
- Pravind, P., y Prasad, M. (2005). Cadmium-induced toxicity reversal by zinc in *Ceratophyllum demersum* L. (a free floating aquatic macrophyte) together with exogenous supplements of amino- and organic acids. *Chemosphere* 61, 1720–1733.
- Rafael Vasconcelos, L. d., Silva, R. d., y Rodrigo Nogueira, L. V. (2016). green Manures and Crop Residues as Source of Nutrients in Tropical Environment. *Intechopen*, 63-69. doi:10.5772/62981
- Ratto, S. (1982). Boro: un nutriente poco conocido. *Rev. Facultad de Agronomía*, 3 (2), 189-212.
- Renté, O., Nápoles, M., Reyes, P., y Vargass, B. (2018). Effect of *Canavalia ensiformis* (L.) on physical properties of differentiated Fluvisol soil in Santiago de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2018, vol. 39, no. 2, p, 59-64. doi:<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n2/ctr08218.pdf>
- Ribier, D. (2017). *Agroecological and agroforestry practices in tropical wet zones.* Francia: GC Imprimerie. doi:<https://www.gret.org/wp-content/uploads/guide-agroecology-en-pdf.pdf>

- Richardson, A., y Simpson, R. (2011). Soil microorganisms mediating phosphorus availability. *Plant Physiology* 156, 989–966. doi:10.1104/pp.111.175448
- Rojas, J. y. (2008). *Densidad aparente: Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa*. Chaco, Argentina: Centro Regional Chaco Formosa. Obtenido de [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_densidad\\_aparente.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf)
- Rosas, G., Puentes, Y., y Menjivar, J. (2017). Relación entre pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la amazonia colombiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529-541.
- Salamanca, J., y Sadeghian, K. (2004). La densidad aparente en suelos de la zona cafetera y su efecto sobre el crecimiento del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé No. 326*, 1-8.
- Salamanca, J., y Sadeghian, K. (2004). La densidad aparente en suelos de la zona cafetera y su efecto sobre el crecimiento del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé No. 326*, 1-8.
- Sanchez, R. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Rev. Mex. Cardiol vol. 26No. 1 Mexico*, 1-6. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0188-21982015000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0188-21982015000100009)
- Sifuentes, E., Ojeda, W., Mendoza, C., Macías, J., Rúelas, J., y Inzunza, M. (2013). nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)considerando variabilidad climática en el “Valle del Fuerte” Sinaloa, Méxic. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4 Núm. 4*, 585-597.
- Singh, A., y Singh, A. (2019). Effect of Green Manures and Zinc Fertilizer Sources on DTPA-extractable Zinc in soil and Zinc Concentration in Basmati Rice Plants at Different Growth Stages. *Pedosphere* 29(4), 501-506. doi:10.1016/S1002-0160(17)60442-9

- Solangi, F., Bai, J., Gao, S., Yang, L., Zhou, G., y Ca, W. (2019). Improved Accumulation Capabilities of Phosphorus and Potassium in Green Manures and Its Relationship with Soil Properties and Enzymatic Activities. *Agronomy* 9(11):708. doi:10.3390/agronomy9110708
- Soltani, S., Khoshgoftarmanesh, A., y Afyuni, M. (2014). The effect of preceding crop on wheat grain zinc concentration and its relationship to total amino acids and dissolved organic carbon in rhizosphere soil solution. *Biol Fertil Soils* 50, 239–247. doi:https://doi.org/10.1007/s00374-013-0851-1
- Soratto, R., Crusciol, C., da Costa, C., Neto, J., y Castro, G. (2012). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 47 (10, 1462-1470. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Gustavo\\_Castro8/publication/262745915\\_Production\\_decomposition\\_and\\_nutrient\\_cycling\\_in\\_residues\\_of\\_sunnhemp\\_and\\_pearl\\_millet\\_in\\_monocropped\\_and\\_intercropped\\_systems/links/0f3175391a8cc3cedc000000/Production-decompositi](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Castro8/publication/262745915_Production_decomposition_and_nutrient_cycling_in_residues_of_sunnhemp_and_pearl_millet_in_monocropped_and_intercropped_systems/links/0f3175391a8cc3cedc000000/Production-decompositi)
- Soratto, R., Crusciol, C., Da Costa, C., Neto, J., y Castro, G. (2012). Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 47 (10, 1462-1470. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Gustavo\\_Castro8/publication/262745915\\_Production\\_decomposition\\_and\\_nutrient\\_cycling\\_in\\_residues\\_of\\_sunnhemp\\_and\\_pearl\\_millet\\_in\\_monocropped\\_and\\_intercropped\\_systems/links/0f3175391a8cc3cedc000000/Production-decompositi](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Castro8/publication/262745915_Production_decomposition_and_nutrient_cycling_in_residues_of_sunnhemp_and_pearl_millet_in_monocropped_and_intercropped_systems/links/0f3175391a8cc3cedc000000/Production-decompositi)
- Sosa, B., Sánchez, M., y Sanclemente, O. (2014). Influencia de abonos verdes sobre la dinámica de nitrógeno en un Typic Haplustert del Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*. 63 (4), 343-351. doi:http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v63n4/v63n4a06.pdf

- Sousa, D., M., M., y M., O. (2007). Acidez do solo e sua correção. *Viçosa: Sociedade Bra-sileira de Ciências do Solo*, 205-274.
- Stewart, D., y Cornforth, K. C. (2000). Release of sulphate-sulphur, potassium, calcium and magnesium. *Biol Fertil Soils* 31, 128-133. doi:10.1007/s00374
- Stewart, D., Cameon, K., Cornfortg, I., y Sedcole, J. (1998). Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system. *Australian Journal of Soil Research* 36(6), 899-912.
- Stewart, D., Cameon, K., Cornfortg, I., y Sedcole, J. (1998). Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system. *Australian Journal of Soil Research* 36(6), 899-912.
- Stine, M., y Weil, R. (2002). The relationship between soil quality and crop productivity across three tillage systems in South Central Honduras. *American Journal of Alternative Agriculture* 17, 2-8.
- Stine, M., y Weil, R. (2002). The relationship between soil quality and crop productivity across three tillage systems in South Central Honduras. *American Journal of Alternative Agriculture* 17, 2-8.
- Sultani, M., Gill, A., Anwar, M., y Athar, M. (2007). Evaluation of soil physical properties as influenced by various green manuring legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1), 109-118. doi:http://www.bioline.org.br/pdf?st07014
- Suquilanda, M. (2012). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos*. Ecuador: Unión de Organizaciones Campesinas del Norte de Cotopaxi.
- Suquilanda, M. (2017). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos*. Ecuador: Unión de Organizaciones Campesinas del Norte de Cotopaxi, Manual Técnico.

- Tein, B., Kauer, K., Ereemeev, V., Luik, A., Selge, A., y Loit, E. (2014). Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. *Field Crops Research*, 156, 1-11.
- Thind, H., y Chahal, D. (1987). Effect of green manuring (*Sesbania aculeata*) on zinc equilibria in submerged calcareous and non-calcareous soils. *Biol Fert Soils* 3, 179–182.
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos*. Honduras: CréditosNombre de la obra: Manejo de suelos ácidos en las zonas altas de Honduras: conceptos y métodosAutor: Ing. Milton ToledoRInstituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura (IICA). Obtenido de ISBN: 978-92-9248-663-1
- Valverde, F. A., Torres, C., Quishpe, J., y Parra, R. (2010). *Los abonos orgánicos en la productividad de papa (Solanum tuberosum L.)*. Quito, Ecuador: nstituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. EE. Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas,. Obtenido de [https://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/f\\_valverde\\_memoria.pdf](https://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/f_valverde_memoria.pdf)
- Vasconcelos, R., Ávila, L. d., Silva, R. d., Nogueira, R., y Vergütz, L. (2016). Green Manures and Crop Residues as Source of Nutrients in Tropical Environment. *Intechopen*, 1-6. doi:10.5772/62981
- Velásquez, M., y Velásquez, M. (2016). *Evaluación de la Eficiencia del Abono Orgánico obtenido de los Residuos Vegetales de la Plaza de Mercado del Municipio de San Gil en el Cultivo de Mandarina Arrayana*. Colombia: Universidad de Manizales, Caldas Manizales.
- Wang, Y., Tang, C., Wu, J., Liu, X., y Xu, J. (2013). Impact of organic matter addition on pH change of paddy soils. *J Soils Sediments* 13, 13-15. doi:<https://doi.org/10.1007/s11368-012-0578-x>

- Wang, Z., Hassan, M., Nadeem, F., Wu, L., Zhang, F., y Xuexian Li. (2019). Magnesium Fertilization Improves Crop Yield in Most Production Systems: A Meta-Analysis. *Front Plant Sci.*; 10:. doi: 10.3389/fpls.2019.01727
- Warman, P., y Macdonald, J. (1980). The Basics of Green Manuring. *EAP Publication* - 51 40(1) B, 3-6. doi:<https://eap.mcgill.ca/publications/EAP51.htm>
- Witter, E., y Johansson, G. (2001). Potassium Uptake from the Subsoil by Green Manure Crops. *Biological Agriculture and Horticulture* 19(2), 127-141. doi:10.1080/01448765.2001.9754917
- Yang, L., Bai, J., Liu, J., Zeng, N., y Cao, W. (2018). Green Manuring Effect on Changes of Soil Nitrogen Fractions, Maize Growth, and Nutrient Uptake. *Agronomy* 8, 261. doi:10.3390/agronomy8110261
- Yaguana, G. (2014). Manejo y Conservación de Suelos: Prácticas de Conservación. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

## ANEXOS

### Anexo 1. Carta aval del GAD Provincial del Carchi



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA  
PROVINCIA DEL CARCHI  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Tulcán, 12 de marzo del 2018

Ing. Mónica León

COORDINADORA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Presente. –

Por medio del presente pongo en su conocimiento ante Usted, que las señoritas **MOYA PATIÑO FERNANDA LIZBETH** y **FARINANGO ALOVACHI ÁNGELA ARACELY**. Se les autoriza realizar el Desarrollo de Proyecto de tesis, en coordinación con la Dirección de Gestión Ambiental de GAD Provincial del Carchi, con el tema **RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE ABONOS VERDES, COMPOST, HUMUS Y CHAMPIÑONAZA, EN SANTA MARTHA DE CUBA- TULCÁN- CARCHI**, el mismo que se encuentra avalado por nuestra institución.

Al respecto aprovecho la oportunidad para a través de su persona en calidad de Coordinadora, autorice el apoyo de las estudiantes mencionadas anteriormente y con ello poder sistematizar todo el proceso de recuperación de suelos de ecosistemas agrícolas.

Atentamente,

Ing. Guillermo Rodríguez

**DIRECTOR DE GESTIÓN AMBIENTAL GAD PROVINCIAL DEL CARCHI**



Dirección: Tulcán, Calle 10 de agosto entre Sucre y Olmedo.

Correo Electrónico: [grodriguez@carchi.gob.ec](mailto:grodriguez@carchi.gob.ec)

Cel. 0991475652 of. 2987-260 Ext.214,227

Anexo 2. Análisis inicial del suelo



**INAP**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito-Ecuador Telf.: 690-6919293 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : Fernanda Lizbeth Moya Patillo Dirección : Tulcín Ciudad : Teléfono : Fax :	Nombre : San José Provincia : Carchi Cantón : Tulcín Parroquia : Sta. Martha de Cuba Ubicación :	Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 24/10/2018 Fecha de Ingreso : 25/10/2018 Fecha de Salida : 06/11/2018

N° Muest. Laboral.	Identificación del Lote	pH	ppm			mcep/100ml			ppm															
			NH <sub>4</sub>	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B											
110250	M1	5,83LAc	134,00	A	129,00	A	7,80	B	0,66	A	16,00	A	1,70	M	13,1	A	4,3	A	387,0	A	4,1	B	0,60	B

INTERPRETACION	
pH	
Elementos	

METODOLOGIA USADA  
  
 LABORATORISTA

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 3. Análisis de MO inicial

**INIAP**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS

**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito-Ecuador Telf: 690-6919293 Fax: 690-693

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : Fernanda Lizbeth Moya Patiño Dirección : Tulcán Ciudad : Teléfono : Fax :	Nombre : San José Provincia : Carchi Cantón : Tulcán Parroquia : Sta. Martha de Cuba Ubicación :	Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 24/10/2018 Fecha de Ingreso : 25/10/2018 Fecha de Salida : 06/11/2018

N° Muestr. Laboral	meq/100ml			dSm	C.E.		M.O.		ppm	Textura (%)		
	Al+H	Al	Na		Mg	K	Σ Bases	NTot		Cl	Areaal Limo-Arcilla	Clase Textural
110250				9,41	2,58	26,82	18,36					

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

## Anexo 4. Textura inicial

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOAGNARIAS	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 145 y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 02 2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 3</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-SFA-418-0450  
 Fecha emisión Informe: 04/04/2018

### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Fernanda Moya / Agrocalidad Imbabura

Dirección: Cda. Jacinto Collaguazo  
 Provincia: Imbabura Cantón: Otavalo  
 Teléfono: 0959555547  
 Correo Electrónico: ferlizpaq@gmail.com  
 N° Orden de Trabajo: 10-2018-0005  
 N° Factura/Documento: 3625

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco  
 Cultivo: ----  
 Provincia: Carchi X: ----  
 Cantón: Tulcán Coordenadas: Y: ----  
 Parroquia: Santa Martha de Cuba Altitud: ----  
 Muestreado por: Fernanda Moya  
 Fecha de muestreo: 20-03-2018 Fecha de inicio de análisis: 21-03-2018  
 Fecha de recepción de la muestra: 21-03-2018 Fecha de finalización de análisis: 04-04-2018

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-0460	M2	Arena	Boynton PEE/SFA/20	%	44
		Limo	Boynton PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Boynton PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Francis

Analizado por: Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

Observaciones:

  
 Q. A. Luis Cacuango  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliares y Aguas


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOAGNARIAS  
**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
 Tumbaco - Quito

## Anexo 5. Densidad aparente inicial

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 3</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-SFA-418-0449  
 Fecha emisión Informe: 28/03/2018

### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Fernanda Moya / Agrocalidad Imbabura

Dirección: Cda. Jacinto Collaguazo

Teléfono: 0959555547

Correo Electrónico: ferlizpaq@gmail.com

Provincia: Imbabura

Cantón: Otavalo

N° Orden de Trabajo: 10-2018-0005

N° Factura/Documento: 3625

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo

Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco

Cultivo: ----

Provincia: Carchi

X: ----

Cantón: Tulcán

Coordenadas: Y: ----

Parroquia: Santa Martha de Cuba

Altitud: ----

Muestreado por: Fernanda Moya

Fecha de muestreo: 20-03-2018

Fecha de inicio de análisis: 21-03-2018

Fecha de recepción de la muestra: 21-03-2018

Fecha de finalización de análisis: 28-03-2018

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-0459	M1	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,74

Analizado por: Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

Observaciones:



  
 Q. A. Luis Cacuango  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas



Anexo 6. Análisis después de los abonos verdes



**INIA**  
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE  
INVESTIGACIONES AGRICOLAS

**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Fernanda Lizbeth Moya Patifio Dirección : Tulcán Ciudad : Tulcán Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : San José Provincia : Carchi Cantón : Tulcán Parroquia : Sta. Martha de Cuba Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 24/10/2018 Fecha de Ingreso : 25/10/2018 Fecha de Salida : 06/11/2018
--	--	--

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			mg/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
110234	P1	5,75LAc	125,00 A	63,00 A	7,60 B	0,63 A	17,70 A	1,50 M	14,8 A	4,7 A	340,0 A	6,3 M	1,10 M
110235	P2	5,85LAc	119,00 A	76,00 A	10,00 M	0,95 A	19,60 A	1,60 M	16,4 A	4,1 A	283,0 A	4,6 B	1,20 M
110236	P3	5,33 Ac RC	140,00 A	174,00 A	9,60 B	1,16 A	14,00 A	1,20 M	14,1 A	3,9 M	486,0 A	7,2 M	1,40 M
110237	P4	5,41 Ac RC	124,00 A	228,00 A	10,00 M	1,25 A	15,80 A	1,20 M	12,7 A	3,4 M	412,0 A	6,2 M	1,40 M
110238	P5	5,40 Ac RC	155,00 A	86,00 A	7,60 B	0,63 A	12,60 A	1,60 M	11,9 A	6,1 A	462,0 A	7,4 M	1,00 M
110239	P6	5,50LAc RC	153,00 A	92,00 A	7,80 B	0,97 A	13,30 A	1,90 M	13,1 A	5,9 A	426,0 A	8,0 M	1,10 M
110240	P7	5,29 Ac RC	150,00 A	230,00 A	8,80 B	1,07 A	13,10 A	1,10 M	13,0 A	4,2 A	519,0 A	8,5 M	1,10 M
110241	P8	5,39 Ac RC	134,00 A	224,00 A	8,50 B	1,21 A	12,70 A	1,20 M	11,1 A	3,9 M	433,0 A	6,5 M	1,00 M
110242	P9	5,26 Ac RC	157,00 A	70,00 A	5,10 B	0,66 A	10,30 A	1,60 M	8,9 A	5,5 A	462,0 A	7,6 M	0,80 B
110243	P10	5,43 Ac RC	167,00 A	77,00 A	5,10 B	0,83 A	10,30 A	1,80 M	8,5 A	4,9 A	440,0 A	7,0 M	0,80 B
110244	P11	5,78LAc	118,00 A	170,00 A	8,90 B	1,59 A	19,00 A	1,10 M	9,6 A	2,9 M	281,0 A	3,9 B	1,70 M
110245	P12	5,36 Ac RC	124,00 A	180,00 A	6,90 B	1,03 A	13,10 A	1,30 M	9,8 A	3,2 M	355,0 A	6,1 M	1,30 M
110246	P13	5,31 Ac RC	143,00 A	112,00 A	6,40 B	0,35 M	11,80 A	1,50 M	10,8 A	7,5 A	717,0 A	7,3 M	1,00 M
110247	P14	5,30 Ac RC	166,00 A	116,00 A	8,90 B	0,50 A	10,60 A	1,60 M	9,5 A	6,7 A	507,0 A	8,6 M	0,90 B
110248	P15	5,48 Ac RC	135,00 A	195,00 A	8,80 B	1,03 A	14,30 A	1,10 M	10,4 A	3,7 M	441,0 A	6,0 M	1,00 M
110249	P16	5,70LAc	148,00 A	183,00 A	7,50 B	1,08 A	16,30 A	1,30 M	10,0 A	3,5 M	373,0 A	5,3 M	1,00 M

INTERPRETACION	Elementos
pH	Elementos

METODOLOGIA USADA

LABORATORISTA

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 7. MO después de los abonos verdes



**INstituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias**  
INIA P

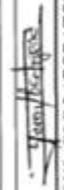
**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-6919293 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<p><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Fernanda Lizbeth Moya Patifo          Dirección : Tulcán          Ciudad :          Teléfono :          Fax :</p>	<p><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : San José          Provincia : Carchi          Cantón : Tulcán          Parroquia : Sta. Martha de Cuba          Ubicación :</p>	<p><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo Actual :          Fecha de Muestreo : 24/10/2018          Fecha de Ingreso : 25/10/2018          Fecha de Salida : 06/11/2018</p>
---	---	---

N° Muestr. Laborat.	mgq/100ml			dS/m		%		mg/100ml			ppm		Textura (%)		Clase Textural	
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Ca	Mg	K	Σ	Bases	NTot	Cl	Arena	Limo		Arcilla
110234					14,10 A	11,80	2,38	30,48	19,83							
110235					15,60 A	12,25	1,68	22,32	22,15							
110236					16,70 A	11,67	1,03	13,10	16,36							
110237					15,70 A	13,17	0,96	13,60	18,25							
110238					14,90 A	7,88	2,54	22,54	14,83							
110239					16,10 A	7,00	1,96	15,67	16,17							
110240					16,40 A	11,91	1,03	13,27	15,27							
110241					16,10 A	10,58	0,99	11,49	15,11							
110242					14,60 A	6,44	2,42	18,03	12,56							
110243					14,70 A	5,72	2,17	14,58	12,93							
110244					15,40 A	17,27	0,69	12,64	21,69							
110245					14,10 A	10,08	1,26	13,98	15,43							
110246					15,30 A	7,87	4,29	38,00	13,65							
110247					15,00 A	6,63	3,20	24,40	12,70							
110248					15,00 A	13,00	1,07	14,95	16,43							
110249					15,10 A	12,54	1,20	16,30	18,68							

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA

## Anexo 8. Textura después de los abonos verdes

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----			
Provincia: Carchi		X: ----	
Cantón: Tulcán		Y: ----	
Parroquia: Santa Martha de Cuba		Altitud: ----	
Muestreado por: Fernanda Moya			
Fecha de muestreo: 06-11-2018		Fecha de inicio de análisis: 07-11-2018	
Fecha de recepción de la muestra: 07-11-2018		Fecha de finalización de análisis: 15-11-2018	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3425	T1	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	56
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-18-3426	T2	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3427	T3	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	44
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	42
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3428	T4	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco



**AGROCALIDAD**  
AGENCIA DE REGULACIÓN Y  
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,  
Tumbaco - Quito  
Teléf.: 02-2372-844/2372-845

Rev. 3

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 2 de 2

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3429	T5	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3430	T6	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-18-3431	T7	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3432	T8	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

Observaciones:



LABORATORIO DE SUELOS,  
FOLIARES Y AGUAS

Parroquia: Santa Martha de Cuba	Altitud: ----
Muestreado por: Fernanda Moya	
Fecha de muestreo: 06-11-2018	Fecha de inicio de análisis: 07-11-2018
Fecha de recepción de la muestra: 07-11-2018	Fecha de finalización de análisis: 15-11-2018

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3433	T9	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-18-3434	T10	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	56
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-18-3435	T11	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	58
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	28
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-18-3436	T12	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	42
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

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



CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3437	T13	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3438	T14	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3439	T15	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-18-3440	T16	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Limoso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

Observaciones:



Q. A. Luis Cacuango  
Responsable de Laboratorio



LABORATORIO DE SUELOS,  
FOLIARES Y AGUAS  
TUMBACO - ECUADOR

## Anexo 9. Densidad aparente después de los abonos verdes

Cantón: Tulcán	Coordenadas: Y: ----
Parroquia: Santa Martha de Cuba	Altitud: ----
Muestreado por: Fernanda Moya	
Fecha de muestreo: 06-11-2018	Fecha de inicio de análisis: 07-11-2018
Fecha de recepción de la muestra: 07-11-2018	Fecha de finalización de análisis: 15-11-2018

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3409	D1	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,64
SFA-18-3410	D2	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,72
SFA-18-3411	D3	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,64
SFA-18-3412	D4	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,66
SFA-18-3413	D5	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,66
SFA-18-3414	D6	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,69
SFA-18-3415	D7	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,63
SFA-18-3416	D8	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,62

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

Observaciones:



  
**Q. A. Luis Cacuango**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas



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

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----			
Provincia: Carchi		X: ----	
Cantón: Tulcán		Coordenadas: Y: ----	
Parroquia: Santa Martha de Cuba		Altitud: ----	
Muestreado por: Fernanda Moya			
Fecha de muestreo: 06-11-2018		Fecha de inicio de análisis: 07-11-2018	
Fecha de recepción de la muestra: 07-11-2018		Fecha de finalización de análisis: 15-11-2018	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-3417	D9	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,84
SFA-18-3418	D10	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,75
SFA-18-3419	D11	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,70
SFA-18-3420	D12	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,65
SFA-18-3421	D13	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,69
SFA-18-3422	D14	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,78
SFA-18-3423	D15	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,73
SFA-18-3424	D16	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,67

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

Observaciones: 15 NOV 2018




LABORATORIO DE SUELOS,  
FOLIARES Y AGUAS

Anexo 10. Análisis de abonos orgánicos

**INIAP**  
INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS**  
Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340  
Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec  
Mejía -Ecuador

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Fernanda Moya Dirección : Tulcan Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Barrio San José Provincia : Carchi Cantón : Tulcán Parroquia : Santa Marta de Cuba Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> No. Muestra Lab. : 1194-1196 Fecha de Muestreo : 24/10/2018 Fecha de Ingreso : 25/10/2018 Fecha de Salida : 31/10/2018
---	---	--

No. Muestra Lab.	Identificación de la muestra	g/100 ml										mg/l				
		N Total	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	N-NH4	pH	C/N
1194	Abono 1: Compost - A1	1.51	0.76	1.40	4.65	0.50	1.44	43.03	0.1	182.5	40.6	7657.0	367.5	86.0	7.22	16.53
1195	Abono 2: Humus - A2	0.61	0.17	0.15	2.52	0.22	0.07	31.90	0.1	47.1	15.8	3843.0	109.9	69.0	7.66	30.33
1196	Abono: Champiñonaza - A3	1.27	0.63	1.36	4.74	0.48	1.18	42.81	0.1	156.5	37.4	7605.00	318.2	79.0	7.18	19.55

Unidades	Método
g/100 ml : gramos/100 mili litros = % ; porcentaje	pH : Potenciométrico
mg/l : miligramos/litro = ppm ; partes por millón.	C.E: Conductimétrico
dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm ; milimhos/centimetro.	M.O. : Calcinación.

*[Firma manuscrita]*

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

*[Firma manuscrita]*

LABORATORISTA

Anexo 11. Análisis de suelo antes de la cosecha



**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
**LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS**  
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



**INIA**  
 INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE  
 INVESTIGACIONES AGRICOLAS

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<p><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Fernanda Moya          Dirección : Carchi          Ciudad :          Teléfono :          Fax :</p>	<p><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre :          Provincia : Carchi          Cantón : Tulcán          Parroquia : Santa Marta de Cuba          Ubicación :</p>
<p><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo Actual : Papa          Fecha de Muestreo : 09/05/2019          Fecha de Ingreso : 10/05/2019          Fecha de Salida : 20/05/2019</p>	

N° Muestr. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			mcq/100ml				ppm			
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
111162	P1	6,17LAc	92,00 A	58,00 A	7,70 B	0,49 A	16,10 A	1,60 M	15,9 A	8,0 A	301,0 A	3,7 B	0,60 B
111163	P2	6,23LAc	91,00 A	64,00 A	5,20 B	0,56 A	12,10 A	1,70 M	15,9 A	4,6 A	259,0 A	3,4 B	0,80 B
111164	P3	5,65LAc	82,00 A	206,00 A	8,30 B	0,67 A	10,90 A	0,92 B	14,5 A	3,9 M	435,0 A	4,4 B	0,70 B
111165	P4	5,69LAc	86,00 A	214,00 A	14,00 M	0,79 A	12,00 A	0,98 B	13,2 A	3,9 M	378,0 A	3,8 B	0,90 B
111166	P5	5,70LAc	92,00 A	82,00 A	7,70 B	0,25 M	9,40 A	1,14 M	12,8 A	5,9 A	393,0 A	4,9 B	0,30 B
111167	P6	5,77LAc	86,00 A	77,00 A	6,70 B	0,44 A	8,90 A	1,21 M	12,9 A	5,0 A	349,0 A	4,5 B	0,40 B
111168	P7	5,67LAc	83,00 A	219,00 A	9,20 B	0,64 A	10,70 A	0,77 B	13,6 A	4,1 A	465,0 A	4,0 B	0,60 B
111169	P8	5,70LAc	91,00 A	186,00 A	8,10 B	0,55 A	11,00 A	0,84 B	11,3 A	4,6 A	385,0 A	3,9 B	1,10 M
111170	P9	5,66LAc	111,00 A	52,00 A	6,90 B	0,23 M	7,50 M	1,07 M	9,8 A	5,2 A	354,0 A	3,5 B	0,80 B
111171	P10	5,87LAc	103,00 A	68,00 A	8,20 B	0,61 A	8,00 M	1,18 M	10,9 A	5,3 A	370,0 A	4,2 B	0,70 B
111172	P11	5,82LAc	84,00 A	161,00 A	25,00 A	0,69 A	12,60 A	0,76 B	10,7 A	3,8 M	331,0 A	3,1 B	0,50 B
111173	P12	5,61LAc	102,00 A	159,00 A	8,00 B	0,65 A	10,60 A	0,85 B	10,5 A	3,8 M	330,0 A	3,2 B	0,60 B
111174	P13	5,61LAc	108,00 A	99,00 A	6,30 B	0,17 B	9,20 A	1,14 M	12,4 A	7,1 A	505,0 A	4,9 B	0,50 B
111175	P14	5,63LAc	93,00 A	85,00 A	8,30 B	0,24 M	7,90 M	0,97 B	10,1 A	5,4 A	375,0 A	4,1 B	0,50 B
111176	P15	5,91LAc	91,00 A	186,00 A	9,60 B	0,59 A	12,70 A	0,95 B	11,0 A	3,7 M	348,0 A	3,4 B	0,50 B
111177	P16	5,81LAc	101,00 A	194,00 A	7,20 B	0,37 M	12,60 A	0,84 B	11,7 A	4,1 A	391,0 A	3,9 B	0,30 B

**INTERPRETACION**

pH = Acido LAc = Liger. Acido	N = Neutro LAI = Lige. Alcalino
Elementos B = Bajo M = Medio	

**METODOLOGIA USADA**

pH = Suelo: agua (1:2,5)    P K Ca Mg = Olen Modificado  
 S, B = Fósforo de Cábito    Cu Fe Mn Zn = Olen Modificado

**RESPONSABLE LABORATORIO**



**LABORATORISTA**

Anexo 12. Análisis de materia orgánica del suelo antes de la cosecha



**INIA P**  
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

**ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"**  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	Fernanda Moya	Nombre :	Carehi	Cultivo Actual :	Papa
Dirección :	Carehi	Provincia :	Carehi	Fecha de Muestreo :	09/05/2019
Ciudad :	Carehi	Cantón :	Tulcán	Fecha de Ingreso :	10/05/2019
Teléfono :		Parroquia :	Santa Marta de Cuba	Fecha de Salida :	20/05/2019
Fax :		Ubicación :			

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m		M.O. (%)	Ca	Mg	K	Ca+Mg	Σ Bases	NTot	ppm		Textura (%)		Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	Cl								Arenal Limo/Arcilla				
111162						15,40 A	10,06	3,27	36,12	18,19							
111163						14,60 A	7,12	3,04	24,64	14,36							
111164						19,60 A	11,85	1,37	17,64	12,49							
111165						18,30 A	12,24	1,24	16,43	13,77							
111166						17,80 A	8,25	4,56	42,16	10,79							
111167						18,70 A	7,36	2,75	22,98	10,55							
111168						19,80 A	13,90	1,20	17,92	12,11							
111169						19,30 A	13,10	1,53	21,53	12,39							
111170						15,40 A	7,01	4,65	37,26	8,80							
111171						17,70 A	6,78	1,93	15,05	9,79							
111172						17,50 A	16,58	1,10	19,36	14,05							
111173						18,20 A	12,47	1,31	17,62	12,10							
111174						18,20 A	8,07	6,71	60,82	10,51							
111175						16,90 A	8,14	4,04	36,96	9,11							
111176						17,60 A	13,37	1,61	23,14	14,24							
111177						19,10 A	15,00	2,27	36,32	13,81							

INTERPRETACION	ABREVIATURAS	METODOLOGIA USADA
 RESPONSABRE LABORATORIO	LABORAJORISTA	METODOLOGIA USADA

## Anexo 13. Textura antes de la cosecha

Informe N°: LN-SFA-E19-0738  
Fecha emisión Informe: 23/05/2019

### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Fernanda Moya

Dirección<sup>1</sup>: Jacinto Collahuazo. 1° Etapa

Provincia<sup>1</sup>: Imbabura

Cantón<sup>1</sup>: Otavalo

Teléfono<sup>1</sup>: 0939561056

Correo Electrónico<sup>1</sup>: ferlizpaq@gmail.com

N° Orden de Trabajo: 10-2019-009

N° Factura/Documento: 006-001-0206

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : ----		
Provincia <sup>1</sup> : Carchi	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0884	T1	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-19-0885	T2	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Provincia<sup>1</sup>: Imbabura

Cantón<sup>1</sup>: Otavalo

N° Orden de Trabajo: 10-2019-009

N° Factura/Documento: 006-001-0206

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : ----			
Provincia <sup>1</sup> : Carchi		X: ----	
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Coordenadas <sup>1</sup> : Y: ----	
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----	
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya			
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019		Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019		Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0886	T3	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-19-0887	T4	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Limoso

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Katty Pastás

Provincia <sup>1</sup> : Carchi	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0888	T5	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	42
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-19-0889	T6	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:



*[Handwritten signature]*



Provincia <sup>1</sup> : Carchi	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0890	T7	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-19-0891	T8	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:



*[Handwritten signature]*



Provincia <sup>1</sup> : Carchi	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0892	T9	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	60
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	26
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-19-0893	T10	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:



**DATOS DEL CLIENTE**Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Fernanda MoyaDirección<sup>1</sup>: Jacinto Collahuazo. 1° EtapaProvincia<sup>1</sup>: ImbaburaCantón<sup>1</sup>: OtavaloTeléfono<sup>1</sup>: 0939561056Correo Electrónico<sup>1</sup>: ferlizpaq@gmail.com

N° Orden de Trabajo: 10-2019-009

N° Factura/Documento: 006-001-0206

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : ----		
Provincia <sup>1</sup> : Carchi	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0894	T11	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	10
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-19-0895	T12	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba	Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya	
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019	Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0896	T13	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso
SFA-19-0897	T14	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:



  
 Q. A. Luis Cacuango  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas


**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y  
 CONTROL RÍO Y ZOOSANITARIO  
 LABORATORIO DE SUELOS,  
 FOLIARES Y AGUAS  
 TUMBACO - ECUADOR



**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : ----			
Provincia <sup>1</sup> : Carchi		Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ----
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán			Y: ----
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba			Altitud: ----
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya			
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019		Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019		Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0898	T15	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	42
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco
SFA-19-0899	T16	Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Limoso

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:




## Anexo 14. Densidad aparente antes de la cosecha

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : ----			
Provincia <sup>1</sup> : Carchi		Coordenadas <sup>1</sup> : X: ----	
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----	
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----	
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya			
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019		Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019		Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0868	D1	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,66
SFA-19-0869	D2	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,70
SFA-19-0870	D3	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,71
SFA-19-0871	D4	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,58
SFA-19-0872	D5	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,68
SFA-19-0873	D6	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,79
SFA-19-0874	D7	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,73
SFA-19-0875	D8	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,72

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:



### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : ----			
Provincia <sup>1</sup> : Carchi		Coordenadas <sup>1</sup> : X: ----	
Cantón <sup>1</sup> : Tulcán		Y: ----	
Parroquia <sup>1</sup> : Santa Martha de Cuba		Altitud: ----	
Muestreado por <sup>1</sup> : Fernanda Moya			
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 09-05-2019		Fecha de inicio de análisis: 10-05-2019	
Fecha de recepción de la muestra: 10-05-2019		Fecha de finalización de análisis: 23-05-2019	

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0876	D9	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,76
SFA-19-0877	D10	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,78
SFA-19-0878	D11	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,74
SFA-19-0879	D12	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,71
SFA-19-0880	D13	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,74
SFA-19-0881	D14	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,69
SFA-19-0882	D15	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,72
SFA-19-0883	D16	Densidad Aparente	Gravimétrico PEE/SFA/23	g/ml	0,67

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:



**Anexo 15. Cálculos de extracción de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P y K.**

Tratamiento químico rep N° 1			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	
160	80.64	491.4	Suelo inicial
50	80	40	Fertilizante mineral
210	160.64	531.4	Aporte total de nutrientes
176.88	76.56	382.19	Suelo final
33.12	84.08	149.21	Extracción de nutrientes

Tratamiento químico rep N° 2			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	
171.52	286.72	943.79	Suelo inicial
50	80	40	Fertilizante mineral
221.52	366.72	983.79	Aporte total de nutrientes
131.04	26.04	429	Suelo final
90.48	340.68	554.79	Extracción de nutrientes

Tratamiento químico rep N° 3			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	
250.5	115.5	647	Suelo inicial
50	80	40	Fertilizante mineral
300.5	195.5	687	Aporte total de nutrientes
160.68	106.08	475.8	Suelo final
139.82	89.42	211.2	Extracción de nutrientes

Tratamiento químico rep N° 4			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	
197.16	284.7	803.39	Suelo inicial
50	80	40	Fertilizante mineral
247.16	364.7	843.39	Aporte total de nutrientes
131.04	267.84	460.2	Suelo final
116.12	96.86	383.19	Extracción de nutrientes

Tratamiento compost rep N° 1			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
166.6	106.4	740.9	Suelo inicial
158.95	80	147.37	Abono Compost
325.55	186.4	888.27	Aporte total de nutrientes
127.4	89.6	436.8	Suelo final
198.15	96.8	451.47	Extracción de nutrientes

Tratamiento compost rep N° 2			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
189	289.8	834.6	Suelo inicial
158.95	80	147.37	Abono Compost
347.95	369.8	981.97	Aporte total de nutrientes
121.18	319.74	499.2	Suelo final
226.77	50.06	482.77	Extracción de nutrientes

Tratamiento compost rep N° 3			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
263.8	117.6	514.8	Suelo inicial
158.95	80	147.37	Abono Compost
422.75	197.6	662.17	Aporte total de nutrientes
168.72	79.04	179.4	Suelo final
254.03	118.56	482.77	Extracción de nutrientes

Tratamiento compost rep N° 4			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
198.3	245.2	842.39	Suelo inicial
158.95	80	147.37	Abono Compost
357.25	325.2	989.76	Aporte total de nutrientes
135.34	259.96	288.6	Suelo final
221.91	65.24	701.16	Extracción de nutrientes

Tratamiento Humus de lombriz rep N° 1			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
179.2	222.72	782.52	Suelo inicial
287.06	80	70.59	Abono humus de lombriz
466.26	302.72	853.11	Aporte total de nutrientes
41.33	103.84	185.52	Suelo final
424.93	198.88	667.59	Extracción de nutrientes

Tratamiento Humus de lombriz rep N° 2			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
211.14	126.96	756.59	Suelo inicial
287.06	80	70.59	Abono humus de lombriz
498.2	206.96	827.18	Aporte total de nutrientes
135.88	121.66	343.2	Suelo final
362.32	85.3	483.98	Extracción de nutrientes

Tratamiento Humus de lombriz rep N° 3			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
161.2	234	803.4	Suelo inicial
287.06	80	70.59	Abono humus de lombriz
448.26	314	873.99	Aporte total de nutrientes
144.84	225.78	507	Suelo final
303.42	88.22	366.99	Extracción de nutrientes

Tratamiento Humus de lombriz rep N° 4			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
197.34	154.56	273	Suelo inicial
287.06	80	70.59	Abono humus de lombriz
484.4	234.56	343.59	Aporte total de nutrientes
159.84	146.52	132.6	Suelo final
324.56	88.04	210.99	Extracción de nutrientes

Tratamiento champiñonaza rep N° 1			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
163.68	300.96	975	Suelo inicial
161.27	80	172.7	Abono champiñonaza
324.95	380.96	1147.7	Aporte total de nutrientes
99.76	248.24	616.2	Suelo final
225.19	132.72	531.5	Extracción de nutrientes

Tratamiento champiñonaza rep N° 2			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
204.6	113.52	491.4	Suelo inicial
161.27	80	172.7	Abono champiñonaza
365.87	193.52	664.1	Aporte total de nutrientes
125.12	111.52	195	Suelo final
240.75	82	469.1	Extracción de nutrientes

Tratamiento champiñonaza rep N° 3			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
165.2	238	124.19	Suelo inicial
161.27	80	172.7	Abono champiñonaza
326.47	318	141.89	Aporte total de nutrientes
124.32	238.28	538.2	Suelo final
202.15	79.72	874.69	Extracción de nutrientes

Tratamiento champiñonaza rep N° 4			
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>	<b>K (kg/ha)</b>	
258.96	180.96	390	Suelo inicial
161.27	80	172.7	Abono champiñonaza
420.23	260.96	562.7	Aporte total de nutrientes
128.34	117.3	187.2	Suelo final
291.89	143.66	375.5	Extracción de nutrientes

**Anexo 16. Tabla resumen del aporte nutricional por tratamiento.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Nutrientes</b>		
	P	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K
T0 Fertilizante mineral	80	50	40
T1 Compost	80	158.95	147.37
T2 Humus de lombriz	80	287.06	70.59
T3 Champiñonaza	80	161.27	172.7