



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN LAS PARCELAS
AGRÍCOLAS DE LA COMUNIDAD RANCHO CHICO, SECTOR
COCHAPAMBA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de
Ingenieros en Recursos Naturales Renovables**

AUTORES:

Gisela Zeneida Vilca Guachalá

Edison Paúl Pérez Méndez

DIRECTORA:

Ing. Gladys Yaguana

IBARRA - ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN LAS PARCELAS AGRÍCOLAS DE LA COMUNIDAD RANCHO CHICO, SECTOR COCHAPAMBA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA”

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

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADO:

Ing. Gladys Yaguana
DIRECTORA

Ing. Oscar Rosales
ASESOR

PhD. Jesús Aranguren
ASESOR

PhD. José Moncada
ASESOR

Ibarra – Ecuador
2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

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

DATOS DE CONTACTO 1			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003626353		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vilca Guachalá Gisela Zeneida		
DIRECCIÓN:	Celiano Aguinaga 15-65 y Bolívar		
EMAIL:	gisela.13-01@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062 907 570	TELÉFONO MÓVIL:	0978841204

DATOS DE CONTACTO 2			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040178557-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pérez Méndez Edison Paúl		
DIRECCIÓN:	Av. Enrique Arboleda y Narchín Mira		
EMAIL:	epprez@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	(06) 3010747	TELÉFONO MÓVIL:	0978980204

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Recuperación de suelos degradados en las parcelas agrícolas de la comunidad Rancho Chico, sector Cochapamba, cantón Ibarra, provincia de Imbabura
AUTORES:	Vilca Guachalá Gisela Zeneida y Pérez Méndez Edison Paúl
FECHA:	25 de mayo del 2017
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Gladys Yaguana MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, **GISELA ZENEIDA VILCA GUACHALÁ**, con cédula de identidad Nro. **100362635-3**, y **EDISON PAÚL PÉREZ MÉNDEZ**, con cédula de identidad Nro. **040178557-1**, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores 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 es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de mayo del 2017

LOS AUTORES:

ACEPTACIÓN:



Gisela Zeneida Vilca Guachalá
C.I. 1003626353



Edison Paúl Pérez Méndez
C.I. 1003626353



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Nosotros, **GISELA ZENEIDA VILCA GUACHALÁ**, con cédula de identidad Nro. **100362635-3**, y **EDISON PAÚL PÉREZ MÉNDEZ**, con cédula de identidad Nro. **040178557-1**, manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN LAS PARCELAS AGRÍCOLAS DE LA COMUNIDAD RANCHO CHICO, SECTOR COCHAPAMBA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

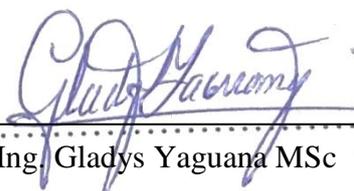
Gisela Zeneida Vilca Guachalá
C.I. 1003626353

Edison Paúl Pérez Méndez
C.I. 1003626353

Ibarra, a los 25 días del mes de mayo del 2017

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita **VILCA GUACHALÁ GISELA ZENEIDA** y el señor **PÉREZ MÉNDEZ EDISON PAÚL**, bajo mi supervisión en calidad de directora.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gladys Yaguana', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Gladys Yaguana MSc

DIRECTORA

DECLARACIÓN

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

Ibarra, a los 25 días del mes de mayo del 2017



Gisela Zeneida Vilca Guachalá
C.I. 1003626353



Edison Paúl Pérez Méndez
C.I. 1003626353

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 25 de mayo 2017

GISELA ZENEIDA VILCA GUACHALA; EDISON PAÚL PÉREZ MÉNDEZ
RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN LAS PARCELAS
AGRÍCOLAS DE LA COMUNIDAD RANCHO CHICO, SECTOR COCHAPAMBA,
CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA

TRABAJO DE GRADO

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 25 de mayo del 2017. 124 páginas.

DIRECTORA: Ing. Gladys Yaguana MSc.

La presente investigación se realizó con la finalidad de recuperar suelos degradados en las parcelas agrícolas de la comunidad Rancho Chico, mediante la combinación de técnicas de roturación de suelos y la aplicación de abonos orgánicos como el humus y abonos verdes. La efectividad de las estrategias se evidenció mediante análisis de calidad de suelos. Los resultados obtenidos, permitieron establecer el mejoramiento del suelo en cuanto a sus parámetros físicos y químicos.

Ibarra, 25 de mayo del 2017



Ing. Gladys Yaguana MSc.

DIRECTORA



Edison Paúl Pérez Méndez



Gisela Zeneida Vilca Guachalá

DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi hermana, Sofía, para que vea en mí un ejemplo a seguir.

A mis abuelitos, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

A Paúl, por su apoyo incondicional en el transcurso de esta investigación, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con él.

Gisela Zeneida Vilca

DEDICATORIA

A mis padres por haberme educado e inculcado buenos valores y virtudes para formarme como un hombre de bien; y, además de que con su esfuerzo, apoyo y sacrificio me han sabido orientar durante toda la etapa de formación profesional.

A mis hermanos, a quienes quiero infundir el deseo de superación y formación profesional, demostrándoles que todo el esfuerzo y dedicación realizados durante una trayectoria, al final se convierte en éxitos.

A Gisela por ser una gran persona, por brindarme su confianza en el desarrollo de nuestra formación profesional y por ser quien me brindó su apoyo y me permitió ser parte de este proyecto investigativo.

Paúl Pérez Méndez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos guiado durante todo el proceso de formación académica y personal.

A la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales y a la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables juntamente con los docentes que laboran en ella y que durante el desarrollo de nuestra formación han forjado en nosotros el conocimiento académico, el profesionalismo, la ética y moral para realizar un trabajo de excelencia en desarrollo de la sociedad.

A la Unión de Organizaciones Campesinas Cochapamba, en su representación por el Tec. Fidel Castro, quien brindó el apoyo necesario para desarrollar esta investigación en esa zona y por habernos apoyado económicamente y logísticamente con el transporte para ejecutar y culminar exitosamente este trabajo investigativo.

A nuestra directora de tesis la Ing. Gladys Yaguana y asesores de tesis, PhD. Jesús Aranguren, PhD. José Moncada, Ing. Oscar Rosales, quienes nos brindaron su confianza y amistad, y, a través de ello con su experiencia, amplios conocimientos y paciencia nos guiaron técnicamente para puntualizar este trabajo.

Gisela y Paúl

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Páginas
DEDICATORIA	X
AGRADECIMIENTO.....	xii
RESUMEN	xx
SUMMARY.....	xxi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de la investigación.....	1
1.2. Pregunta de investigación.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Marco teórico.....	6
2.2.1. <i>El Suelo</i>	6
2.2.2. <i>Propiedades Físico-químicas del suelo</i>	7
2.2.3. <i>Pendiente del terreno</i>	27
2.2.4. <i>Degradación del suelo</i>	29
2.2.5. <i>Estrategias de recuperación y conservación de suelos</i>	31
2.2.6. <i>Asociación tecnificación – tradicional</i>	34
2.2.7. <i>Calidad del suelo</i>	34
2.2.8. <i>Propuesta de investigación</i>	36
2.3. Marco legal.....	36
2.3.1. <i>Constitución del Ecuador</i>	36
2.3.2. <i>Ley de Gestión Ambiental</i>	36
2.3.3. <i>Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)</i>	37
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Fases de la investigación.....	38
3.2. Caracterización del área de estudio.....	38

3.2.1. Ubicación del área de estudio.....	38
3.2.2. Aspectos biogeofísicos.....	40
3.2.3. Aspectos Culturales.....	43
3.3. Materiales.....	43
3.4. Métodos.....	44
3.5. Consideraciones bioéticas.....	52
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Caracterización de las propiedades físico-químicas de los suelos degradados en la Comunidad Rancho Chico.....	53
4.1.1. Macronutrientes.....	54
4.1.2. Micronutrientes.....	57
4.1.3. Potencial Hidrogeno (pH).....	59
4.1.4. Conductividad eléctrica (CE).....	60
4.1.5. Materia orgánica (MO).....	60
4.1.6. Textura.....	61
4.1.7. Densidad Aparente (DA).....	61
4.2. Ejecución de las estrategias de recuperación de suelos, basadas en el proceso de roturación e implementación de humus y abonos verdes.....	62
4.3. Propiedades de los suelos estudiados después de la ejecución de las estrategias de recuperación.....	64
4.3.1. Macronutrientes.....	65
4.3.2. Micronutrientes.....	68
4.3.3. Potencial Hidrogeno (pH).....	71
4.3.4. Conductividad eléctrica (CE).....	72
4.3.5. Densidad Aparente (DA).....	72
4.3.6. Materia orgánica (MO).....	73
4.3.7. Profundidad del suelo.....	73
4.4. Análisis de Indicadores.....	74
5. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA DE COCHAPAMBA.....	75
5.1. Justificación.....	75

5.2. Objetivos.....	75
5.3. Descripción del material.....	76
5.4. Contenidos del material.....	76
5.4.1 Técnicas de recuperación de suelos.....	76
5.5. Modelo de la propuesta.....	78
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
6.1. Conclusiones.....	79
6.2. Recomendaciones.....	81
7. REFERENCIAS	82
8.- ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Órdenes Taxonómicos de los suelos.....	7
Tabla 2.2. Clases texturales.....	8
Tabla 2.3. Relación entre textura y comportamiento probable del suelo.....	9
Tabla 2.4. Rangos de pH en el suelo.....	10
Tabla 2.5. Rangos de Nitrógeno en el suelo.....	12
Tabla 2.6. Rangos de Fósforo en el suelo.....	13
Tabla 2.7. Rangos de Potasio en el suelo.....	14
Tabla 2.8. Rangos de Magnesio en el suelo.....	15
Tabla 2.9. Rangos de Calcio en el suelo.....	16
Tabla 2.10. Rangos de Azufre en el suelo.....	17
Tabla 2.11. Rangos de Boro en el suelo.....	18
Tabla 2.12. Rangos de Manganeso en el suelo.....	19
Tabla 2.13. Rangos de Zinc en el suelo.....	20
Tabla 2.14. Rangos de Hierro en el suelo.....	20

Tabla 2.15. Rangos de Cobre en el suelo.....	22
Tabla 2.16. Rango de conductividad eléctrica.....	22
Tabla 2.17. Valores críticos de densidad aparente en función de la textura.....	24
Tabla 2.18. Rangos de materia orgánica en el suelo.....	26
Tabla 2.19. Clasificación de pendientes	28
Tabla 2.20. Valores promedios de los contenidos de nutrientes del humus de lombriz.....	32
Tabla 2.21. Composición de macronutrientes de especies a utilizarse como abono verde	34
Tabla 3.1. Ubicación de las parcelas	38
Tabla 3.2. Composición Étnica de Rancho Chico	43
Tabla 3.3. Nivel de Instrucción en Rancho Chico	43
Tabla 3.4. Materiales	44
Tabla 3.5. Descripción de las parcelas agrícolas en estudio.....	45
Tabla 4.1. Resultados de los análisis de suelos antes de la implementación de las técnicas agroecológicas.	53
Tabla 4.2. Cantidad de materia orgánica requerida por cada parcela en estudio.....	62
Tabla 4.3. Crecimiento de vicia y raigrás	63
Tabla 4.4. Producción de biomasa en las parcelas de estudio	64
Tabla 4.5. Propiedades de los suelos después de la implementación de las técnicas agroecológicas.	65
Tabla 4.6. Profundidad del suelo en las parcelas de estudio	73
Tabla 4.7. Indicadores de Calidad del Suelo en el Área de Estudio.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Triángulo de textura del suelo.....	8
Figura 2.2. Relación en suelos minerales entre el pH y la disponibilidad de nutrientes	11
Figura 2.3. Desarrollo de un cultivo en un suelo normal y con compactación	25
Figura 2.4. Medición de la pendiente	28
Figura 2.5. Partes de un bulldozer	31
Figura 3.1. Localización de la Comunidad Rancho Chico.....	39
Figura 3.2. Mapa base de la Unión de Organizaciones Campesinas Cochapamba.....	42
Figura 3.3. Determinación de la pendiente empleando el clinómetro	44
Figura 3.4: Parcela agrícola, muestreo en zig-zag	45
Figura 3.5. Muestreo de suelos empleando el barreno	45
Figura 3.6. Método del cilindro biselado	46
Figura 3.7. Tractor tipo roturador en el área de estudio	47
Figura 3.8. Habilitando el suelo para la siembra	47
Figura 3.9. Incorporación de humus.....	48
Figura 3.10. Siembra de los abonos verdes	48
Figura 3.11. Tapado de las semillas de los abonos verdes	49
Figura 3.12. Planta de la vicia con el 20% de floración	49
Figura 3.13. Incorporación del abono verde.....	50
Figura 3.14. Incorporación del abono verde.....	50
Figura 3.15. Pesaje de la biomasa fresca.....	51
Figura 4.1. Rangos de Nitrógeno inicial en los suelos de las parcelas en estudio	54
Figura 4.2. Rangos de Hierro inicial en los suelos de las parcelas en estudio	58
Figura 4.3. Rangos de Manganeseo inicial en los suelos de las parcelas en estudio	59
Figura 4.4. Medida del pH inicial en los suelos de las parcelas en estudio	59
Figura 4.5. Medida de la CE inicial en los suelos de las parcelas en estudio.....	60
Figura 4.6. Rangos de MO inicial en los suelos de las parcelas en estudio	60
Figura 4.7. Cambios en las concentraciones de Nitrógeno en los suelos de las parcelas en estudio.....	66
Figura 4.8. Cambios en las concentraciones de Fósforo en los suelos de las parcelas en estudio.....	66

Figura 4.9. Cambios en las concentraciones de Potasio en los suelos de las parcelas en estudio.....	67
Figura 4.10. Cambios en las concentraciones de Calcio en los suelos de las parcelas en estudio.....	67
Figura 4.11. Cambios en las concentraciones de Azufre en los suelos de las parcelas en estudio.....	68
Figura 4.12. Cambios en las concentraciones de Zinc en los suelos de las parcelas en estudio.....	69
Figura 4.13. Cambios en las concentraciones de Cobre en los suelos de las parcelas en estudio.....	70
Figura 4.14. Cambios en las concentraciones de Hierro en los suelos de las parcelas en estudio.....	70
Figura 4.15. Cambios en las concentraciones de Manganeso en los suelos de las parcelas en estudio.....	71
Figura 4.16. Cambios del pH en los suelos de las parcelas en estudio	71
Figura 4.17. Cambios de CE en los suelos de las parcelas en estudio.	72
Figura 4.18. Cambios en la DA de los suelos de las parcelas en estudio.	72
Figura 4.19. Cambios en la MO de los suelos de las parcelas en estudio.	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Mapa de uso actual del suelo de la comunidad Rancho Chico	89
ANEXO 2. Monitoreo del Crecimiento de los Abonos verdes (Vicia y Raigrás).	90
ANEXO 3. Análisis de suelos antes de la aplicación de las técnicas agroecológicas ...	91
ANEXO 4. Análisis de suelos después de la aplicación de las técnicas agroecológicas	97
ANEXO 5. Socialización de la Guía para el mejoramiento de calidad productiva de los suelos agrícolas de la Zona de Cochapamba	102
ANEXO 6. Lista de asistentes a la socialización de la Guía para el mejoramiento de calidad productiva de los suelos agrícolas de la Zona de Cochapamba.	103

RESUMEN

Los pobladores de la Comunidad Rancho Chico se dedican básicamente a la producción agrícola, con la aplicación de inadecuadas prácticas de manejo de suelo. Esto ha provocado que, paulatinamente, los suelos agrícolas pierdan su capa arable, disminuyendo su productividad como efecto de la degradación. La recuperación de suelos erosionados en Rancho Chico, fue necesaria ya que un alto porcentaje de las familias se dedican a la agricultura como medio de ingresos económicos. Existe poco conocimiento sobre procesos agrícolas que permiten hacer un eficiente uso de los recursos disponibles o a su vez la recuperación de los mismos, pues no se ha contado con asistencia técnica oportuna para hacer un efectivo cambio en los patrones de producción. El objetivo general fue recuperar suelos degradados en las parcelas agrícolas de la comunidad Rancho Chico, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, mediante el proceso de roturación del suelo e incorporación de humus y abonos verdes. Se trabajó en cinco parcelas agrícolas con características similares en cuanto a pendiente, superficie y altitud (msnm). Se realizó la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos en cada parcela, evidenciando en las cinco parcelas una clase textural de tipo franco con una densidad aparente de rango crítico superior a $1,6 \text{ g/cm}^3$; bajas concentraciones de macronutrientes como N, P y S, y deficiencias de micronutrientes como B y Zn. El pH de cada parcela fue ligeramente alcalino con bajos porcentajes de materia orgánica. Luego de ejecutados los procesos de recuperación de suelos, se registró un aumento en las concentraciones de N, P y S así como también de B y Zn; los contenidos de materia orgánica aumentaron desde un nivel bajo a medio y el pH se ubicó en un rango neutro. Como conclusión se estableció que la combinación de estas técnicas aplicadas tuvieron efectividad en el proceso de recuperación de suelos.

SUMMARY

The residents of the Rancho Chico Community are basically dedicated to agricultural production, with the application of inadequate soil management practices. This has caused agricultural soils to gradually lose its arable layer, decreasing its productivity as a result of degradation. The recovery of degraded soils at Rancho Chico was necessary since a high percentage of families are engaged in agriculture as a means of economic income. There is little knowledge about agricultural processes that allow efficient use of available resources or, in turn, the recovery of these resources, since there has been no opportune technical assistance to make an effective change in production patterns. The general objective was to recover degraded soils in the agricultural plots of the Rancho Chico community, Ibarra canton, in the province of Imbabura, through the process of soil scrubbing and the incorporation of humus and green manures. We worked on five agricultural plots with similar characteristics in terms of slope, surface and altitude (msnm). The characterization of the physical and chemical properties of the soils in each plot was evidenced, showing in the five plots a textural class of franc type with an apparent density of critical range superior to 1.6 g / cm³; Low concentrations of macronutrients such as N, P and S, and micronutrient deficiencies such as B and Zn. The pH of each plot was slightly alkaline with low percentages of organic matter. After the soil recovery processes were carried out, there was an increase in N, P and S concentrations as well as B and Zn concentrations; The contents of organic matter increased from a low to a medium level and the pH was located in a neutral range. In conclusion, it was established that the combination of these techniques were effective in the soil recovery process.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de la investigación

La degradación es una forma severa de deterioro físico, químico y biológico del suelo. Aproximadamente el 80% de la tierra utilizada para la agricultura en el mundo, sufre una degradación severa; y, el 10 %, una degradación ligera (Rivera, Sinisterra y Calle, 2004). En América del Sur, casi 250 millones de hectáreas de terreno están afectadas por la degradación, siendo el deterioro físico y biológico la principal amenaza con 68% de la tierra afectada; alrededor de 100 millones de hectáreas se han visto susceptibles como consecuencia de la deforestación, en tanto que unos 70 millones de hectáreas se han degradado por procesos de pastoreo intensivo (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2004).

En el Ecuador, uno de los problemas ambientales más serios es la degradación ya que afecta al 50% del suelo utilizado para la agricultura. Cerca del 15% de las tierras afectadas por degradación se encuentran en el callejón interandino (Alvarado, Jaramillo, Valverde y Parra, 2011).

En la comunidad Rancho Chico, sector Cochapamba (Imbabura), los agricultores se dedican al cultivo de productos de ciclo corto. El 6,8% de la superficie lo ocupan cultivos permanentes como los frutales, el 34,3% los pastizales y la diferencia se usa en otras actividades de tipo agropecuario. Dichas acciones, están provocando la erosión del suelo de forma muy rápida (Unión de Organizaciones Campesinas de Cochapamba, 2010).

La historia agraria de dicha comunidad, señala algunos hitos relacionados con el acceso a tierras de producción agrícola ubicando a los productores familiares en terrenos de alta vulnerabilidad, además con la aplicación de inadecuadas prácticas de manejo de suelo que han provocado la pérdida paulatina de la capa arable de los suelos agrícolas. La productividad ha ido disminuyendo a consecuencia de la erosión, dando como producto suelos de cangagua que no pueden ser aprovechados por los campesinos locales.

Es importante indicar que, en la zona, desde hace años atrás se ha iniciado un proceso de recuperación de suelos, actividad que ha sido liderada por la Asociación Agropecuaria Zara Tarpuy; que es una organización social legalmente constituida y

reconocida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura (MAGAP). Esta asociación preocupada por el problema de degradación del suelo ha propuesto la implementación de alternativas de diversificación de la producción agrícola de los predios familiares con la incorporación de técnicos y voluntarios (Asociación Agropecuaria Zara Tarpuy, 2015). Las razones se hallan en que en un alto porcentaje, las familias se dedican a la Agricultura para subsistir; ignorando de procesos agrícolas que permiten hacer un eficiente uso de los recursos disponibles o a su vez la recuperación de los mismos; no se ha contado con asistencia técnica oportuna, en la calidad y cantidad necesaria, para hacer un efectivo cambio de los patrones de producción que se han venido manejando de forma tradicional.

1.2. Pregunta de investigación

¿En qué medida se logra la recuperación de las propiedades físico-químicas de los suelos degradados después de la aplicación de las estrategias agroecológicas?

1.3. Justificación

La recuperación de las parcelas agrícolas de Rancho Chico se debió realizar debido a que las prácticas usuales han sido el arado de los terrenos sin considerar su pendiente, profundidad de capa arable, ni la realización de acciones de contención de suelos. Esto ha generado como producto de la degradación del suelo y la pérdida de la capacidad productiva de los suelos, la disminución de las cosechas y el empobrecimiento de las familias.

La Asociación “Agropecuaria Zara Tarpuy”, la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Cochapamba”, el Gobierno Provincial de Imbabura, la comunidad Rancho Chico y la investigación propuesta sobre la recuperación de suelos degradados, buscaron de manera participativa, mejorar las condiciones de vida de las familias con base en el trabajo organizado, y con miras al cumplimiento del objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir: *establecer un equilibrio en la naturaleza para vivir en un ambiente sano* (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, 2014).

Mediante actividades de recuperación de los suelos de la comunidad se logró un incremento de la productividad, generando mejores condiciones para la producción

agropecuaria y la generación de empleo y autoempleo de las familias de Rancho Chico. Por otro lado, se buscó contribuir con alternativas para una mejor soberanía alimentaria en condiciones de equilibrio con el ambiente. La presente investigación fue auspiciada dentro del Proyecto: Impulso a la producción agrícola de Cochapamba, mediante la tecnificación, uso eficiente y conservación de los medio de producción; Programa del Buen Vivir Rural de la Unidad de Enlace Territorial de Imbabura y Carchi, lo cual contribuye para que la información generada y las acciones realizadas sean más sostenibles en el tiempo.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Recuperar suelos degradados en las parcelas agrícolas de la comunidad Rancho Chico, sector Cochapamba, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, para mejorar su capacidad productiva.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades físico-químicas de los suelos degradados de parcelas agrícolas en la Comunidad Rancho Chico.
- Evaluar los cambios en el mejoramiento de la calidad productiva del suelo en estudio después de la aplicación de las estrategias de recuperación de suelos.
- Elaborar una propuesta para el mejoramiento de la calidad productiva de los suelos de la zona de Cochapamba.

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

La degradación del suelo es un problema ambiental que preocupa a la comunidad científica, gobiernos y ciudadanos. Cuando la degradación alcanza el punto culminante de su evolución es prácticamente irreversible a escala humana, conseguir que un suelo desahuciado vuelva a ser suelo fértil es una tarea de siglos. En cambio obtener que los suelos fértiles se vuelvan inservibles cuesta muy poco, aun peor cuando los factores climáticos no son favorables, cuando el suelo esta desprovisto de vegetación y que no se apliquen ninguna práctica de manejo de suelos (Rodríguez, 2001).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ha detallado que las inadecuadas prácticas de preparación del terreno y labranza del cultivo son una de las principales causas de la degradación del suelo en América Latina. A este problema se le atribuye el rápido deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, bajos rendimientos productivos y deterioro del ambiente (FAO, 1992).

Estudios realizados en diversos países del mundo han comprobado que la combinación de técnicas tradicionales y técnicas tecnificadas contribuyen a obtener mejores resultados agronómicos beneficiando al mejor desarrollo de los cultivos y obtención de mayores cosechas. En la misma línea favorece a la reducción de la erosión, menor contaminación de las aguas y mayor biodiversidad del suelo. Lo que significaría la reducción de los costos de producción y el aumento considerable de réditos económicos (Control de Producción y Trazabilidad Agropecuaria AGROBIT, 2010).

Según Villareal (2007), a pesar de las ventajas que ofrece la implementación de prácticas de labranza de conservación, es importante complementarlas con mecanismos de fertilización y estrategias de conservación, que permitan incrementar el rendimiento de los cultivos, estas prácticas están siendo muy utilizadas en la provincia de Imbabura. Por esta razón, la fertilización de cultivos debe darse por medio de la investigación en técnicas o alternativas más sustentables; y, una de las alternativas que ha demostrado mayor potencial y mejores resultados de fertilización son los abonos verdes. Esta técnica se la ha empleado debido a que las especies utilizadas presentan la capacidad de fijar altas cantidades de nitrógeno atmosférico, aportan altos porcentajes de materia

orgánica y nutrientes al suelo; además de que controlan plagas, enfermedades y maleza (García et al., 2010).

Suquilanda (2008) señala que el manejo de abonos verdes a base de leguminosas y gramíneas, puede proveer al suelo de entre 80 a 120 TM/ha de biomasa, misma que por acción de factores físicos, químicos y biológicos es transformada en humus. De igual manera se pueden fijar entre 80 a 300 kg/ha de nitrógeno y otros elementos que se encuentran en la estructura de las plantas incorporadas.

Hernández y Viteri (2006) analizaron el comportamiento agronómico de especies de abono verde como fuente alternativa de materia orgánica para el manejo y rehabilitación de suelos, donde los resultados de capacidad de germinación, porcentaje de cobertura, crecimiento de planta, desarrollo de raíces, producción de materia fresca y seca analizadas en las especies escogidas, los resultados fueron favorables para las especies de nabo forrajero, rábano forrajero, vicia forrajera y avena. Siendo una buena referencia para la selección de especies con mayor potencial para el manejo y rehabilitación de suelos degradados.

En estudios realizados por Valverde (2015), sobre la evaluación del efecto de abonos verdes en la calidad del suelo, se deduce que la mezcla de avena-vicia es el abono verde con mayor aporte de material vegetal fresco (52,68 t/ha); además, esta mezcla acumula en su biomasa fresca cantidades considerables de N, P y K. La incorporación de los abonos verdes incrementa las concentraciones de N-NH_4^+ , P, K, S, Ca y Mg en el suelo; así mismo, la actividad microbiana es mayor en las leguminosas antes que en las gramíneas. Sin embargo, para la asimilación de nutrientes luego de la incorporación de avena-vicia, se requiere al menos de 42 días para su completa descomposición y aprovechamiento.

Dentro de las técnicas microbiológicas que contribuyen a las buenas prácticas agrícolas, Bernal (2010) concluye que la materia orgánica en el suelo es crucial para mantener la salud del suelo con propiedades físicas, químicas y biológicas apropiadas que permitan el buen crecimiento, desarrollo y producción de cualquier cultivo. La materia orgánica es la fuente de nutrientes que permite el crecimiento de plantas y suministra lentamente los nutrientes de acuerdo a la necesidad de la planta. Además mejora la estructura del suelo disminuyendo la densidad aparente, neutralizando principios activos de

agroquímicos peligrosos como los herbicidas, y aumentando la capacidad de retención de humedad, aspecto fundamental relacionado con la disponibilidad y absorción de los nutrientes.

Aguas (2013) expresa que desde que se iniciaron los trabajos de roturación o labranza de suelos en la provincia de Imbabura, se han recuperado alrededor de 90 hectáreas, beneficiando a 150 familias. Se tiene previsto impulsar la siembra de quinua, cebada, trigo y centeno; ya que el fortalecimiento de la agricultura familiar campesina y la soberanía alimentaria, es prioridad del Ministerio de Agricultura, ganadería, acuicultura y pesca (MAGAP).

2.2. Marco teórico

2.2.1. El Suelo

Fuentes (1998), define el suelo como la parte superficial de la corteza terrestre, en esta superficie se desarrollan e interactúan especies animales y vegetales, relacionándose también con el aspecto geológico. Las plantas obtienen del suelo agua y nutrientes y los animales obtienen alimento y refugio. Al concluirse el ciclo biológico de una planta o animal, sus residuos vuelven al suelo, en donde los hongos, bacterias y otros microorganismos promueven la descomposición de dicha materia para dar de nuevo los productos originales.

También se lo denomina como un cuerpo natural que posee capas u horizontes, formados de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua, que puede ser el producto final de la interacción de factores físicos, químicos, climáticos y biológicos que transforman las rocas y minerales en áreas con capacidad para albergar otros organismos vivos (FAO, 2004).

Los suelos pueden clasificarse por su textura, profundidad, color, porcentajes de materia orgánica y otras propiedades que los caracterizan. Los órdenes taxonómicos del suelo facilitan la identificación y crean un lenguaje común para intercambiar conocimientos (Tabla 2.1). Esta clasificación permite crear mapas temáticos, como los mapas de suelos (Fernández y Anadón, 2006).

Tabla 2.1 Órdenes Taxonómicos de los suelos

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

Modificado de: Fernández y Anadón (2006).

2.2.2. Propiedades Físico-químicas del suelo

❖ Textura

Se refiere a la proporción de componentes inorgánicos en formas y tamaños de arena, limo y arcilla (Tabla 2.2). La textura es una propiedad importante ya que influye en la fertilidad y en la capacidad de retención de humedad, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2015).

Tabla 2.2: Clases texturales

Nombres vulgares de los suelos (textura)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
	23-52	28-50	7-27	Franco
Suelos francos (textura mediana)	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	8-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-00	40-00	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Modificado de: (Rucks et al., 2004).

Cuando se dispone del análisis granulométrico de un suelo, se utiliza el triángulo de textura (Fig. 2.1). En sus lados se ubican los porcentajes de arcilla, limo y arena; la intersección de los valores de estos tres porcentajes determina un punto que se sitúa en el triángulo, en el interior de una casilla bien marcada, que permite identificar y dar un nombre a la clase textural representada por esa casilla por ejemplo, franco, arcillo arenoso (Rucks, García, Kaplán, León y Hill, 2004).

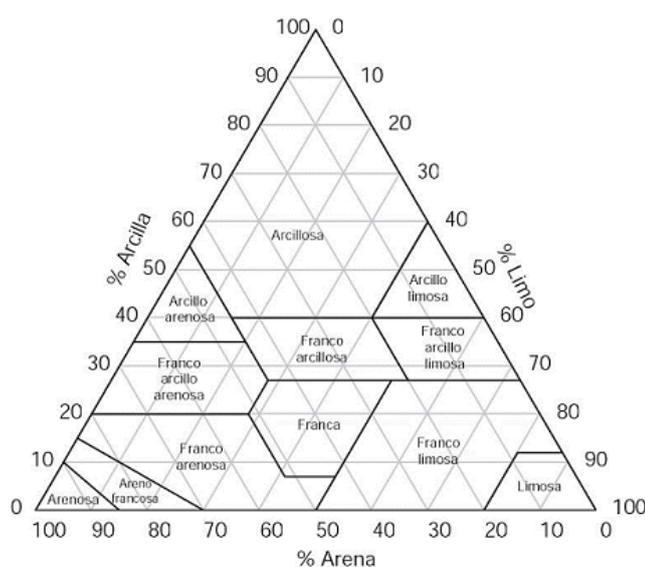


Figura 2.1. Triángulo de textura del suelo

Fuente: FAO (2015)

La clase textural influye en las características del suelo, determinan su funcionalidad, carencias o suficiencias de nutrientes, su reacción ante factores climáticos entre otras. Por ejemplo tenemos que los suelos arenosos tienen buena aireación, alta permeabilidad y baja retención de humedad; químicamente son inertes y sus reservas de nutrientes son muy bajas. Por otro lado, los suelos arcillosos son muy activos, muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, forman agregados, pero son impermeables y asfixiantes. En cuanto a los suelos francos parecen ser los más equilibrados en cuanto a suministro de nutrientes y propiedades compensadas (Tabla 2.3) (Porta y López-Acevedo, 2005).

Tabla 2.3: Relación entre textura y comportamiento probable del suelo

Propiedad	Suelo Arenoso	Suelo Arcilloso	Suelo Franco
Permeabilidad	Alta	Nula	Media
Retención Agua	Poca	Mucha	Media
Aireación	Buena	Mala	Buena
Nutrientes	Pocos	Muchos	Medio-Alto
Tamaño Partículas	Medio	Muy Finas	Finas
Dificultad para el laboreo	Media	Alta	Baja
Potencial de escorrentía	Bajo	Bajo a medio	Medio a alto
Erosionabilidad por el viento	Alta	Media	Baja

Modificado de: Porta y López-Acevedo (2005); y Rucks et al. (2004)

❖ *Potencial Hidrógeno (pH)*

Determina el grado de adsorción de iones (H⁺) por las partículas del suelo, permite conocer el grado de acidez o alcalinidad de un suelo (Tabla 2.4). Es el indicador principal de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, asimilación, movilidad y disponibilidad de macro y micronutrientes; así como también de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (FAO, 2015).

Tabla 2.4: Rangos de pH en el suelo

Rango pH	Categoría
≤ 5,5	Ácido
5,6 – 6,4	Ligeramente ácido
6,5 – 7,5	Prácticamente neutro
7,6 – 8,0	Ligeramente alcalino
≥ 8,1	Alcalino

Fuente: FAO (2015)

➤ *Calificación del pH del suelo*

El pH se califica dependiendo del valor con que se encuentre en el suelo y el método utilizado para determinarlo, de acuerdo con el Índice de Calidad Ambiental, la FAO (2013) establece esta calificación:

- Menor de 5.5: Extremadamente ácido, presencia de toxicidad del aluminio y del manganeso, posibles deficiencias de P, Ca, Mg y Mo. No apto para cultivos
- 5.5 a 5.9: Moderadamente ácido, bajas concentraciones de P y regular disponibilidad del Ca y Mg.
- 6.0 a 6.5: Ligeramente ácido. Favorable para el crecimiento de los cultivos.
- 6.6 a 7.3: Casi neutro o neutro. Altas concentraciones de Ca y Mg; medios contenidos de P y baja disponibilidad de micronutrientes.
- 7.4 a 8.0: Alcalino. presencia de carbonatos. Baja solubilidad del P y de micronutrientes. promueve cultivos de bajo crecimiento. Se requiere tratamiento del suelo.
- Mayor de 8.0: Muy alcalino. Posible exceso de Na. Cultivos de muy bajo crecimiento. Se requiere tratamiento del suelo.

➤ *Acidez y alcalinidad en la fertilidad de los suelos.*

Gran cantidad de suelos agrícolas tienen un pH entre 4 y 8. El pH ideal para la mayoría de los cultivos es más estrecho, está entre 5.5 y 6.5. Los valores extremos le traen 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, etc. Cuando el pH es mayor de 6.5, los problemas que resultan están relacionados con la deficiencia de micronutrientes en el suelo. Si el pH es más alto, se generan problemas de deterioro físico del suelo (Zapata, 2004)

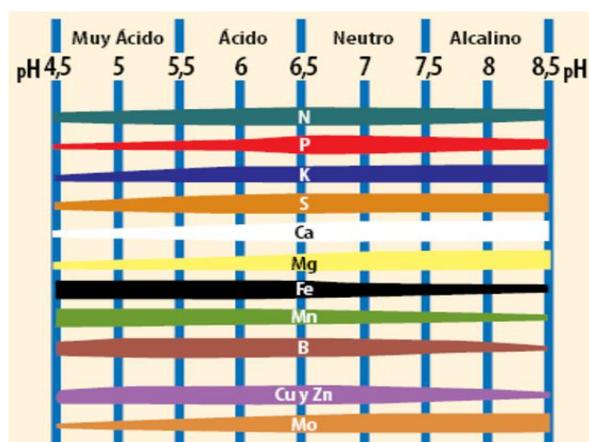


Figura 2.2: Relación en suelos minerales entre el pH y la disponibilidad de nutrientes
Fuente: Zapata (2004)

➤ *Importancia del pH del suelo en las plantas*

La disponibilidad de nutrientes en las plantas está altamente relacionada con el pH del suelo. El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos. Los valores de pH entre 6,8 y 7 permiten el suministro y la asimilación de nutrientes por parte de las plantas. Los valores pH medios facilitan el desarrollo de microorganismos del suelo, cabe recalcar que cada especie vegetal tiene un intervalo de pH idóneo (Barbazan, 2000).

En general, existe una relación entre el grado de pH y la disponibilidad y absorción de nutrientes en el suelo. Se puede decir que hay una relación inversamente proporcional entre estos dos factores, en vista de que cuando el pH del suelo aumenta, las concentraciones de la mayor parte de los nutrientes baja. Y al contrario cuando este es bajo, las concentraciones de los nutrientes aumenta (Barbaro, Karlanian, y Mata, 2003).

❖ *Macronutrientes*

Son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y azufre (S). Dichos elementos son necesarios en altas cantidades para asegurar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Viteri, León y Mejía, 2004).

Nitrógeno (N)

➤ *Funciones biológicas*

Viteri et al. (2004) especifican que el nitrógeno (N), estimula el follaje y el crecimiento del tallo, da el color verde a las hojas, y además constituye el 40 o 50% de la materia orgánica de las plantas; interviene en el crecimiento vegetativo, entra en la composición

de la clorofila, de la cual depende la asimilación fotosintética. Este nutriente es asimilado del suelo en forma de nitrato (NO₃⁻) o de amonio (NH₄⁺). En la planta forma aminoácidos y proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas, produce succulencia y administra en las plantas el uso de potasio, fósforo y otros (FAO, 2002).

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Materia orgánica del suelo en muy bajos porcentajes
- Descomposición incompleta de la materia orgánica.
- Problemas en el sistema radicular ocasionados por el exceso del contenido de humedad en el suelo.
- Incorporación de materiales orgánicos con una relación alta, carbono/nitrógeno.
- Pérdidas de nitrógeno causadas por lixiviación o desnitrificación.

Según López, Vargas, Espinosa, y Vargas (2001), los síntomas de deficiencia de N ocurren comúnmente cuando se presentan las siguientes condiciones:

- Deficiente aplicación de N.
- Suelos muy livianos o poco profundos
- Exceso o falta de agua, daños en el sistema radicular
- Ataque de nematodos que afectan el sistema radicular cuando se ha sembrado semilla contaminada.
- Fuerte competencia de malezas.
- Suelos compactados.

Tabla 2.5: Rangos de Nitrógeno en el suelo

Rango N (ppm)	Categoría
≤ 30	Bajo
31 - 60	Medio
≥ 61	Alto

Fuente: Laboratorios del Norte LABONORT (2016).

Fósforo (P)

➤ *Funciones biológicas*

Viteri et al. (2004) establecen que el fósforo en la planta se encarga de la transformación de la energía solar en alimento, cumple funciones en la fotosíntesis, en

el metabolismo de los azúcares, promueve la transmisión de la información genética. Según la FAO (2002), es indispensable para la diferenciación de las células y para la formación de los tejidos que intervienen en el crecimiento de nuevos brotes en las plantas, formación inicial y desarrollo de la raíz, y la formación de la semilla. Contribuye a que la planta sea más resistente a algunas enfermedades. Ayuda al cultivo a soportar cambios extremos de temperatura y humedad.

➤ *Causas que inducen deficiencia*

- Contenido muy bajo de fósforo en el suelo.
- Variación extremas de pH en el suelo.
- Altas relaciones N+K/P en la fertilización.
- Condiciones muy secas y/o muy húmedas

Según López et al. (2001), la deficiencia de P se presenta normalmente bajo las siguientes condiciones:

- Bajo contenido de P en el suelo, que generalmente se presenta en suelos alcalinos.
- Poca respuesta a las aplicaciones de P en suelos de alta capacidad de fijación del elemento.
- Niveles muy altos de N foliar que pueden provocar reducción de los niveles de P en la hoja.

Tabla 2.6: Rangos de Fósforo en el suelo

Rango P (ppm)	Categoría
≤ 10	Bajo
11 - 20	Medio
≥ 21	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Potasio (K)

➤ *Funciones biológicas*

El potasio básicamente facilita la rápida circulación de los productos de fotosíntesis dentro de la planta (floema), promoviendo de esta manera el almacenamiento de glucosa, oxígeno y energía, en órganos como las semillas, los tubérculos y frutas. Estimula la cantidad y extensión de la ramificación de las raíces, además, la elongación, la turgencia y la tasa de regeneración de la raíz (Viteri et al., 2004).

La FAO (2002) le atribuye la activación de más de 60 enzimas que regulan la vida de la planta, jugando un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. Además regula el equilibrio hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a heladas, sequías y salinidad.

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Bajo contenido de potasio en el suelo, en especial en suelos arenosos.
- Desbalances entre el calcio y magnesio que afectan la disponibilidad de potasio.
- Áreas secas sin acceso a riego o donde se han aplicado riegos inadecuadamente.
- Baja absorción del potasio por daños radiculares causados por nemátodos u otros problemas fitosanitarios.

Según López et al. (2001) la deficiencia de K se atribuye a las siguientes causas:

- Aplicación insuficiente de K.
- Lixiviación de K en suelos de textura gruesa.
- Altos niveles de Na (sódicos) en el suelo, que afecta la disponibilidad de K para la planta.

Tabla 2.7: Rangos de Potasio en el suelo

Rango K meq/100ml	Categoría
≤ 0,20	Bajo
0,21 – 0,39	Medio
≥ 0,40	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Magnesio (Mg)

➤ *Funciones biológicas*

El magnesio en la planta es de vital importancia ya que es el átomo central de la molécula de clorofila, se encarga de la síntesis proteica, participa en la formación de varios pigmentos y regula la actividad de las fosfatasas implicadas en la formación de los ésteres fosfóricos de los azúcares, participa en los procesos de absorción y traslocación del fósforo y de asimilación del nitrógeno (Viteri et al., 2004). En las partes verdes de la planta se aloja del 15 al 20 por ciento del magnesio. El Mg interviene también en las reacciones enzimáticas relacionadas con la transferencia de energía en la planta (FAO, 2002).

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos con un nivel muy bajo de magnesio.
- Suelos con un contenido muy alto de calcio.
- Suelos ácidos, muy arenosos y lavados.
- Riegos inadecuados o períodos largos de sequía en áreas sin riego

Según López et al. (2001), las causas de la deficiencia de Mg son las siguientes:

- Suelos con un nivel muy bajo de Mg que generalmente son suelos muy meteorizados o livianos.
- Ausencia o aplicación insuficiente de Mg en los programas regulares de fertilización.
- Desbalance en las relaciones Ca-Mg-K que desfavorecen la disponibilidad de Mg.
- Períodos de déficit hídrico en áreas sin riego o donde el riego se maneja inadecuadamente.

Tabla 2.8: Rangos de Magnesio en el suelo

Rango Mg meq/100ml	Categoría
≤ 1,60	Bajo
1,61 – 2,30	Medio
≥ 2,31	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Calcio (Ca)

➤ *Funciones biológicas*

Viteri et al. (2004) señala que el calcio ayuda a convertir el N-nitrato (N-NO₃) en formas necesarias para la formación de proteínas, activa un gran número de sistemas enzimáticos que regulan el crecimiento de la planta. Es necesario para la formación de la pared celular y para la división normal de la célula; y junto con el magnesio (Mg) y el potasio (K), ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta, producidos por la respiración.

La FAO (2002) indica que este elemento es requerido por la planta en elevadas cantidades durante la formación del polen, es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas.

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos con pH bajo (ácidos).
- Suelos arenosos con contenidos muy bajos de calcio.

Según López et al. (2001), los síntomas de la deficiencia de Ca son causados por los siguientes factores:

- Contenidos bajos de Ca en el suelo, particularmente en suelos de textura liviana.
- Rápido crecimiento de plantaciones sometidas a sistemas de cosecha programada en los que se elimina la planta madre para trabajar con los hijos.

Tabla 2.9: Rangos de Calcio en el suelo

Rango Ca meq/100ml	Categoría
≤ 5	Bajo
5,1 – 9,0	Medio
≥ 9,1	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Azufre (S)

➤ *Funciones biológicas*

Viteri et al. (2004) establece que el azufre es reconocido, al igual que el N, P y Mg, como un nutriente necesario en el desarrollo de los cultivos. Interviene en la formación de aminoácidos y de proteínas que intervienen en la fotosíntesis y en la resistencia al frío.

El azufre está presente en las plantas arbóreas en cantidad más bien elevada, parecida a la de fósforo y magnesio. Algunos de sus compuestos participan activamente en los procesos de óxido-reducción a nivel celular, y se halla en estrecha relación con el metabolismo del nitrógeno constituyente esencial de proteínas y con el de los hidratos de carbono. El azufre figura entre los catalizadores en la formación de la clorofila pero su función es a menudo subestimada (FAO, 2002).

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos ácidos muy lavados.
- Suelos muy húmedos.
- Suelos con pH muy bajo

Según López et al. (2001), los síntomas de deficiencia de S ocurren bajo las siguientes condiciones:

- Suelos con niveles muy bajos de S, generalmente suelos livianos y/o suelos con bajos contenidos de materia orgánica.
- Ausencia o aplicación insuficiente de S en los programas regulares de fertilización.
- Plantas jóvenes en crecimiento activo en vivero o en plantaciones nuevas.

Tabla 2.10: Rangos de Azufre en el suelo

Rango S ppm	Categoría
≤ 12	Bajo
12,1 – 24,0	Medio
≥ 24,1	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

❖ *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 (Viteri et al., 2004)

Boro (B)

➤ *Funciones biológicas*

Viteri et al. (2004) detallan que el boro es esencial para el crecimiento de las células, principalmente en las regiones más nuevas de la planta como yemas y puntas de las raíces. También interviene en la polinización, desarrollo de las semillas, formación de la pared celular, floración y cuajado de las flores, formación de nódulos en las leguminosas, crecimiento de las ramas y frutos.

Kirkby y Römheld (2008) explican que entre las funciones en las que participa el B incluyen el transporte de azúcares en el interior de la planta, lignificación de la pared celular, metabolismo del ARN e influye en el alargamiento del tubo polínico y en consecuencia la fecundación del ovario.

➤ *Causas que induce la deficiencia*

- Épocas de fuertes sequías.
- Suelos con pH muy bajo o muy alto.

- Suelos lateríticos (rojos y/o amarillos muy arenosos).
- Altas aplicaciones de cal agrícola.

Según López et al. (2001), los síntomas de deficiencia de B ocurren bajo las siguientes condiciones:

- Suelos con niveles muy bajos del elemento.
- Ausencia o aplicación insuficiente de B en los programas regulares de fertilización.
- Suelos con niveles bajos de materia orgánica.

Tabla 2.11: Rangos de Boro en el suelo

Rango B ppm	Categoría
≤ 1	Bajo
1,1 – 2,0	Medio
≥ 2,1	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Manganeso (Mn)

➤ *Funciones biológicas*

El manganeso funciona principalmente como parte de los sistemas enzimáticos de la planta. Funciona en varios procesos importantes como la fotosíntesis y la conversión del Nitrato en la forma que la planta usa para hacer aminoácidos y proteínas. La síntesis de la clorofila depende del manganeso. Por causa de esta función, los síntomas de deficiencia de Mn generalmente involucran amarillamiento de la hoja o clorosis en hojas jóvenes (Viteri et al., 2004).

Este micronutriente interviene en la viabilidad de polen, determina el crecimiento de las anteras y define la tasa de germinación de las semillas; es un activador de enzimas y funciona como regulador de la cantidad de hierro en estado ferroso para disminuir su toxicidad (Kirkby y Römheld, 2008)

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos con pH muy alto (alcalinos), en especial si tienen textura arenosa.
- Altas aplicaciones de cal agrícola.
- Suelos orgánicos.

Según López et al. (2001), los síntomas de deficiencia de Mn ocurren bajo las siguientes condiciones:

- Suelos con niveles bajos de Mn.
- Suelos de pH altos o alcalinos.
- Ausencia o aplicación insuficiente de Mn en los programas regulares de fertilización.

Tabla 2.12: Rangos de Manganeso en el suelo

Rango Mn ppm	Categoría
≤ 5	Bajo
6 – 15	Medio
≥ 16	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Zinc (Zn)

➤ *Funciones biológicas*

Viteri et al. (2004) manifiesta que muchos sistemas enzimáticos de la planta son activados por el zinc. Este controla la producción de importantes reguladores de crecimiento, está implicado en la síntesis del triptófano, precursor clave de las auxinas. Estimula diversas actividades enzimáticas de los vegetales, el metabolismo nitrogenado y la formación de los pigmentos flavónicos y del ácido ascórbico. Es un antagonista biológico y químico del hierro. El zinc asume esencialmente funciones catalíticas, como componente de enzimas que regulan la síntesis de los aminoácidos y el metabolismo de las sustancias proteicas.

Kirkby y Römheld (2008) explican la importancia de este elemento en la permeabilidad de las membranas celulares evitando la liberación excesiva de carbohidratos y aminoácidos, además, combaten agentes patógenos e insectos tanto hacia las raíces y nuevos brotes.

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos nivelados con exposición del subsuelo.
- Suelos con pH muy alto y/o alto contenido de carbonato de calcio.
- Contenido de fósforo muy alto.
- Suelos muy húmedos.
- Suelos ácidos muy lavados y con alto contenido de arena.

Según López et al. (2001), la sintomatología de deficiencia de Zn es frecuente en las siguientes condiciones:

- Plantaciones nuevas sembradas en suelos con niveles bajos de Zn.
- Plantaciones viejas en las cuales se ha aplicado poco Zn a través de los años.
- Suelos de pH neutro a alcalino.
- Suelos con niveles bajos de materia orgánica.

Tabla 2.13: Rangos de Zinc en el suelo

Rango Zn ppm	Categoría
≤ 3	Bajo
3,1 – 6,0	Medio
≥ 6,1	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Hierro (Fe)

➤ *Funciones biológicas*

Kirkby y Römheld (2008) y Viteri et al. (2004) coinciden en que el hierro sirve como catalizador en la formación de la clorofila y transporte de oxígeno y electrones. Se encarga de la síntesis proteica contribuyendo a formar algunos sistemas respiratorios enzimáticos. Por tal motivo favorece la respiración de la planta, la fotosíntesis y la transferencia de energía. El hierro es constituyente de las metalo proteínas y como tal ejecuta la función de catalizador de los procesos respiratorios y de la formación de la clorofila.

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos con pH muy alto.
- Suelos con pobre aireación.
- Altas aplicaciones de cal agrícola.

Tabla 2.14: Rangos de Hierro en el suelo

Rango Fe ppm	Categoría
≤ 20	Bajo
21 – 40	Medio
≥ 41	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

Cobre (Cu)

➤ *Funciones biológicas*

Está involucrado en la formación de la clorofila. El cobre y el hierro están íntimamente relacionados, así, el exceso de Cu da lugar a síntomas cloróticos semejantes a los que indican deficiencia de hierro. Este elemento se encarga de estabilizar la clorofila, inhibir el metabolismo de las proteínas, de los carbohidratos y fijar el nitrógeno atmosférico (N₂) en las leguminosas. Juntamente con el hierro y el boro influyen en la biosíntesis de los fenoles, cuya importancia es notable para las plantas frutales. A pesar de ser conocida su participación en el proceso fotosintético, su carencia no siempre provoca apreciables fenómenos de clorosis foliar (Viteri et al., 2004).

Kirkby y Römheld (2008) comentan que procesos tales como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación y lignificación son desarrollados por varias proteínas que contienen Cu. Cuando se presenta una deficiencia de Cu, se da como consecuencia los menores contenidos de plastocianina, una proteína que contiene Cu haciendo que se disminuya el porcentaje de fijación de CO₂.

➤ *Causas que inducen la deficiencia*

- Suelos con pH ácido o alcalino.
- Suelos arenosos ácidos muy lavados.
- Altas aplicaciones de cal
- Suelos con alto contenido de calcio.
- Suelos con alto contenido de materia orgánica.

Según López et al. (2001), la sintomatología de deficiencia de Cu es frecuente en las siguientes condiciones:

- En suelos arenosos existen mayores deficiencias de Cu que en los suelos francos y arcillosos.
- Cuando el pH asciende a valores iguales o más altos que 7, las concentraciones de Cu decrecen.
- Los altos niveles de N empeoran las deficiencias de Cu y niveles altos de P, Zn, Fe y Al bloquean la absorción de Cu por las raíces.

Tabla 2.15: Rangos de Cobre en el suelo

Rango Cu ppm	Categoría
≤ 1	Bajo
1,1 – 4,0	Medio
≥ 4,1	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

❖ *Conductividad Eléctrica (CE)*

La estimación de la conductividad eléctrica del suelo permite apreciar en forma cuantitativa el contenido de sales que contiene (Tabla 2.16). Un conjunto de sales solubles en el suelo se debe en su mayor parte a los problemas de filtración de agua, a la acción de riegos continuados, seguidos de evaporación y sequía. (Rucks, García, Kaplán, León y Hill, 2004).

Tabla 2.16: Rango de conductividad eléctrica

Rango CE	Categoría
≤ 2,0	No Salinos
2,1 – 4,0	Ligeramente salinos
4,1 – 8,0	Salinos
8,1 – 16,0	Muy salinos

Fuente: LABONORT (2016)

➤ *Factores que afectan la CE del Suelo*

La conductividad eléctrica en el suelo se debe a poros en conjunto que presentan humedad y que separan partículas individuales. Según Lobo-Guerrero (2015), la CE del suelo se basa en conexiones entre las propiedades del suelo:

- Continuidad de poros – Los suelos con alto contenido de arcilla tienen pequeños poros saturados con agua, que son casi continuos; estos a menudo conducen corriente de un mejor manera que los suelos arenosos.
- Contenido de agua – Los suelos en climas áridos poseen una conductividad más baja que los húmedos.
- Nivel de salinidad – Una mayor concentración de sales en el agua del suelo puede ampliar drásticamente su CE. El nivel de salinidad en suelos de zonas húmedas es más bajo. Sin embargo, hay territorios influenciados por Ca, Mg, cloruros, sulfatos u otras sales que presentan altos valores de CE.

- Profundidad – El contenido de CE disminuye con la profundidad del suelo. Por lo tanto, los parámetros del subsuelo profundo no se muestran tan fuerte en los mapas de CE como los de la superficie.
- Temperatura – La CE disminuye marginalmente cuando la temperatura baja hacia el punto de congelación del agua. Bajo el punto de congelación, los poros son segregados, y la CE disminuye rápidamente. En las regiones tropicales esto exclusivamente ocurre en las montañas altas.

➤ *Importancia de la CE del suelo en las plantas*

La conductividad eléctrica se ve afectada por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la intemperización, la existencia de sales y las propiedades físico-químicas del perfil del suelo: estructura, porosidad, textura, permeabilidad, intercambio catiónico y capacidad de retención de humedad. La conductividad eléctrica va de la mano con el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Asimismo, con la relación hídrica y balance de energía del suelo-planta (Lamz y Gonzales, 2013).

Según Alcatraz (2012), un nivel alto, bajo o medio de conductividad eléctrica afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. Una elevada concentración de sales causa una inestabilidad iónica y un estrés osmótico. El fuerte estrés salino descompone la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones.

Implicaciones del cambio de nivel de la conductividad eléctrica:

Fisiológicas

- Retardo en la germinación y maduración en condiciones negativas.
- Temporada de acortamiento (anual).
- Crecimiento cuticular para hacer reducir la transpiración.
- Selectividad a iones particulares para ajustar características irregulares.

Morfológicas

- Reducción del tamaño en las hojas para reducir la transpiración.
- Suculencia en tallos y hojas (recoge y segrega sales para impedir toxicidad, remediar diferencias de presiones osmóticas con el suelo), disminución en la cantidad de nervios y estomas.

❖ *Densidad Aparente (DA)*

Este parámetro del suelo necesita de diferentes factores como: el contenido de materia orgánica, las acciones de animales que penetran en la tierra, como las lombrices, tamaño de las partículas de suelo, la compactación del suelo, y la cantidad de raíces de plantas. Por esta razón, se calcula mediante la relación que existe entre el peso seco (105° C) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo (Rucks et al., 2004).

Cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, restringiendo el crecimiento de las raíces. La DA es alterada por el espacio poroso y las partículas sólidas, que está definido especialmente por la materia orgánica del suelo. A medida que incrementa la MO y el espacio poroso, reduce la DA y viceversa (Salamanca y Sadeghian, 2005).

La compactación del suelo es el incremento de la densidad aparente, que se origina debido de una carga. Ésta puede provenir de potencias mecánicas conectadas, desgaste de la estructura y de la pérdida de la materia orgánica; sin embargo, los mayores inconvenientes de la compactación de suelo es debido al gran uso de maquinaria agraria y a la práctica inadecuada de labranza, por lo tanto, forma una capa dura inmediatamente debajo del suelo arado (Rojas y Sáenz, 2008).

➤ *Importancia de la densidad aparente del suelo en las plantas*

El valor de la densidad aparente de un suelo es un indicador primario de la salud de los suelos (Tabla 2.17). Ya que la compactación, dificulta la germinación de las semillas, debido al colapso o disminución de los espacios poros, la restricción física del crecimiento y desarrollo de las raíces (Sentis, 2012).

Tabla 2.17: Valores críticos de densidad aparente en función de la textura

Rango DA (g/cm³)	Suelo
>1,8	Arenoso
>1,6	Franco
>1,5	Arcilloso

Fuente: Murillo, Rodríguez, Roncallo, Amparo y Bonilla (2014).

La compactación del suelo origina una ampliación en su densidad aparente. Las raíces requieren para poder crecer oxígeno y agua, y también debe haber un espacio poroso apropiado entre las partículas del suelo. El obstáculo principal con el que se encuentra la

raíz en su crecimiento y desarrollo es el inconveniente mecánico. Esto puede deberse a la proximidad de las rocas u horizontes excepcionalmente pedregosos a escasa profundidad, y a la cercanía de las capas de suelo consolidadas o compactadas. Conforme la densidad del suelo va aumentando, el desarrollo de las raíces va aumentando el gasto de energía y su crecimiento se ve afectado (Fig. 2.3), obteniéndose completamente imposibilitado si la compactación es desbordante (López y Estrada, 2015).

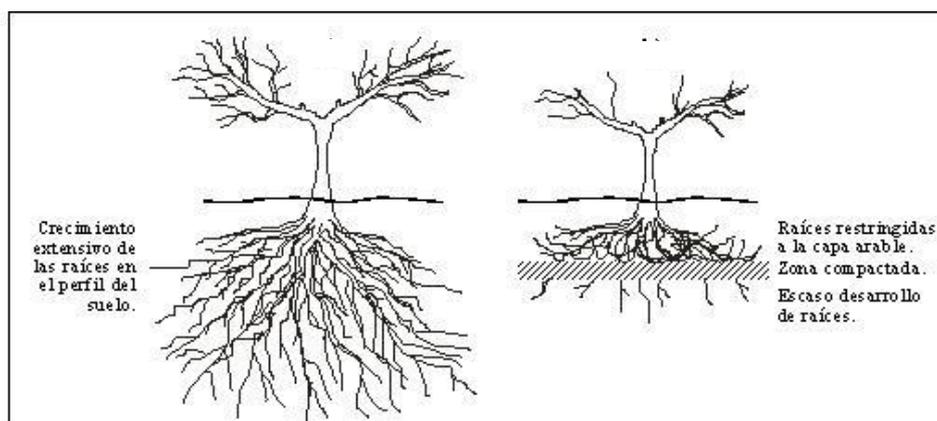


Figura 2.3: Desarrollo de un cultivo en un suelo normal y con compactación
Fuente: López y Estrada (2002).

❖ *Materia Orgánica (MO)*

La MO es la fracción orgánica del suelo conformada por diferentes organismos vivos y por residuos de organismos vivos en diferentes grados de descomposición. Principalmente interviene en todas las demás propiedades del suelo: fertilidad del suelo por nutrientes, estructura, capacidad de campo, porosidad, pH, la CIC y a un extendido plazo la textura también se ve afectada (Castañeda, 2001).

La materia orgánica del suelo (MO) es vista como un indicador del bienestar del mismo y su resultado efectivo sobre el sistema productivo ha sido considerablemente argumentado (Tabla 2.18). Para una específica región, los niveles más altos de MO se localizan en pastizales naturales, y cuando estos sistemas son debidamente cultivados, existe una caída rápida de la MO continuada por una decadencia más tardía hasta una nueva región consistente. El nivel de MO en este estado dependerá del clima, suelo y del manejo del mismo. La intensificación de la actividad agrícola y la falta de rotaciones con pasturas han producido un deterioro de los niveles de MO, los que en algunos casos,

dependiendo del tipo de suelo y textura, presentan sólo el 50% de su nivel original (Sainz, Echeverría y Angelini, 2009).

Tabla 2.18: Rangos de materia orgánica en el suelo

Rango MO %	Categoría
≤ 3	Bajo
3,1 – 5,0	Medio
≥ 5,1	Alto

Fuente: LABONORT (2016).

El laboreo permanente de los suelos, año a año, y en el largo plazo, ha producido una oxidación continuada de la materia orgánica, lo que ha significado una pérdida indestructible del carbono orgánico. Además, en los suelos con pendiente moderada, por efecto de la aplicación de caudales excesivos, se ha estado generando un proceso erosivo, que igualmente ha conducido a una disminución de materia orgánica. En las áreas de secano, este proceso se ha agudizado por efecto del laboreo de los suelos con fuertes pendientes, las que han sido expuestas a una grave erosión por efecto de las intensas lluvias que precipitan en algunos años lluviosos (Sierra y Rojas, 2000).

Megía (2007), menciona la fórmula de la cantidad de materia orgánica a aportar en suelos deficientes de MO.

$$M.O. = T * DA * P * (Mo / 100)$$

T= Tamaño de la parcela (m²)

DA= Densidad Aparente (T/m³)

P= Profundidad de la muestra (m)

Mo= % MO que se quiere llegar - % MO existente (%)

➤ *Importancia de la materia orgánica del suelo en las plantas*

La materia orgánica del suelo comprende aproximadamente el 5% de N total, además, también comprende diferentes elementos fundamentales para las plantas. Un suelo naturalmente fértil es aquél en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos, a partir de los almacenamientos orgánicos, con velocidad apta para almacenar el veloz crecimiento en las plantas. La actividad biológica de los suelos es la consecuencia de las funciones fisiológicas de los organismos y abastece a las plantas superiores un ambiente apto para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, el requerimiento de los organismos edáficos en elementos nutritivos, agua, temperaturas

adecuadas, energía y desaparición de los ambientes perjudiciales es semejante a la de las plantas cultivadas (Julca-Otiniano, Meneses-Florián, Blas-Sevillano y Bello-Amez, 2006).

Otro aspecto de gran importancia de la materia orgánica es el mejoramiento de la fertilidad física del suelo. La retención de humedad disponible mejora para las raíces de las plantas, promueve una mejor estructuración de las partículas minerales. Además, favorece la formación de una porosidad de tamaño mediano, lo que determina una mejor aireación del suelo, este último, muy importante en algunas especies poco resistentes al frío. Además, suelos con contenidos altos de materia orgánica favorecen el crecimiento radicular de las plantas (Sierra y Rojas, 2000).

❖ *Profundidad efectiva*

Es la profundidad en que las raíces de las plantas pueden llegar al suelo, sin obstrucciones (físicos o químicos), por ejemplo: horizonte freático, capas endurecidas, arenas sueltas, existencia de sales, arcillas impermeables. Es una de las propiedades más importantes a tener en cuenta cuando se quiere decidir qué cultivo sembrar, ya que de ella dependerá el óptimo crecimiento de las raíces y el buen desarrollo de los cultivos. Se considera un suelo en condiciones degradadas cuando la profundidad es menor a 30 cm. En promedio una profundidad óptima se encuentra en un rango de 50 a 100 cm (Cook, Álvarez y Estrada, 2010).

La profundidad del suelo proporciona un medio adecuado para el desarrollo de las raíces, abastecer los nutrientes existentes y almacenar el agua disponible. En un suelo más profundo las plantas soportan de una mejor manera la sequía, pues a mayor profundidad existe más conservación de humedad. De igual manera, la planta puede utilizar los nutrientes acumulados en los horizontes del subsuelo, con la posibilidad de que estén dentro del alcance de las raíces (Núñez, 2001).

2.2.3. Pendiente del terreno

Es el ángulo que conforma el plano horizontal con la tangente a la superficie del terreno en ese punto. En definitiva es la inclinación o desnivel del suelo (Tabla 2.19). En suelos agrícolas, la pendiente se expresa en porcentaje o tantos metros de desnivel por *cada 100m* de longitud horizontal (Pedraza, 1996).

Tabla 2.19: Clasificación de pendientes

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

Fuente: Vargas-Rojas (2009)

❖ *Medición de la pendiente*

Carrasco y Reckman (2010), señalan la siguiente técnica para medir la pendiente del terreno:

Clinómetro: Consiste en un aparato manual y fácil de realizar, el cual requiere de los siguientes materiales para su elaboración:

- ✓ 1 barrote de madera de 1 m de largo y 3 cm de diámetro.
- ✓ 1 cuerda de 2 m de largo, la cual se une por uno de sus extremos a uno de los extremos de la barra de madera.

La barra de madera de 1 metro se ubica horizontalmente, apoyándola en uno de sus extremos sobre el suelo y siguiendo la pendiente que se desea evaluar (Fig. 2.4). Una vez realizada esta operación, mediante la intersección de la costura, se mide la altura entre el otro extremo del barrote de madera y el suelo. Por lo tanto, esta medida corresponde a una distancia de 100 metros, y realizando una regla de tres simple se identifica la pendiente en forma porcentual.

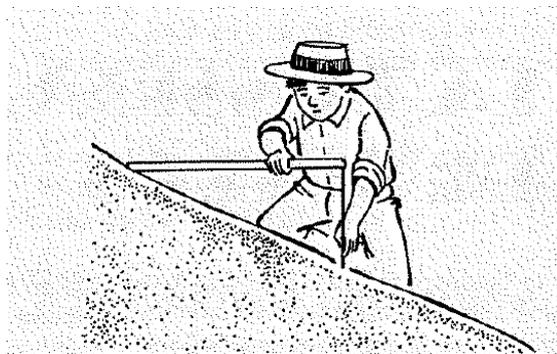


Figura 2.4: Medición de la pendiente
Fuente: Carrasco y Reckman (2010)

2.2.4. Degradación del suelo

Es un término que se refiere a la pérdida parcial o total de productividad del suelo, ya sea cuantitativa o cualitativa, como resultado de procesos tales como contaminación, salinización, inundación, erosión eólica, erosión hídrica, deterioro de su estructura, encostramiento, desertificación, agotamiento y pérdida de elementos nutritivos, entre otros. Y se agrava por las malas prácticas de manejo (FAO, 2004).

❖ Factores que inciden la degradación

López (1994) expresa que en función de su origen, se considera como principales causas de la degradación los siguientes factores:

A. Factores naturales (edafoclimáticos)

- *Características del suelo:* Suelos pobres con elevada salinidad, alineación de cortezas superficiales, extensa soltura a la erosión y bajo contenido en humus en suelos desprendidos.
- *Clima:* Los climas áridos, semiáridos y sub-húmedos, con lluvias bruscas de gran ímpetu, con periodos extensos de sequía y arrastre, provocan los procesos de degradación del suelo extendiendo los procesos de erosión.
- *Características hidrológicas:* Desaparición o poca densidad de caudal de arroyos y ríos; provocando de encantamientos e inundaciones.
- *Características fitogeográficas:* La cobertura vegetal realiza un papel elemental en el sustento de la estructura del suelo y protección ante los procesos de degradación del suelo

B. Factores antropogénicos

- Deforestación por manejo no conservacionista de montes y bosques y por incendios procesos que llevan a la desaparición de los árboles que mantienen y conservan la estructura del suelo.
- Prácticas agrícolas impropias: el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas nitrogenados que causan pérdida biológica del suelo relacionado con la pérdida de su fertilidad; quemas de restos de biomasa, que aumenta el contenido en ciertos nutrientes también mata microorganismos; exceso de labranza, que favorece la

mineralización de la materia orgánica; uso de maquinaria agraria que compacta el suelo reduciendo su porosidad; cultivos intensivos.

- Mejora de métodos y sistemas de riego incorrectos: que ocasionan procesos de salinización que afectan negativamente a la estructura del suelo y crecimiento de las plantas.
- Técnicas de cultivo inconvenientes para terrenos con pendiente muy inclinada (inexistencia de terrazas o curvas de nivel)

❖ **Procesos de degradación**

Existen factores antrópicos y naturales que inciden la degradación del suelo. Según López (1994), estos procesos degradativos se pueden concentrar en función del tipo de degradación que producen, como los que se mencionan a continuación:

A. Procesos de degradación física

- Motivados por un régimen hídrico termal adverso: erosión hídrica y eólica
- Compactación
- Formación de horizontes endurecidos: costra caliza, horizonte argílico

B. Procesos de degradación química

- Desequilibrio de bases
- Contaminación
- Exceso o disminución de macronutrientes y micronutrientes

C. Procesos de degradación biológica

- Pérdida del contenido de materia orgánica
- Reducción de la macro y microfauna
- Desgaste de la cubierta vegetal
- Ampliación de las interacciones perjudiciales activas en el suelo.

Estos procedimientos pueden resultar al mismo tiempo, ya que algunos pueden estimular a otros, o sencillamente estar sujetos a otros factores de degradación. La unión de varios procedimientos en un suelo, aumenta significadamente la pérdida de calidad del mismo.

2.2.5. Estrategias de recuperación y conservación de suelos

❖ Roturación

Se refiere a la manipulación mecánica, con el objetivo de producir alteraciones físicas a su estado natural, y así generar condiciones favorables como: garantizar la germinación de la semilla, mejorar las condiciones para la penetración de las raíces, la permeabilidad del agua, y controlar las malezas y ayudar a combatir las plagas y enfermedades (Asociación Agropecuaria Zara Tarpuy, 2015).

La roturación es efectuada por subsoleo cruzado con un bulldózer. La potencia de éste debe ser apta para que el trabajo se realice de una buena manera. La longitud de los dientes es de 80 cm, produciendo a una profundidad efectiva de subsoleo de 40 a 50 cm. Sin embargo, es más factible realizar el subsoleo encontrándose en estado seco, puesto que la fracturación de los horizontes endurecidos es más completa (Romero, 2010).

El bulldozer es un tipo de tractor que se emplea esencialmente para el movimiento de tierras, la cuchilla que posee le proporciona un movimiento vertical y esfuerzo de tracción (Fig. 2.5), conjugado con una conveniente consistencia sobre el terreno logrando empujar o quitar amplias cargas sin problemas de deslizamiento incluso en zonas de gran desnivel (Ferreira, Pereira, Maranhó y Da silva, 2015).

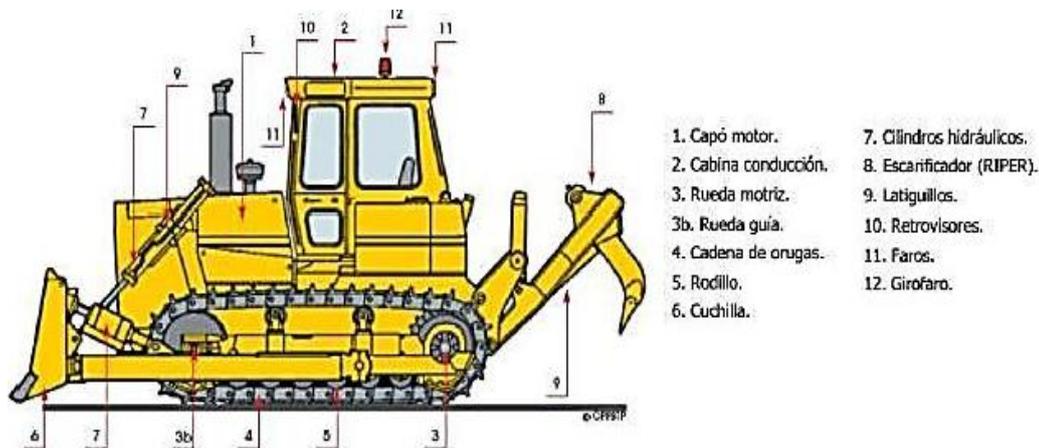


Figura 2.5: Partes de un bulldozer

Fuente: Castro, Pereira, Maranhó y Da Silva (2015).

❖ Abono Orgánico (*Humus*)

Según Fitz (1996), el humus se encuentra combinado por largas cadenas de polímeros heterogéneos, establecidos por la unión de polisacáridos, aminoácidos, polifenoles y demás sustancias. Las dos primeras corresponden a los importantes productos de la

desintegración vegetal, entretanto que los polisacáridos pertenecen a la síntesis microbiana.

De acuerdo con Suquilanda (2008), el humus posee rasgos notables y precisos para las características de los horizontes principales. En primer lugar, el humus puede impregnar grandes cantidades de agua, de esta manera se amplía el límite de capacidad de retención de líquido del suelo y, consecuentemente, aumenta las probabilidades de excelentes cosechas. En un suelo arenoso limoso, con 5 % de materia orgánica, la capacidad de retención de agua aumenta el 50% y en uno arcilloso limoso, 30%.

El mismo autor, especifica las principales características del humus de lombriz:

- Es un abono bio-orgánico activo, que incrementa las características de la planta, flores y frutos.
- El lombricompostado contiene 60% de materia orgánica
- Estabiliza el pH del suelo, evitando cambios bruscos.
- Alta carga microbiana (20 mil millones por gramo seco) que rehabilita la función biológica del suelo.
- Su efecto regulador de la nutrición, perdura hasta 5 años en el suelo.
- Opera en el suelo mejorando la estructura, haciendo más permeable al agua y al aire.
- El humus acerca hacia sí partículas de agua y nutrientes, estos componentes son dispersados en forma sistemática y dosificada si las plantas los necesitan.

Tabla 2.20: Valores promedios de los contenidos de nutrientes del humus de lombriz.

COMPONENTES	VALORES MEDIOS
Nitrógeno	1.95 - 2.2%
Fósforo	0.23 - 1.8%
Potasio	1.07 - 1.5%
Calcio	2.70 - 4.8%
Magnesio	0.3 - 0.81%
Hierro disponible	75 mg/l
Cobre	89 mg/kg
Zinc	125 mg/kg
Manganeso	455 mg/kg
Boro	57.8 mg/kg

Fuente: Bollo (2001)

❖ *Abonos Verdes*

Para García y Martínez (2009) los abonos verdes son una estrategia de recuperación de suelos, que es viable y económica.

Los abonos verdes son plantas que se cultivan para ser enterradas en verde, tienen un gran contenido de nutrimentos, almidón, azúcares y agua que necesitan los cultivos (Tabla 2.21). Las raíces igualmente aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo e impulsa la mejoría de las propiedades físicas del mismo.

Los mismos autores, especifican, los beneficios de usar un abono verde:

- Desarrolla la capacidad de retención de humedad en el suelo.
- Protegen al suelo de la lluvia y reduce la erosión.
- Acorta la evaporación de agua del suelo.
- Favorece el recalentamiento de la superficie del suelo.
- Minimiza la población de agentes perjudiciales que se localizan en el suelo.
- Logran la desintoxicación de los suelos para empezar los procesos de agricultura orgánica, suprimiendo restos tóxicos de materiales químicos.

Cuando se emplean leguminosas, éstas establecen el nitrógeno y luego añaden su material vegetativo, se integran al suelo cuando empiezan a florecer y de 60 – 90 días antes de sembrar del cultivo primordial (Yaguana, 2014). Se debe emplear una mezcla de 2/3 de leguminosas y 1/3 de gramíneas. Ej.: Vicia + Raigrás.

➤ *Vicia (Vicia sativa)*

Es una leguminosa de tipo anual y con un tamaño aproximado de 10-80 cm. Posee hojas paripinnadas 1-8 pares de foliolos, las principales con un zarcillo extendido. Flores púrpuras, con inflorescencias de 4 flores, legumbre lisa o pelosa, y de color negro en la madurez. La germinación es hipógea que se da al octavo día, siendo el epicótilo el que se elonga y eleva a los primordios foliares por sobre el nivel del suelo. Se sugiere sembrar a la vez con una gramínea pratense (raigrás) que ejercen de tutor. El aporte nutritivo del forraje es profundo. Cuando se siembra conjuntamente con una gramínea el forraje que se logra es muy equitativo, con buenos contenidos minerales y altos contenidos proteicos (Canals, Peralta y Zubiri, 2009)

➤ Raigrás (*Lolium multiflorum*)

Es una gramínea anual o perenne, de hasta 1 m de alto. El tallo posee forma de matas agrupadas, erguidas o desiguales en los nudos. La hojas poseen vainas foliares y aurículas grandes en dirección al ápice de hasta 8 mm de ancho y 22 cm de largo. La inflorescencia tiene espigas distantes, unidas, erguidas, de hasta 45 cm de largo.

Dicha especie, se identifica por su veloz germinación, 7 días luego de la siembra ya está la hierba fuera y se observa todo verde. Además, es de fácil establecimiento y gran aguante al pisoteo, por este conocimiento es empleado como elemento de casi todas las mezclas. Es una planta que se desarrolla en toda clase de suelos, de una mejor manera en terrenos húmedos y, soporta los suelos pesados (Forian, 2009).

Tabla 2.21: Composición de macronutrientes de especies a utilizarse como abono verde

Especie	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>Vicia sativa</i>	3,32	0,32	2,32	1,18	0,25
<i>Lolium multiflorum</i>	2,60	0,33	3,38	0,80	0,29

Fuente: García y Martínez (2009)

2.2.6. Asociación tecnificación – tradicional

Esta asociación describe que las actividades de roturación, se deben conjuntamente incorporar abonos orgánicos, para facilitar el proceso de rehabilitación para mejorar la textura, la producción y por ende la fertilidad de suelo. Con la realización de estas actividades, se garantiza en un gran porcentaje la recuperación y conservación del suelo, cobertura y la protección de factores erosivos como el viento (Asociación Agropecuaria Zara Tarpuy, 2015)

2.2.7. Calidad del suelo

Según Bautista, Etchevers, Del Castillo y Gutiérrez (2004), la calidad del suelo está vinculada con la capacidad de este recurso para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía esenciales en la actividad agrícola sin perder sus propiedades biológicas y físico-químicas; además asegurando un ambiente sano respectivamente a la calidad agua, del aire, el hábitat y la salud humana.

Esta definición estrechamente determina la característica de un suelo fértil, cuya definición más común plantea que es aquel que tiene la capacidad de suministrar los

nutrimentos aptos para el cultivo, garantizando su desarrollo y su crecimiento. (García, Ramírez y Sánchez, 2012)

❖ **Indicadores de la calidad de suelo**

Son una herramienta de medición que brinda información sobre las propiedades, los procesos y las características del suelo. Los indicadores de calidad de suelo permiten conocer la situación actual del recurso, los efectos de las prácticas o actividades realizadas sobre el funcionamiento del suelo y los posibles impactos antes de una intervención antrópica para establecer medidas de mitigación o corrección; con el fin de determinar si el uso del recurso es sostenible. Los principales indicadores que permiten conocer lo anteriormente expuesto son los indicadores físicos, los químicos y los biológicos (García et al., 2012).

➤ *Indicadores físicos*

García et al. (2012) señala que las características físicas de un suelo dependen del uso eficiente del agua, fertilizantes y los pesticidas como tratamientos aplicados a un suelo. En vista de que las características físicas de un suelo no se pueden mejorar fácilmente, se han propuesto como indicadores de su calidad a las siguientes características: densidad aparente, capacidad de almacenamiento del agua, infiltración, estructura profundidad del suelo superficial y conductividad hidráulica saturada.

➤ *Indicadores químicos*

Bautista et al. (2004) menciona que estos indicadores describen las condiciones que perturban el crecimiento y desarrollo de la planta, la reserva de agua y nutrientes. Como indicadores se han planteado la reserva de nutrientes como N, P, K, carbono orgánico total, conductividad eléctrica, pH, capacidad de adherencia de fosfatos, cambios en la materia orgánica, capacidad de intercambio de cationes, nitrógeno mineralizable y nitrógeno total.

➤ *Indicadores biológicos*

Los indicadores biológicos están relacionados con la abundancia y subproductos de micro y macro organismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Responsables de la descomposición de la materia orgánica, formación del humus y de establecer los nutrientes disponibles para las plantas (Bautista et al., 2004).

2.2.8. Propuesta de investigación

Es un trabajo práctico con el objetivo de difundir y aplicar de los conocimientos obtenidos mediante una investigación aplicada. El desarrollo de la propuesta es progresivo, comenzando desde los primeros resultados, extendiéndose a lo largo de los mismos, para llegar a sus conclusiones, con la propuesta efectuada en su totalidad (Muñoz, 2008).

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución del Ecuador

La Constitución del Ecuador (2008), en el Título VII: Buen Vivir, Capítulo Segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección Quinta: Suelo; por medio del Art. 409, señala que es de beneficio público y de preferencia nacional la preservación del suelo. Por lo que se formará un marco normativo para su uso sustentable y protección que evite su degradación, en específico la ocasionada por la desertificación, la erosión y la contaminación. De la misma manera en el Art. 410 hace mención a que el Estado ofrecerá a las comunidades rurales y a los agricultores ayuda para la restauración y conservación de los suelos, de igual manera para la mejora de prácticas agrícolas que promuevan y protejan la soberanía alimentaria.

2.3.2. Ley de Gestión Ambiental

En la Ley de Gestión Ambiental (2004), se dispone la siguiente cláusula:

Subsistema de Gestión Ambiental.- misma que está constituido por entidades y organismos de la administración pública central, seccional e institucional, que conjuntamente o individualmente asuma la administración de los sectores determinados de la gestión ambiental, tales como: el agua, suelo, aire, el manejo de los recursos biodiversidad y fauna, internamente de los principios generales que legisla el Sistema de Gestión Ambiental.

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

El TULSMA (2012), en el Libro VI: Calidad Ambiental, a través de la Norma de calidad ambiental del recurso suelo anexo 2, y criterios de remediación para suelos contaminados; estipula:

La norma posee como vital objetivo conservar y salvaguardar la naturaleza del recurso suelo para preservar y conservar la calidad de vida de las personas, la integridad de los ecosistemas, las interrelaciones y del ambiente en general. Las gestiones encaminadas a preservar, conservar o recuperar. La calidad del recurso suelo deberán realizarse con base en las cláusulas de la Norma Técnica Ambiental.

Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo con el uso del suelo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Fases de la investigación

- Caracterización de las propiedades físico-químicas de los suelos degradados de las unidades agrícolas en la Comunidad Rancho Chico.
- Ejecución de las estrategias de recuperación de suelos basadas en el proceso roturación e implementación de humus y abonos verdes.
- Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos degradados después de la aplicación de las estrategias de recuperación de suelos.
- Elaboración de una propuesta para el desarrollo y mejoramiento agrícola a partir de lo generado en el proceso de recuperación de suelos.

3.2. Caracterización del área de estudio

3.2.1. Ubicación del área de estudio

La Comunidad Rancho Chico se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Ambuquí. Sus límites son: al Norte la comunidad de Apangora, al Sur: la carretera que conduce a la parroquia Mariano Acosta del cantón Pimampiro, al Este, la comunidad San Francisco de Rumipamba, al Oeste la comunidad del Carmelo (Fig. 3.1). Rancho Chico, es una pequeña área agrícola de la zona interandina, localizada dentro de la microcuenca de la quebrada de Ambuquí- Cochapamba, la misma que pertenece a la Cuenca alta del río Mira (UOCC, 2010).

Las cinco parcelas seleccionadas se ubican en el área degradada de la comunidad Rancho Chico (Ver Anexo 1). Dichas parcelas se sitúan en la siguiente ubicación geográfica:

Tabla 3.1: Ubicación de las parcelas

Parcela	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud (msnm)	Proyección	Datum
1	831064	10035827	2924		
2	831108	10035822	2930	UNIVERSAL	WGS
3	831049	10036597	2822	TRANSVERSAL	1984
4	831008	10035413	2953	DE MERCATOR	ZONA
5	831197	10035093	3027		17 S

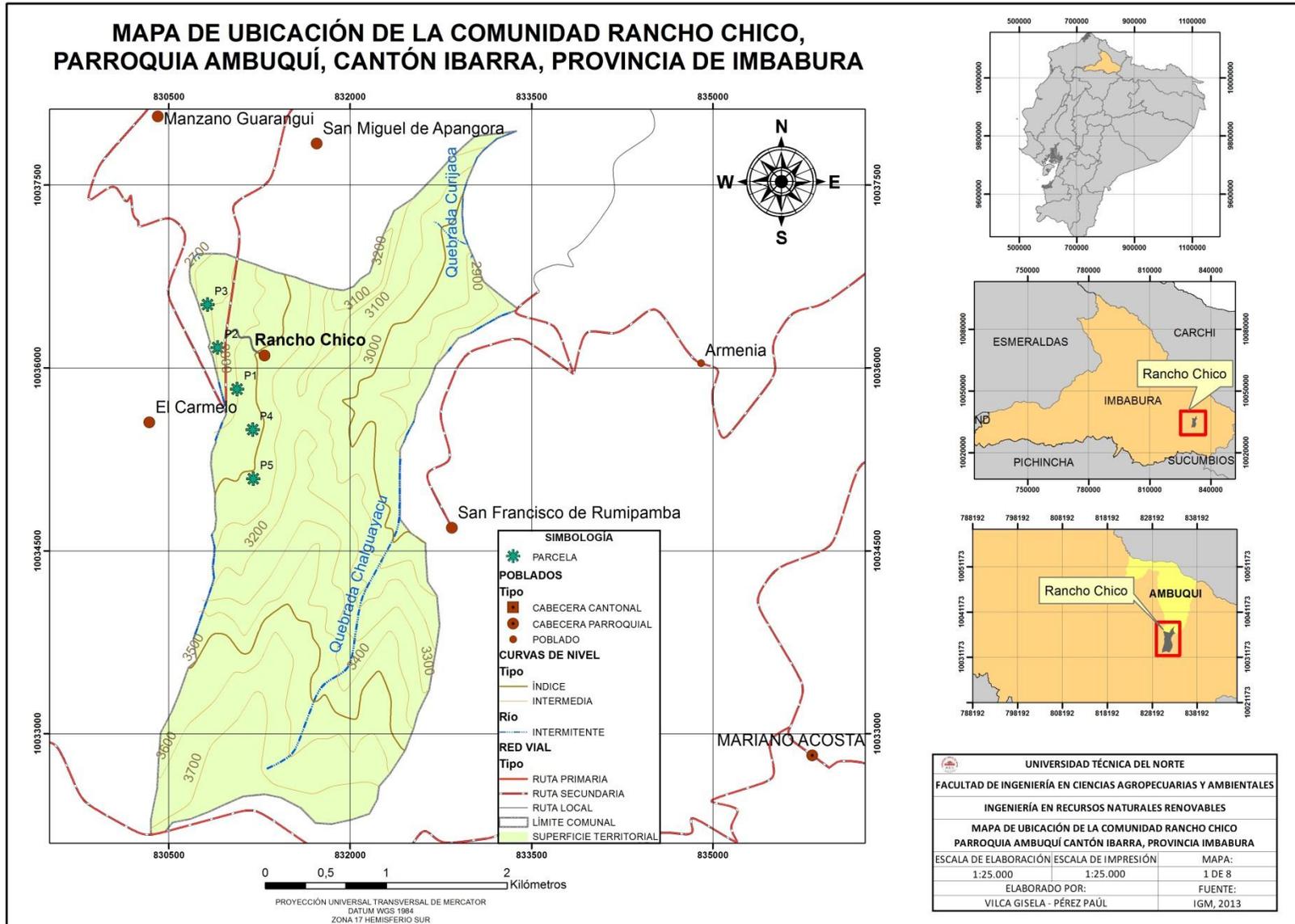


Figura 3.1. Localización de la Comunidad Rancho Chico

La zona de estudio es parte de las quince comunidades agrupadas bajo el nombre de Unión de Organizaciones Campesinas Cochapamba (UOCC), que cubre aproximadamente 15.040 Ha, ubicadas entre altitudes que van desde la cota 2000 msnm en el Norte hasta los 3200 msnm, al Sur del área de estudio (Fig. 3.2). Actualmente, Cochapamba tramita ante el CONALI (*Comisión Nacional de Límites Internos de la Asamblea Nacional*), su proceso de constitución como la cuarta parroquia Rural de Ibarra. (Asociación Zaray Tarpuy, 2012).

3.2.2. Aspectos biogeofísicos

❖ Hidrología

La microcuenca de Ambuquí – Cochapamba (Rancho Chico), mediante la clasificación realizada por el ex INERHI, es un afluente de la sub-cuenca del Río Mira, perteneciente a la cuenca del Río Mira- Mataje, Vertiente del Océano Pacífico (MAE, 2015)

La presencia de los caudales de agua tanto en la quebrada la chorrera como en las vertientes de la microcuenca antes mencionada, se ha reducido considerablemente, producto de la deforestación y alteración de la zona alta de la comunidad que provee del líquido vital a todo el sector.

❖ Altitud

La altitud posee un rango de 2700 a 3200 m.s.n.m., y el promedio de la zona es de 2900 m.s.n.m.

❖ Clima

El clima es frío ya que la zona se encuentra ubicada dentro del callejón interandino, forma parte de la gran cadena montañosa de la Cordillera de los Andes, lo que influye directamente en su topografía y altitud, estos accidentes geográficos influyen directamente en la conformación de dos zonas muy bien definidas en zona baja del chota y la alta que corresponde a los páramos del sector. Los vientos cambian constantemente su clima alterando de esta manera el régimen de lluvias con una precipitación anual comprendida entre 1000 – 1500 mm, mismo que es característico de los Andes Andinos (GAD Parroquial Ambuquí, 2012).

❖ *Temperatura*

La temperatura promedio del sector oscila de 12 °C, con una máxima de 17 °C entre los meses de julio a septiembre y una mínima de 5 grados que se presenta entre los meses de noviembre a febrero (MAE, 2015).

❖ *Suelos*

Los suelos del área se han formado a partir de la meteorización de las rocas metamórficas principalmente de esquistos- grafíticos, esquistos serisíticos, cuarsitas y conglomerados, originando suelos de textura entre media y moderadamente gruesa. Los suelos según el tipo de relieve presentan variaciones desde áreas topográficamente planas a escarpadas con pendientes del 10% al 80%. Presentando suelos con profundidades entre 20 y 100 cm con pedregosidad menor al 10 %. El drenaje de estos suelos es bueno con un pH neutro incidiendo en que estos suelos no poseen problemas de sales. Su materia orgánica se encuentra en concentraciones medias (2 - 4 %) por lo que su fertilidad es mediana (Sistema Nacional de Información SNI, 2011).

Mediante los análisis físico-químicos realizados en el área se determina que los suelos presentan un bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y alta disponibilidad de potasio y calcio, alta retención de humedad. La mayor parte de suelos que conforman la comunidad presentan altos porcentajes de pendientes con limitaciones severas para las actividades agropecuarias y forestales (Castro, 2011).

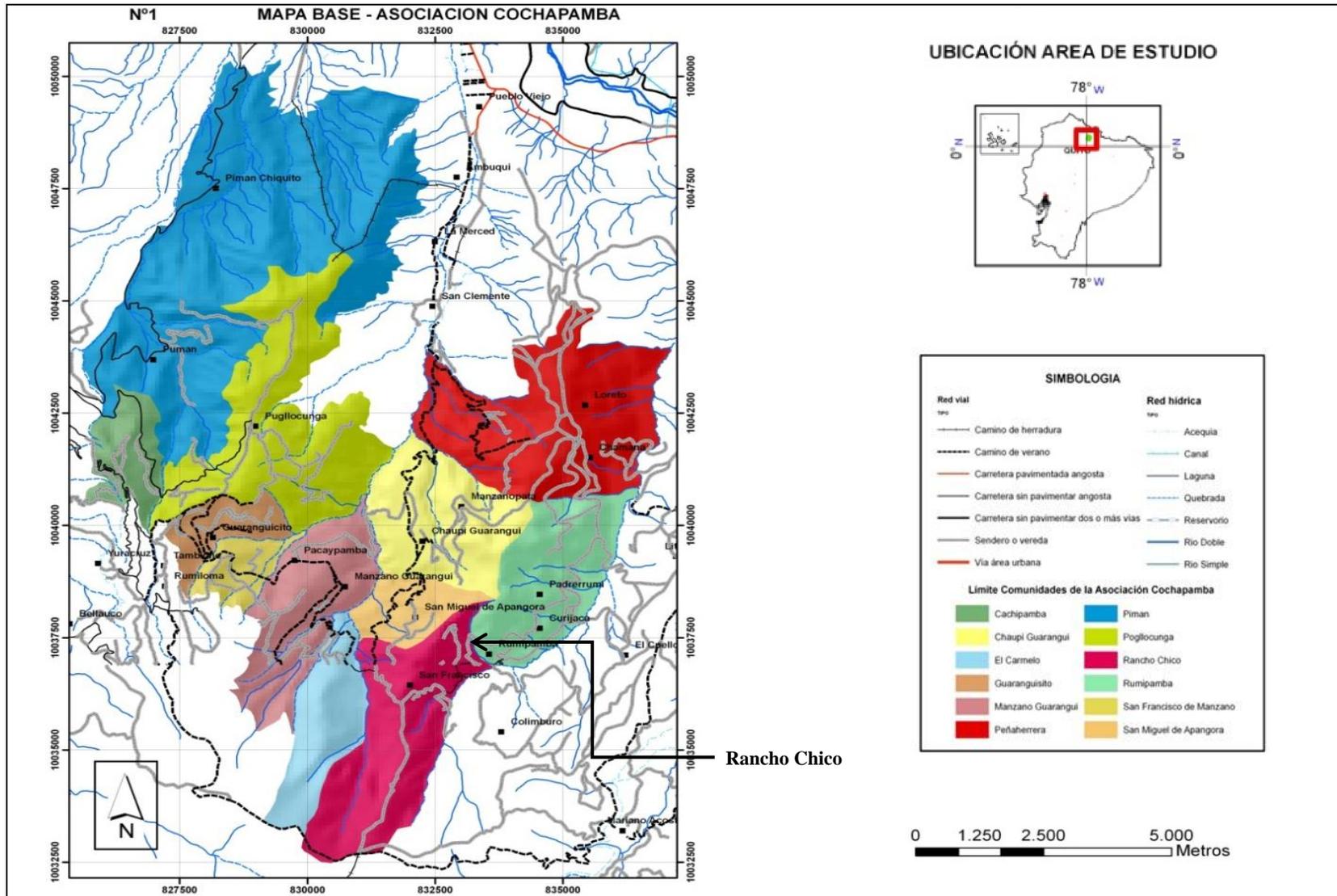


Figura 3.2. Mapa base de la Unión de Organizaciones Campesinas Cochapamba
Fuente: UOCC (2010)

3.2.3. Aspectos Culturales

❖ Población

La población de la comunidad Rancho Chico está constituida por 41 familias con una población de 152 habitantes dando un promedio de 3,71 habitantes por familia, la lengua principal es el castellano, , la composición étnica y cultural es del 79% con población indígena Kichua (sin identidad de pueblo) y el 21% de población mestiza (Castro, 2011).

Tabla 3.2: Composición Étnica de Rancho Chico

INTERVALOS		POBLACIÓN
Niños	0 – 13 años	63
Adolescentes	13 – 18 años	13
Jóvenes	18 – 23 años	14
Adultos	23 – 60 años	51
Ancianos más de	60 años	11
Total de habitantes		152

Fuente: Castro (2011)

❖ Educación

La comunidad cuenta con un centro de educación primaria, que corresponde a la categoría de fiscal mixta pluridocente denominada Marieta de Veintimilla. Esta entidad educativa está dedicada a impartir estudios primarios al 98% a la población en edad escolar de la comunidad (UOCC, 2010).

Tabla 3.3: Nivel de Instrucción en la comunidad Rancho Chico

INSTRUCCIÓN	POBLACIÓN	PORCENTAJES
Primaria	44	29,53%
Secundaria	6	4,02%
Superior	3	2,01%
Analfabetos	43	28,85%

Fuente: UOCC (2010)

3.3. Materiales

Para una mejor comprensión, los materiales utilizados en la investigación se han clasificado en: equipos, insumos, materiales de escritorio y otros.

Tabla 3.4. Materiales

EQUIPOS	INSUMOS	MATERIALES DE ESCRITORIO	OTROS
Tractor roturador	Abono orgánico (Humus)	GPS	Herramientas agrícolas
Tractor agrícola	Semillas de raigrás Semillas de vicia	Cámara fotográfica Materiales de oficina Software ArcGIS 10.2 Cartas topográficas 1:50 000 (IGM, INEC, MAGAP)	Barreno Clinómetro Tubo pvc Espátula Piola Flexómetro Estacas Botas de caucho Fundas de cierre hermético tipo ziploc Fundas de cáñamo Balanza (cap. 5kg) Manguera Pieza de triplex (75x12 cm)

3.4. Métodos

- La primera fase comprendió la caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo:

Se trabajó con *cinco parcelas agrícolas*, con un área de 100 m² cada una. Estas parcelas fueron escogidas por características similares como: pendiente montañosa (25-30 %) determinada con ayuda del clinómetro (Fig. 3.3.), altitud (2800 – 3200 msnm) utilizando el GPS y tamaño (Tabla 3.1).



Figura 3.3. Determinación de la pendiente empleando el clinómetro

Tabla 3.5. Descripción de las parcelas agrícolas en estudio

Parcela	Pendiente	Altitud (msnm)
1	30%	2822
2	27%	2930
3	28%	2924
4	25%	2953
5	27%	3027

Inmediatamente, se colectó muestras del suelo en cada parcela agrícola. Basado en la metodología de Bernier (2001), en cada área no mayor a 100 metros (unidad de muestreo) se deberá recolectar de 5 a 7 sub-muestras, efectuando un recorrido en zig-zag que abarque todo el terreno (Fig. 3.4).

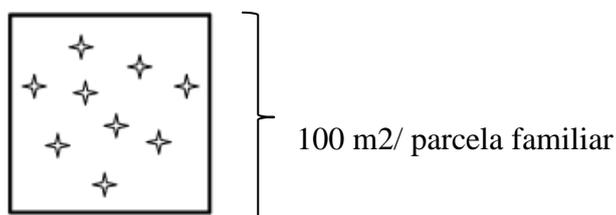


Figura 3.4: Parcela agrícola, muestreo en zig-zag

En cada parcela, se introdujo el barreno a una profundidad de 30cm en el terreno (Fig. 3.5), luego se depositó las submuestras en fundas herméticas y se mezcló en una funda de cáñamo para homogenizar. Se recolectó 1 kilogramo de muestra ya homogenizada.



Figura 3.5. Muestreo de suelos empleando el barreno

De la misma manera para la determinación de la densidad aparente se empleó el método del cilindro biselado (Fig. 3.6), en el cual se utilizó un cilindro con dimensiones conocidas de 5cm de altura y 2,5cm de radio, se procedió a seleccionar el sitio de muestreo y a retirar la cobertura vegetal superficial, se introdujo el cilindro completamente y luego se lo extrajo.



Figura 3.6. Método del cilindro biselado

De este modo, se obtuvo una muestra de suelo por cada parcela agrícola. Por último, se identificó la muestra claramente con una etiqueta, la misma lleva los siguientes datos: fecha de toma de muestra, responsable de la toma de muestra, número o nombre del lote al que pertenece la misma, localización: provincia, cantón, parroquia.

Se colectó 5 muestras homogenizadas, que pertenecen a cada parcela agrícola, para realizar un análisis completo más textura, en el laboratorio LABONORT y 5 muestras en el cilindro biselado para realizar el análisis de densidad aparente en el laboratorio de AGROCALIDAD (Ver Anexo 3).

Según García et al. (2012) en procesos de recuperación de suelos, los indicadores de calidad de suelo a evaluar son los siguientes: textura, densidad aparente, profundidad efectiva, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn y B) y macronutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg).

- La segunda fase implicó la ejecución de las estrategias de recuperación de suelos, basadas en el proceso roturación e implementación de humus y abonos verdes:

Se empezó con la roturación de suelos. Según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP (2013), esta actividad se realizó utilizando un tractor tipo roturador, que rompe las estructuras compactas del suelo hasta 60 cm de profundidad, dependiendo del tipo de suelo (Fig. 3.7), con la finalidad de alcanzar la mayor profundidad posible, que permita el almacenamiento de agua y nutrientes. Se ha estimado que por cada hectárea se requiere en promedio 6 horas de tractor.



Figura 3.7. Tractor tipo roturador en el área de estudio

Una vez realizada la roturación, se procedió a realizar una cruzá con el tractor agrícola equipado con rastra de discos para mullir el suelo, o a su vez de forma manual con un azadón (Fig. 3.8), de esta manera se habilita el suelo para la siembra.



Figura 3.8. Habilitando el suelo para la siembra

Las actividades de roturación se complementaron con la incorporación de *humus*, la materia orgánica permite una mejora en la textura, porosidad y pH (Fig. 3.9).



Figura 3.9. Incorporación de humus

La cantidad de abono orgánico se colocó en función del requerimiento por parcela (Ver Tabla 4.2), evidenciado en los resultados de los análisis de la primera etapa. Para el cálculo de la materia orgánica requerida por parcela, se empleó la siguiente fórmula planteada por Megía (2014):

$$\text{M.O.} = T * DA * P * (\text{Mo} / 100)$$

Dónde:

T= Tamaño de la parcela (m²)

DA= Densidad Aparente (g/ml)

P= Profundidad de la muestra (m)

Mo= % MO que se quiere llegar - % MO existente (%)

Luego se procedió a la implantación de los *abonos verdes*, donde se comienza por esparcir de forma aleatoria y al voleo, por todo el terreno (Fig. 3.10) la combinación de semillas (raigrás + vicia).



Figura 3.10. Siembra de los abonos verdes

El tapado de la semilla se lo realiza con ayuda de un rastrillo o ramas secas deslizándolos sobre la superficie del terreno, logrando una profundidad de la semilla de entre 4 y 8 cm (Fig. 3.11). La cantidad de estos abonos comprenden al doble que se utiliza en un cultivo normal. Se realizó la mezcla de 1/3 de raigrás + 2/3 de vicia, que en las parcelas seleccionadas equivale a 1,3 kg de raigrás y 2,5 kg de vicia.



Figura 3.11. Tapado de las semillas de los abonos verdes

A partir de la siembra se estableció un monitoreo de dos veces por mes para evidenciar la germinación, colonización, crecimiento y cobertura de los abonos por parcela (Ver Tabla 4.3). Debido a su rápido crecimiento (Ver Anexo 2) se incorporan al suelo a los 2 meses de implantación evidenciando un porcentaje de floración de 10 a 25 % (Fig. 3.12).



Figura 3.12. Planta de la vicia (*Vicia sativa*) con el 20% de floración

La incorporación se la puede realizar mecánicamente con ayuda del tractor agrícola o manualmente realizando cortes en partes pequeñas con ayuda de un machete o moto guadaña, se recomienda enterrar el abono verde hasta una profundidad que no exceda

los 15 cm (Fig. 3.13), posteriormente debe dejarse transcurrir de 3 a 4 semanas para una completa descomposición y asimilación del abono verde (García y Martínez, 2009).



Figura 3.13. Incorporación del abono verde

Para conocer la cantidad de biomasa aportada por metro cuadrado, se empleó el método de cuadratas (Ver Tabla 4.4). Klein (2006) sugiere que para la vegetación herbácea se utilice cuadratas de 1 m². La cuadrata se la elaboró empleando una manguera de 3,51 m de longitud, con la que se obtuvo una circunferencia con radio de 0,57 cm y el área requerida. (Fig. 3.14).



Figura 3.14. Extracción de la biomasa dentro de la cuadrata.

Se ubicó la cuadrata en cada parcela se cortó y pesó el material vegetativo que se ubicaba dentro del área de la cuadrata (Fig. 3.15). De igual manera para determinar la cantidad de biomasa seca se pesó la muestra primaria luego de un proceso de secado.

Con los abonos verdes se espera que aumente la capacidad de retención de humedad, la desintoxicación de los suelos por agroquímicos, el incremento de fertilidad y facilita la incorporación de nutrientes (Romero, 2010).



Figura 3.15. Pesaje de la biomasa fresca

- La tercera fase consistió en el análisis de la aplicación de las estrategias de recuperación de suelos:

Nuevamente, se procedió a coger muestras del suelo en las parcelas agrícolas en estudio; y se observó los cambios del suelo en cada parcela, de acuerdo a las propiedades físico-químicas: textura, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, densidad aparente, micronutrientes y macronutrientes.

Se utilizó la metodología de Biener (2001), de igual manera que en la primera fase. Se obtuvo 1 kg de muestra total debidamente etiquetada, para realizar un análisis completo más textura en el laboratorio LABONORT. Se realizó este mismo procedimiento para todas las parcelas (Ver Anexo 4).

Después de obtener los análisis de suelos de cada parcela agrícola, antes y después de la aplicación de las estrategias de recuperación de suelos, se efectuó una comparación para establecer en qué medidas mejoran las propiedades físico-químicas del suelo en estudio, tomando en cuenta los cambios en los principales indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo.

Entre los indicadores físicos están la textura, estructura, densidad aparente, infiltración, profundidad del suelo superficial y capacidad de almacenamiento del agua; y químicos como la disponibilidad de nutrimentos (N, P, K), pH, conductividad eléctrica y los

cambios en la materia orgánica. De esta manera se evidenció y se escogió a la parcelas con mayor recuperación ante la degradación

- La cuarta fase comprendió la elaboración de una propuesta para el desarrollo y mejoramiento agrícola:

La propuesta se realizó en base a los análisis y resultados generados en las fases anteriores del proceso de recuperación de suelos. Con el objetivo de mejorar la producción agrícola a partir de la aplicación de técnicas mecánicas y agroecológicas, para ser replicado en otras unidades agrarias de la zona de Cochapamba (Ver Anexo 5). Esta propuesta esta encaminada al uso directo para los agricultores, razón por la cual su elaboración comprendió una forma didáctica con información concreta y lenguaje claro de asimilar.

De esta manera se plantean técnicas accesibles y económicas, ya que la mayoría de familias se dedican a la Agricultura para subsistir; ignorando de procesos agrícolas que permiten hacer un eficiente uso del suelo o a su vez la recuperación del mismo; en vista de que no se ha contado con asistencia técnica oportuna que consiga un efectivo cambio de los patrones de producción que se han venido manejando de forma tradicional.

En cuanto a la replicación de la investigación en las comunidades, las acciones planteadas estarán a cargo sus representantes en coordinación con el presidente de la Union de Organizaciones Campesinas de Cochapamba (UOCC) (Ver Anexo 6).

3.5. Consideraciones bioéticas

En esta investigación, se cumplieron las siguientes consideraciones bioéticas:

- Validez científica: la investigación será metodológicamente sensata, ética y justa.
- Valor: la investigación buscará mejorar el conocimiento en suelos y de la misma manera la producción agrícola en la comunidad Rancho Chico.
- Consentimiento informado: los individuos fueron informados acerca de la investigación y dar su consentimiento voluntario antes de convertirse en participantes de la investigación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de las propiedades físico-químicas de los suelos degradados en la Comunidad Rancho Chico.

Los resultados de los parámetros analizados muestran que en los macronutrientes existe una deficiencia de Nitrógeno, Fósforo y Azufre; mientras que, el Potasio, Calcio y Magnesio se presentan en concentraciones altas. En relación a micronutrientes se notó una deficiencia de Boro y Zinc, y existen concentraciones altas de Hierro y medias de Manganeso y Cobre. (Tabla 4.1.).

Tabla 4.1. Resultados de los análisis de suelos antes de la implementación de las técnicas agroecológicas.

Parámetro	Unidad	Parcela Agrícola					
		1	2	3	4	5	
Nitrógeno	Ppm	29,27	29,08	27,68	25,31	26,51	
Fósforo	Ppm	7,21	9,52	9,46	5,34	8,26	
Potasio	meq/100 ml	1,00	0,81	0,71	0,78	1,06	
Azufre	Ppm	4,24	4,70	3,95	2,82	6,36	
Calcio	meq/100 ml	13,49	13,8	14,71	14,12	15,3	
Magnesio	meq/100 ml	4,00	3,34	4,37	4,69	4,63	
Zinc	Ppm	2,78	2,90	2,68	1,76	2,95	
Cobre	Ppm	3,01	3,67	2,24	3,86	3,48	
Hierro	Ppm	70,8	71,8	73,1	72,6	74,6	
Manganeso	Ppm	10,42	13,32	12,29	13,22	14,84	
Boro	Ppm	0,86	0,67	0,75	0,92	0,78	
pH	_____	7,50	7,29	7,12	7,39	7,17	
Conductividad eléctrica	mS/cm	0,339	0,367	0,291	0,338	0,420	
Materia orgánica	%	2,86	2,73	2,52	2,41	2,67	
Textura	Arena	%	47,00	47,20	51,20	47,20	49,20
	Limo	%	42,00	39,20	39,00	39,20	39,20
	Arcilla	%	10,80	13,60	9,60	13,80	11,60
	C. Textural	_____	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO
Densidad aparente	g/cm ³	1,64	1,69	1,66	1,71	1,68	

Fuente: LABONORT (2016).

A continuación se detallan los datos obtenidos por cada parámetro, ubicándolo en un rango alto, medio o bajo.

4.1.1. Macronutrientes

❖ Nitrógeno (N)

Los datos de Nitrógeno oscilan entre 24,31 y 29,8 ppm (Fig. 4.1), correspondientes a las parcelas 4 y 1, respectivamente. Se ubican en el rango bajo que de acuerdo a Viteri et al. (2004), puede deberse a que la materia orgánica del suelo este en muy bajos porcentajes, a la descomposición incompleta de la materia orgánica. Además podría estar relacionado con la aplicación insuficiente de N, incorrecta utilización de los fertilizantes nitrogenados, suelos muy livianos o poco profundos; problemas en el sistema radicular ocasionados por el exceso de humedad en el suelo, Ataque de nematodos que afectan el sistema radicular cuando se ha sembrado semilla contaminada, fuerte competencia de malezas y compactación del suelo (López et al, 2001).

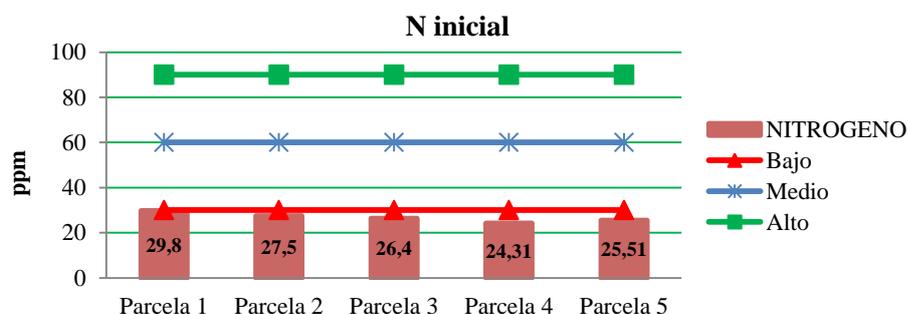


Figura 4.1: Rangos de Nitrógeno inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Fósforo (P)

Los resultados del Fósforo mostraron un límite inferior de 5,34 ppm (parcela 4) y superior de 9,52 ppm (parcela 2) (Fig. 4.2), ubicándose en un rango bajo. Probablemente, esta baja concentración se origine por variaciones extremas de pH en el suelo, condiciones muy secas y/o muy húmedas (Viteri et al., 2004). Asimismo, la explicación estaría en la poca respuesta a las aplicaciones de P en suelos con alta capacidad de fijación del elemento o niveles muy altos de N foliar que pueden provocar reducción de los niveles de P (López et al., 2001).

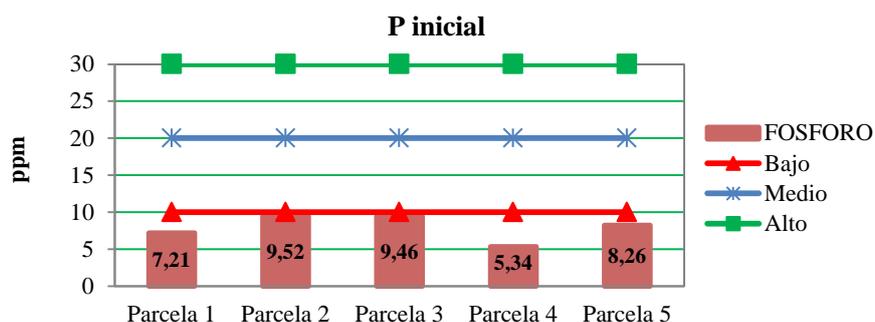


Figura 4.2. Rangos de Fósforo inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Potasio (K)

Los datos para el Potasio registrados señalan una permanencia en el rango alto (Fig. 4.3), encontrando un valor inferior de 0,71 meq/100 ml que corresponde a la parcela 3 y un valor superior de 1,06 meq/100 ml en la parcela 5. Posiblemente exista un balance entre el calcio y magnesio que favorece la disponibilidad de potasio pudiendo ser evidencia de que no existen problemas fitosanitarios (Viteri et al., 2004). De acuerdo con López et al. (2001), los altos niveles de K pueden estar relacionados con una aplicación adecuada de K, riego eficiente; o, suelos con bajos contenidos de Na (sódicos), factor beneficia la disponibilidad de K para la planta.

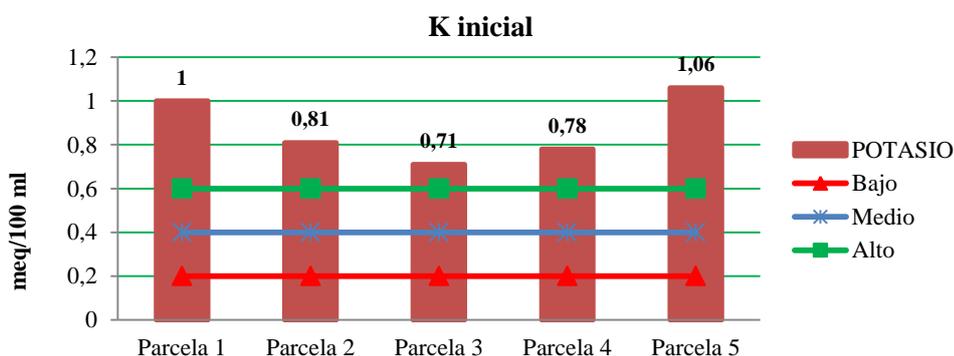


Figura 4.3. Rangos de Potasio inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Calcio (Ca)

Los datos de Calcio reconocidos se hallan en un rango alto (Fig. 4.4), señalando un valor inferior de 13,49 meq/100 ml en la parcela 1 y un valor superior de 15,30 meq/100 ml en parcela 5. Según López et al. (2001), este contenido se origina en concentraciones altas de Ca en el suelo, particularmente en suelos de textura franca, hecho que coincide con los suelos donde se ubicó el ensayo. Viteri et al. (2004) señala que el Ca no es deficiente en los suelos con pH neutro.

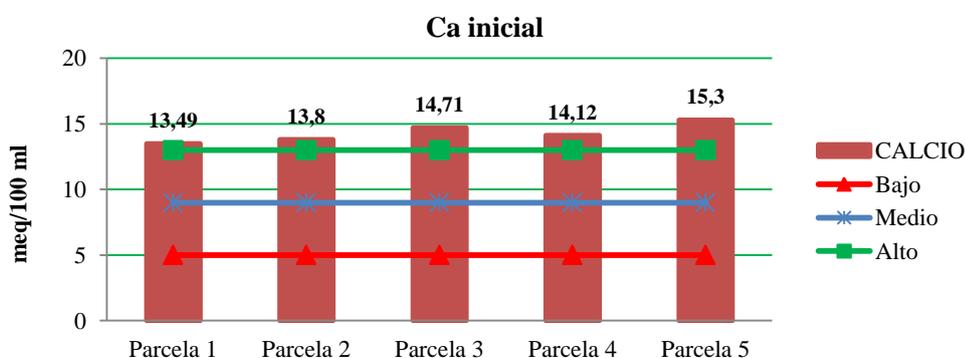


Figura 4.4. Rangos de Calcio inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Magnesio (Mg)

Los datos de Magnesio registrados señalan una permanencia total en el rango alto (Fig. 4.5), encontrando un valor inferior de 3,34 meq/100 ml en la parcela 2 y un valor superior de 4,69 meq/100 ml en la parcela 4. Según Viteri et al. (2004) los niveles altos de Mg son coincidentes con los altos niveles de Ca, el balance entre las relaciones Ca/Mg, K/Mg, favorecen la disponibilidad del Mg y en suelos donde el riego se maneja adecuadamente. También puede deberse a que los suelos son muy meteorizados o livianos y a la aplicación adecuada de Mg en los programas regulares de fertilización (López et al, 2001).

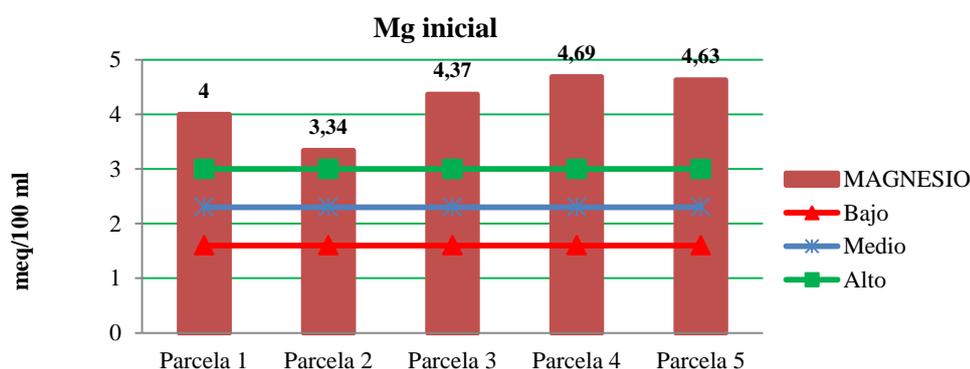


Figura 4.5. Rangos de Magnesio inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Azufre (S)

Los datos de Azufre reconocidos, se encuentran extremadamente bajos con relación al rango mínimo (Fig. 4.6), señalando un valor inferior de 2,82 ppm en parcela 4 y un valor superior de 6,36 ppm en la parcela 5. Este resultado tiene relación con la característica de suelos livianos, con bajo contenido de materia orgánica y muy húmedos (Viteri et al., 2004). De acuerdo con López et al. (2001), puede darse en suelos con niveles muy bajos de S, ausencia o aplicación insuficiente de S en los programas regulares de fertilización.

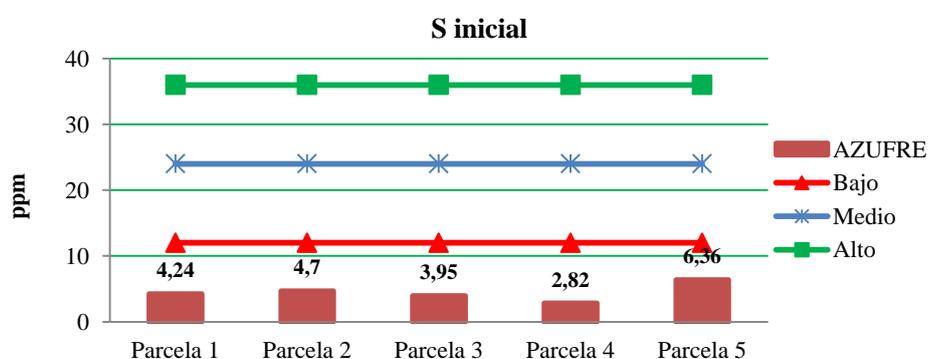


Figura 4.6. Rangos de Azufre inicial en los suelos de las parcelas en estudio

4.1.2. Micronutrientes

❖ Boro (B)

Los resultados de Boro registrados señalan una permanencia total en el rango bajo (Fig. 4.7), con un valor inferior de 0,67 ppm en la parcela 2 y un valor superior de 0,92 ppm en la parcela 4. Según Viteri et al., (2004) esta deficiencia podría estar relacionada con épocas de fuertes sequías, suelos con pH muy bajo o muy alto, contenidos de menos de 0.5 ppm de boro en el suelo y por altas aplicaciones de cal agrícola. Para López et al. (2001), también puede darse por condiciones de ausencia o aplicación insuficiente de B en los programas regulares de fertilización y porque los suelos tienen niveles bajos de materia orgánica.

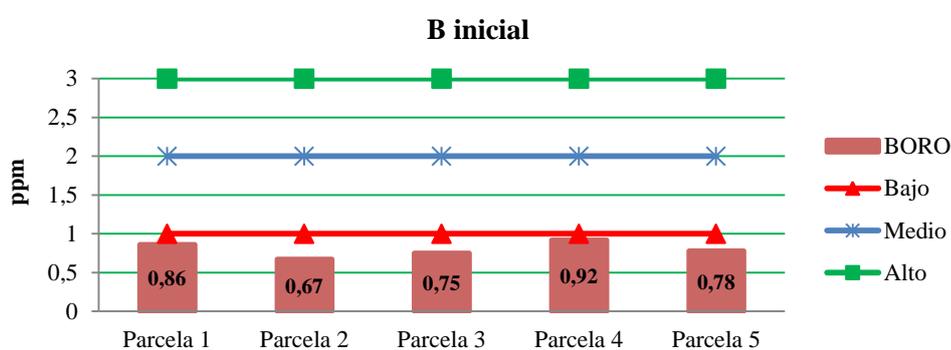


Figura 4.7. Rangos de Boro inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Zinc (Zn)

Los resultados de Zinc registrados se encuentran en un rango bajo (Fig. 4.8), con un valor inferior de 1,76 ppm en la parcela 4 y un valor superior de 2,95 ppm en a la parcela 5. Viteri et al. (2004) mencionan que los bajos niveles de Zn se originan en suelos nivelados con exposición del subsuelo, suelos con alto contenido de carbonato de calcio, contenido de fósforo muy alto, suelos muy húmedos; Sin embargo, López et al. (2001) menciona que también se origina en suelos de pH neutro a alcalino y suelos con niveles bajos de materia orgánica.

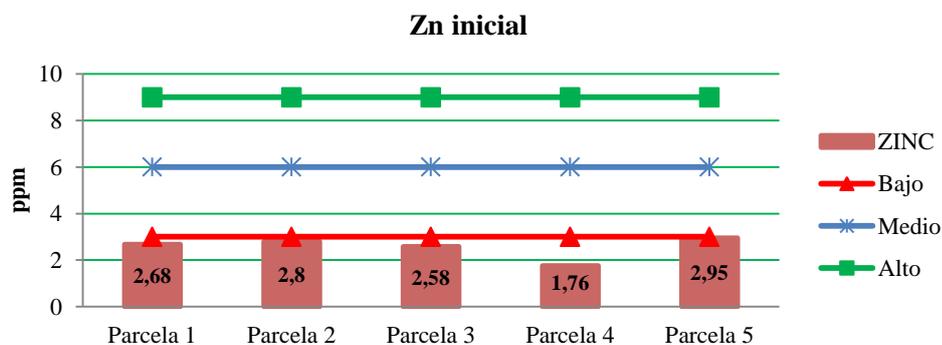


Figura 4.8. Rangos de Zinc inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Cobre (Cu)

Los datos de Cobre registraron un rango medio (Fig. 4.9), señalando un valor inferior de 2,24 ppm que corresponde a la parcela 3 y un valor superior de 3,86 ppm perteneciente a la parcela 4. Según Viteri et al. (2004) los niveles medios a bajos de Cu pueden deberse a las altas aplicaciones de cal agrícola, suelos con alto contenido de calcio y suelos con bajo contenido de materia orgánica estos dos últimos aspectos coinciden con los suelos de las parcelas en estudio. Para López et al. (2001) los suelos francos y arcillosos presentan concentraciones medias a bajas de este elemento; la disponibilidad del Cu decrece a medida que el pH se incrementa a valores iguales o más altos que 7.

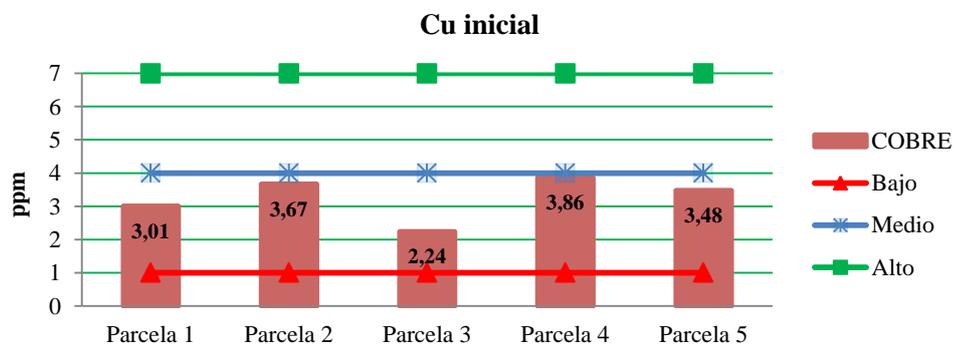


Figura 4.9. Rangos de Cobre inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Hierro (Fe)

Los resultados de Hierro reconocidos señalan una persistencia total en el rango alto (Fig. 4.10), encontrando un valor inferior de 69,68 ppm que corresponde a la parcela 4 y un valor superior de 74,65 ppm en la parcela 5. Probablemente se deba a suelos con buena aireación Viteri et al. (2004). Para López et al. (2001) las concentraciones altas de hierro pueden deberse a un alto pH, suelo húmedo y frío.

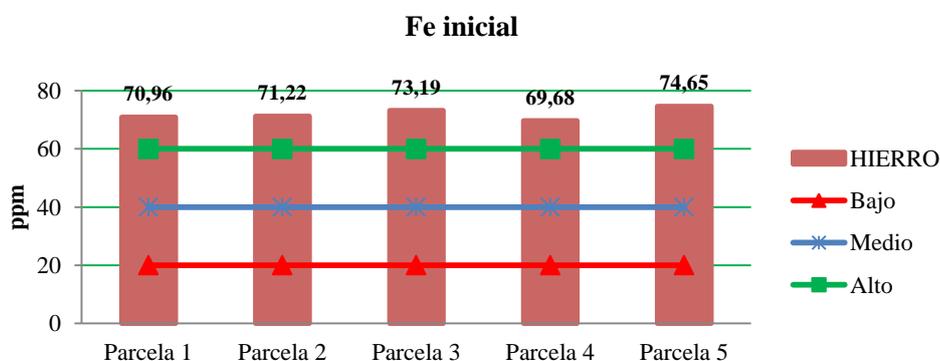


Figura 4.10. Rangos de Hierro inicial en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Manganeso (Mn)

Los resultados de Manganeso registrados se encuentran en un rango medio (Fig. 4.11), localizando un valor inferior de 10,42 ppm en la parcela 1 y un valor superior de 14,84 ppm en la parcela 5. Posiblemente se deba a suelos con textura arenosa y a suelos orgánicos (Viteri et al. 2004). Según López et al. (2001), también puede ocasionarse en suelos de pH alto o alcalinos y por la ausencia o aplicación insuficiente de Mn en los programas regulares de fertilización

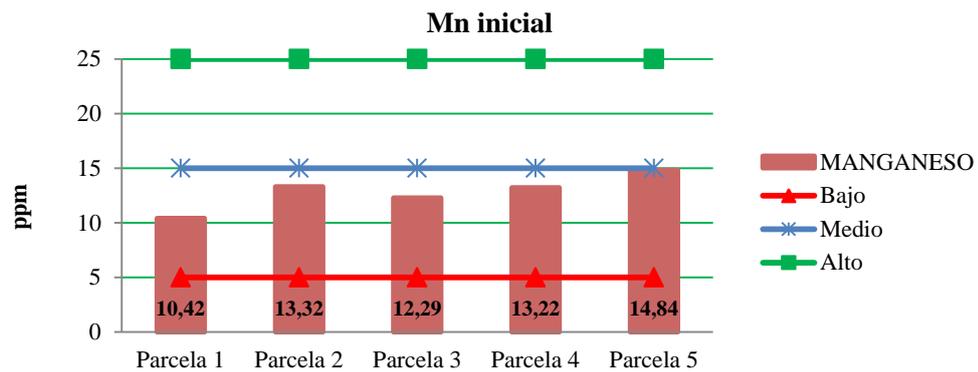


Figura 4.1 1. Rangos de Manganeso inicial en los suelos de las parcelas en estudio

4.1.3. *Potencial Hidrogeno (pH)*

Los datos de pH reconocidos se hallan prácticamente neutros con una ligera inclinación a alcalinos (Fig. 4.12), señalando un valor inferior de 7,12 en la parcela 3 y un valor superior de 7,15 en la parcela 1. Los resultados de pH ligeramente alcalino pueden deberse a una buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad y solubilidad de P y baja disponibilidad de micronutrientes (FAO, 2013). Además, dicho pH puede corresponder las altas concentraciones de sales solubles que no han sido lavados por las precipitaciones pudiendo relacionarse a problemas de deterioro físico del suelo (Zapata, 2004).

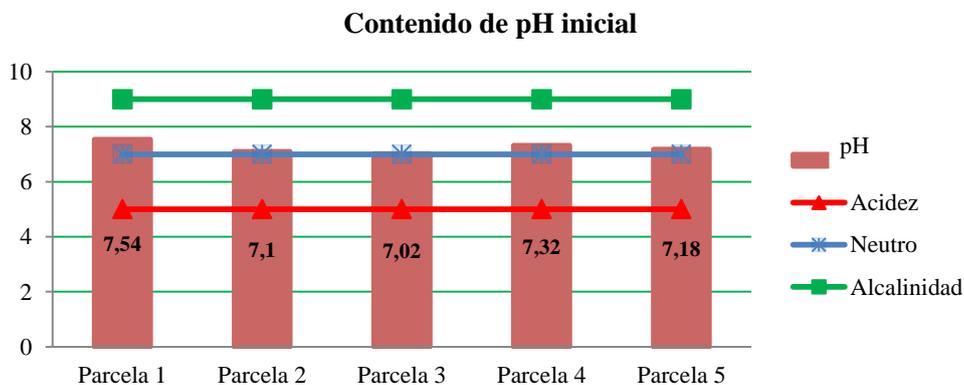


Figura 4.12. Medida del pH inicial en los suelos de las parcelas en estudio

4.1.4. Conductividad eléctrica (CE)

Los resultados de Conductividad eléctrica registrados, señalan al parámetro sin problema de sales (Fig. 4.13), encontrando un valor inferior de 0,291 mS/cm en la parcela 3 y un valor superior de 0,420 mS/cm en la parcela 5. Posiblemente este resultado se deba a que los suelos no tienen problemas de drenaje y no existe riegos continuados (Rucks et al., 2004). Según Lobo-Guerrero (2015), una conductividad no salina puede deberse a que los suelos secos tienen una conductividad mucho mayor que los húmedos, y la CE decrece levemente cuando desciende la temperatura hacia el punto de congelación del agua.

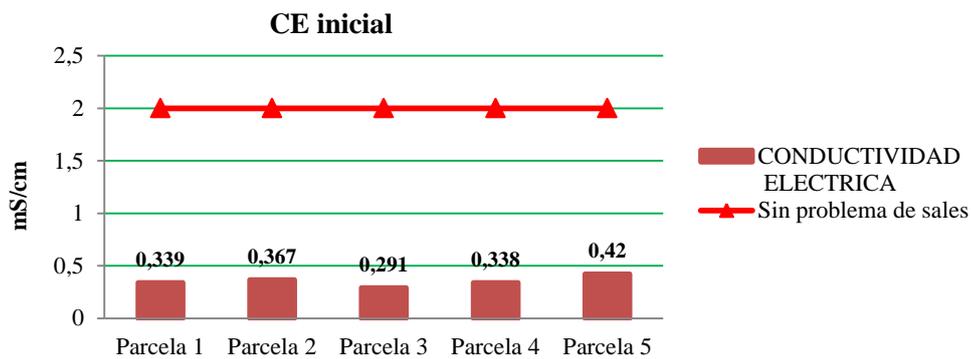


Figura 4.13. Medida de la Conductividad inicial en los suelos de las parcelas en estudio

4.1.5. Materia orgánica (MO)

Los porcentajes de materia orgánica registrados se encuentran en un rango bajo (Fig. 4.14), localizando un valor inferior de 2,41 % en la parcela 3 y un valor superior de 2,86 % en la parcela 1. Este resultado puede deberse a que los suelos poseen intensificación de la actividad agrícola, falta de rotaciones con pasturas, y niveles bajos de N, P y S (Sainz et al., 2009). Según Sierra y Rojas (2008) los valores bajos de MO pueden deberse a efectos del laboreo excesivo en pendientes moderadas e intensas lluvias invernales que acelera el proceso erosivo, y ha conducido a una pérdida de materia orgánica.

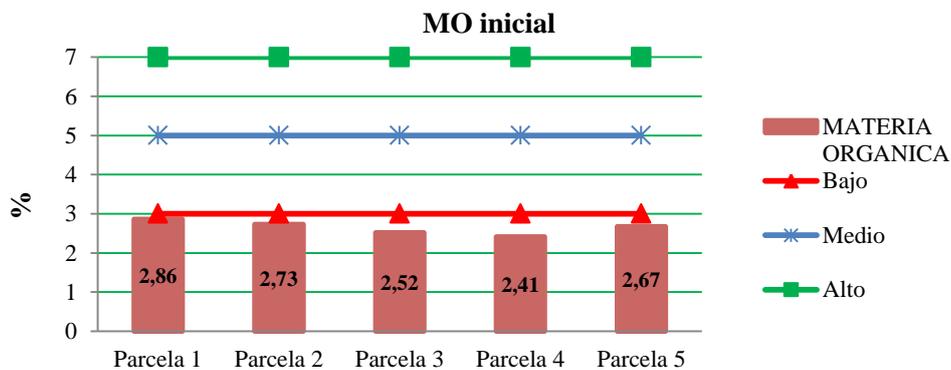


Figura 4.14. Rangos de Materia orgánica inicial en los suelos de las parcelas en estudio

4.1.6. Textura

En las cinco parcelas se evidencia una clase textural de tipo Franco (Fig. 14). La clase textural de tipo Franco puede deberse a que los suelos poseen permeabilidad media, retención de agua media, aireación buena, y cantidad media de agregados y consistencia (Rucks et al., 2004). Además, este resultado en textura probablemente se deba a que dichos suelos tienen superficie específica media, compactación media, dificultad de laboreo baja y erosionabilidad por el viento de tipo media (Porta y López-Acevedo, 2005).

4.1.7. Densidad Aparente (DA)

Los resultados de la densidad aparente, señalan altos problemas de compactación (Fig. 4.14), encontrando un valor inferior de $1,64 \text{ g/cm}^3$ en la parcela 1 y un valor superior de $1,71 \text{ g/cm}^3$ en la parcela 4. Este resultado puede deberse a que el suelo presenta bajas cantidades de materia orgánica, escaso espacio poroso y poca retención de la humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces (Salamanca y Sadeghian, 2005). Según Rojas y Sáenz (2008), una densidad aparente con valores altos puede deberse al uso excesivo de maquinaria agrícola o la práctica inoportuna de labranza, lo cual genera la formación de una capa dura inmediatamente debajo del suelo arado, que limita la profundidad efectiva del suelo para la exploración de las raíces.

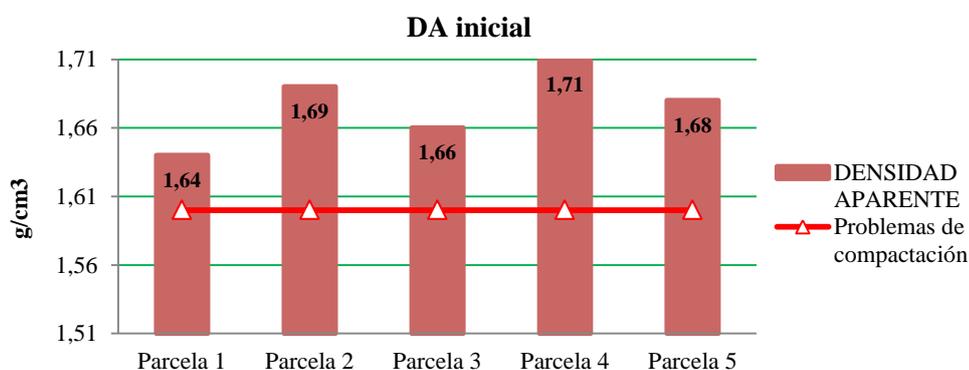


Figura 4.15. Rangos de Densidad Aparente inicial en los suelos de las parcelas en estudio

4.2. Ejecución de las estrategias de recuperación de suelos, basadas en el proceso de roturación e implementación de humus y abonos verdes.

Se realizó la roturación con una profundidad efectiva de subsoleo entre 40 a 60 cm, el suelo estuvo apto para la siembra después de realizar una cruz con ayuda del tractor agrícola con rastra de discos. A partir de esto se implementó la materia orgánica requerida por cada parcela agrícola en estudio, realizando cálculos basados en la siguiente fórmula:

$$M.O.= T * DA * P * Mo$$

Dónde:

T= Tamaño de la parcela (m²)

DA= Densidad Aparente (T/m³)

P= Profundidad de la muestra (m)

Mo= % MO que se quiere llegar - % MO existente (%)

Esta fórmula se aplicó a los datos de las cinco parcelas y se obtuvieron resultados de 0,56 T/ 100 m², 0,64 T/ 100 m², 0,74 T/ 100 m², 0,82 T/ 100 m², y 0,67 T/ 100 m² respectivamente para las cinco parcelas en estudio. Esto representa un total de 3,43 T/500 m² que equivalen a 1558,09 kg/ 500 m², requeridas para incrementar el contenido inicial de materia orgánica por parcela a un porcentaje de 4 % considerado como un rango alto de materia orgánica

Tabla 4.2. Cantidad de materia orgánica requerida por cada parcela en estudio

Parcela	T/100m2	qq/100m2	kg/100m2
1	0,56	5,61	254,95
2	0,64	6,44	292,68
3	0,74	7,37	335,02
4	0,82	8,16	370,76
5	0,67	6,70	304,69
Total	3,43	34,28	1558,09

Con respecto a la implantación de los abonos verdes se empleó una cantidad de 2,5 kg de Vicia (*Vicia sativa*) y 1,3 kg de raigrás (*Lolium multiflorum*) por parcela, la siembra se la realizó el 25 de Octubre del 2016. Seguido el proceso de siembra descrito anteriormente se realizó un monitoreo de cada parcela con una frecuencia de dos veces por mes hasta su incorporación, con el fin de evidenciar el crecimiento y cobertura de los abonos verdes.

En las cinco parcelas se observó un crecimiento normal de las especies utilizadas como abono verde. En cuanto a la vicia se evidenció un mayor tamaño en la parcela 4 con 59 cm y la de

menor tamaño fue en la parcela 2 con 48 cm. Este último resultado puede deberse a que se produjo una helada lo que afecto al crecimiento la vicia.

Con respecto al raigrás (*Lolium multiflorum*), se apreció un mayor tamaño en la parcela 2 con 65 cm y la de menor tamaño fue en la parcela 3 con 60 cm. La incorporación de los abonos verdes se realizó el 05 de Enero del 2017, posterior mente luego de un periodo de 45 días se tomó nuevamente las muestras de suelo, ya que en este tiempo se descompusieron totalmente los abonos verdes, transcurrido este tiempo se asimilan los nutrientes aportados y se pueden analizar los cambios efectuados. Los resultados obtenidos en cada monitoreo realizado se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Crecimiento de vicia (*Vicia sativa*) y raigrás (*Lolium multiflorum*)

Parcela	Monitoreo	Crecimiento (cm)		Cobertura (%)
		Vicia	Raigrás	
1	1 (08-11-2016)	9	11	40
	2 (22-11-2016)	14	17	70
	3 (06-12-2016)	21	28	90
	4 (20-12-2016)	44	52	95
	5 (03-01-2017)	57	64	95
2	1	8	10	60
	2	14	19	80
	3	32	20	90
	4	35	54	97
	5	48	65	100
3	1	4,5	9	30
	2	11	16	60
	3	30	30	80
	4	42	43	95
	5	58	60	100
4	1	6	9	60
	2	12	18	80
	3	26	29	100
	4	41	50	100
	5	59	63	100
5	1	5	9	30
	2	13	16,5	70
	3	20	18	90
	4	32	43	95
	5	50	57	100

❖ Biomasa aportada

En las cinco parcelas se pesó el material vegetativo en fresco y seco, para determinar los nutrimentos aportados por los abonos verdes. El mayor peso de la biomasa en fresco y seco corresponde a la parcela 2 con 3,0 y 0,80 Kg/m², respectivamente. Con respecto al menor peso de la biomasa en fresco y seco corresponde a la parcela 5 con 2,5 y 0,55 Kg, respectivamente.

Tabla 4.4. Producción de biomasa en las parcelas de estudio

Parcelas agrícolas	Peso Fresco (Kg/m²)	Peso seco (Kg/m²)
1	2,2	0,45
2	3,0	0,80
3	2,7	0,70
4	2,6	0,60
5	2,5	0,55

La incorporación de los abonos verdes se realizó el 04 de Enero del 2017, posteriormente, luego de un periodo de 45 días se tomó nuevamente las muestras de suelo; ya que en este tiempo debido a las constantes precipitaciones se descompusieron totalmente los abonos verdes, transcurrido este tiempo se asimilan los nutrientes aportados y se pudieron analizar los cambios efectuados.

4.3. Propiedades de los suelos estudiados después de la ejecución de las estrategias de recuperación.

Los resultados de los parámetros analizados después de la ejecución de las estrategias de recuperación de suelos, muestran que en los macronutrientes existe un incremento en las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Azufre; mientras que, en Potasio, Calcio y Magnesio se notó un leve decrecimiento pero se mantienen en rangos altos. En relación a micronutrientes se apreció un incremento en los contenidos de Boro y Zinc manteniéndolos en rangos bajos y medios respectivamente, y existen concentraciones altas de Hierro, Manganeso y Cobre. Los resultados se muestran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Propiedades de los suelos después de la implementación de las técnicas agroecológicas.

Parámetro	Unidad	Parcela Agrícola				
		1	2	3	4	5
Nitrógeno	Ppm	77,99	108,65	67,78	112,06	74,59
Fósforo	Ppm	18,68	28,71	29,25	18,5	16,89
Potasio	meq/100 ml	0,89	0,72	0,71	0,5	0,71
Azufre	Ppm	13,01	25,1	13,15	12,94	13,26
Calcio	meq/100 ml	10,65	10,09	9,4	10,96	11,13
Magnesio	meq/100 ml	2,79	2,64	3,06	2,54	2,91
Zinc	Ppm	3,88	5,2	5,73	5,83	4,01
Cobre	Ppm	7,5	7,77	6,53	4,32	4,85
Hierro	Ppm	138,6	125,5	138,3	124,46	120,9
Manganeso	Ppm	37,19	58,8	32,1	18,4	17,43
Boro	Ppm	0,98	0,96	0,95	0,97	0,94
Ph	_____	7,03	7,01	6,9	6,8	6,9
Conductividad eléctrica	mS/cm	0,259	0,387	0,266	0,234	0,236
Materia orgánica	%	3,15	4,38	4,38	4,49	4,62
Textura	_____	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO
Densidad aparente	g/ml	1,32	1,29	1,37	1,4	1,33

Fuente: LABONORT (2016).

A continuación se presentan los resultados más detallados para cada parámetro.

4.3.1. Macronutrientes

❖ Nitrógeno (N)

Se produjo un incremento en las concentraciones de N en las cinco parcelas, (Figura 4.16). Estos valores se establecen en el rango alto para este criterio que de acuerdo con García y Martínez (2009) este aumento puede darse debido a que la vicia contiene 3,32 % de N en su estructura, además de que fija y capta N en los nódulos de sus raíces. Este resultado, según Viteri et al. (2004) contribuirá a estimular el follaje, el crecimiento y desarrollo de las plantas que se cultiven.

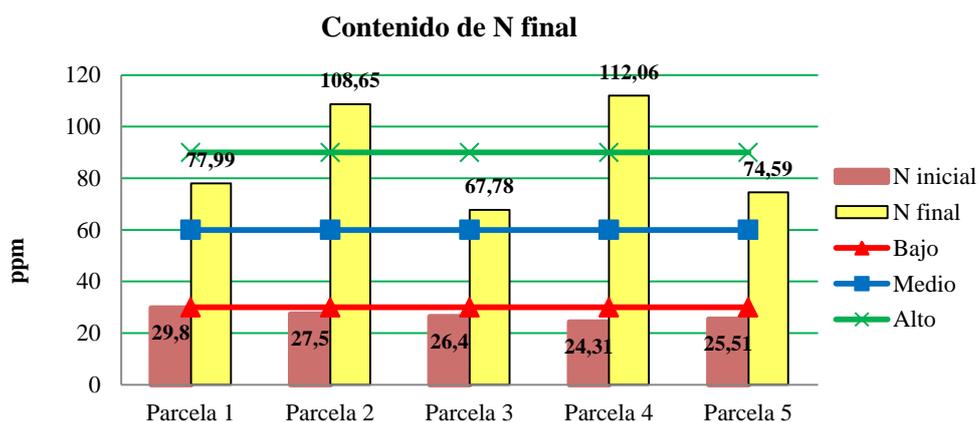


Figura 4.16. Cambios en las concentraciones de Nitrógeno en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Fósforo (P)

Los resultados del P en las cinco parcelas ascendieron con respecto a los resultados iniciales. Los datos obtenidos se encuentran en rango medio la parcela 1,4 y 5; mientras que las parcelas 2 y 3 en rango alto (figura 4.17). De acuerdo con Viteri et al. (2004) este incremento ayudaría a los cultivos siguientes cumpliendo funciones fotosintéticas. Y Según la FAO (2002), permitiría el desarrollo de los tejidos que forman los puntos de crecimiento de la planta, desarrollo de la raíz, y la formación de la semilla; permitiendo que el cultivo resista bajas temperaturas y la falta de humedad.

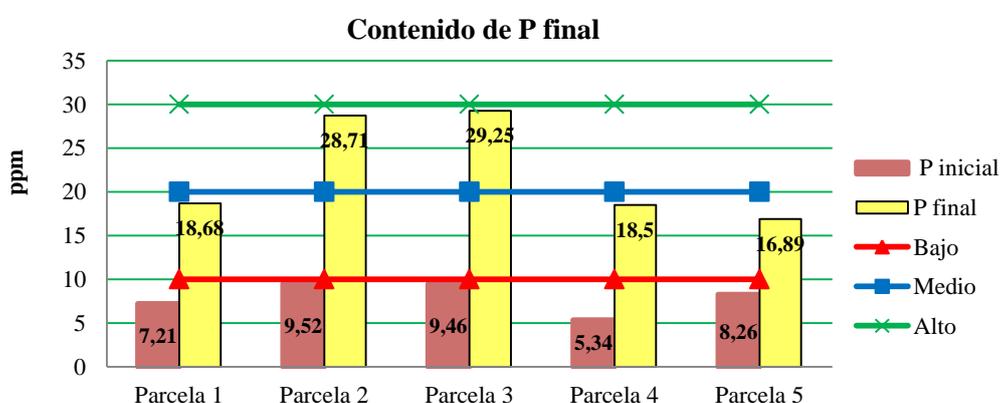


Figura 4.17. Cambios en las concentraciones de Fósforo en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Potasio (K)

El potasio en las cinco parcelas redujo sus concentraciones pero se mantiene en el rango alto (Figura 4.18). Esta reducción puede darse por la acción que cumplió este nutriente en el cultivo de los abonos verdes, promoviendo la rápida circulación de los productos de fotosíntesis dentro de la planta, permitiendo el almacenamiento de glucosa, oxígeno y energía; que estimula la cantidad y extensión de la ramificación radicular (Viteri et al., 2004). La FAO

(2002) explica que este elemento puede encargarse de la activación de más de 60 enzimas que regulan la vida de la planta haciéndola tolerante a la sequía, heladas y salinidad.

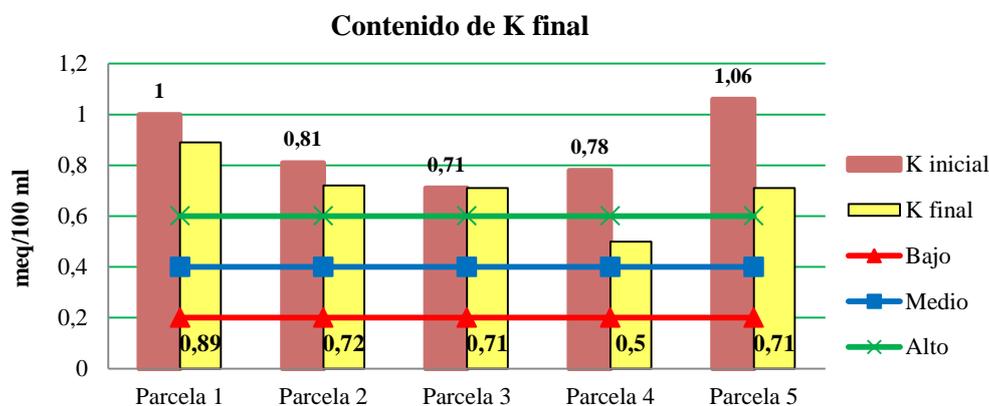


Figura 4.18. Cambios en las concentraciones de Potasio en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Calcio (Ca)

Las concentraciones de Ca en las cinco parcelas se redujeron, pero, se mantienen en el rango alto (Figura 4.19). Viteri et al. (2004) señala que este elemento regularía el crecimiento de la planta promoviendo la formación de la pared celular y la división normal de la célula. La FAO (2002) atribuye la reducción de las concentraciones de este elemento, a que pudo ser requerido por la planta en elevadas cantidades durante la formación del polen y flores y para el crecimiento de las raíces

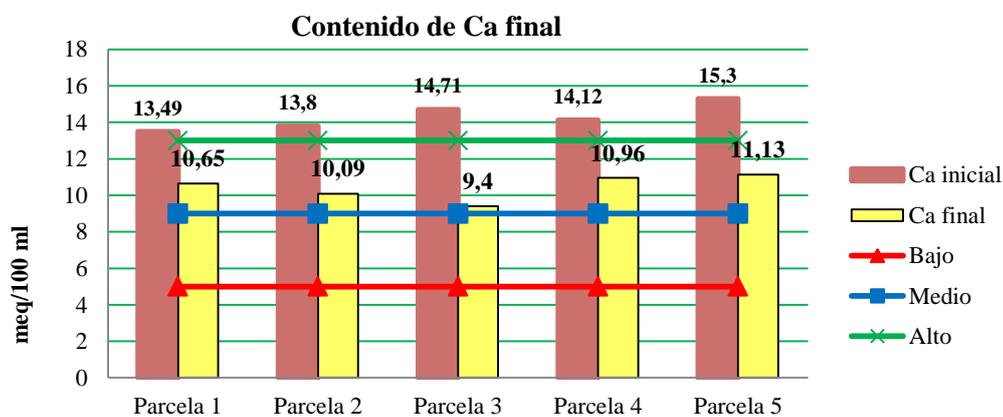


Figura 4.19. Cambios en las concentraciones de Calcio en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Magnesio (Mg)

Las cinco parcelas analizadas mostraron reducción en las concentraciones de Mg, pero dichos resultados se mantienen en el rango alto (Figura 4.20). Estas concentraciones pueden estar asociadas a la síntesis proteica, la formación de varios pigmentos, la translocación del fósforo y la asimilación del nitrógeno (Viteri et al., 2004). Además, puede fomentar la formación de

raíces laterales, por lo cual activa el crecimiento de la planta, influyendo el crecimiento alargador de las células (FAO, 2012).

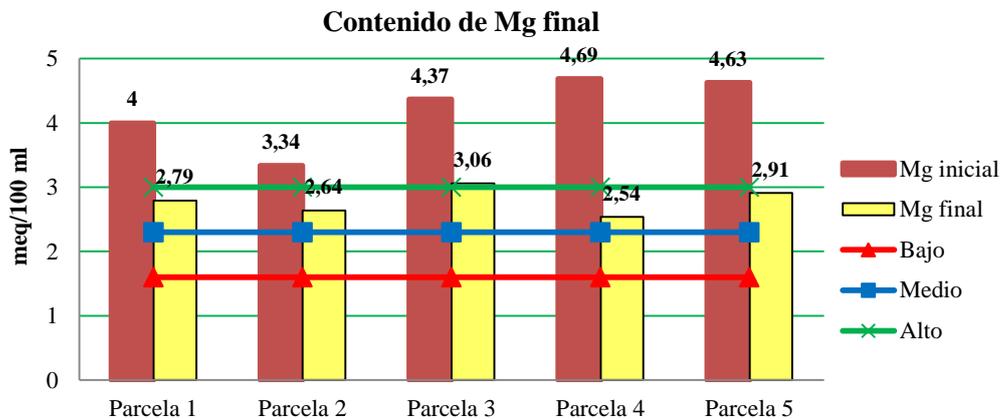


Figura 4.20. Cambios en las concentraciones de Magnesio en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Azufre (S)

Las concentraciones de S se establecieron en el rango medio a excepción de la parcela 2 que se ubica en rango alto (Figura 4.21). El incremento de este elemento, según Viteri et al. (2004) puede significar la mejora en la formación de aminoácidos y de proteínas, además de incrementar la fotosíntesis y la resistencia al frío. Puede intervenir también en el metabolismo del nitrógeno constituyente esencial de proteínas (FAO, 2002).

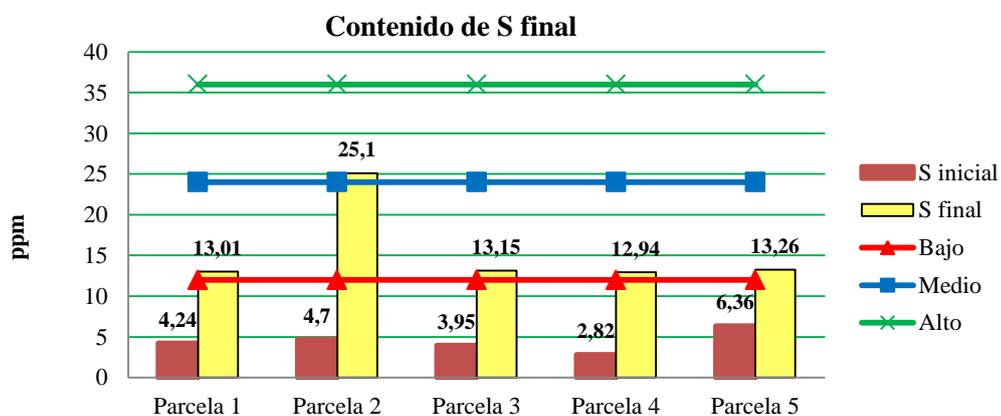


Figura 4.21. Cambios en las concentraciones de Azufre en los suelos de las parcelas en estudio

4.3.2. Micronutrientes

❖ Boro (B)

Las concentraciones de B aumentaron levemente en las cinco parcelas estudiadas, por lo que siguen manteniéndose en un rango bajo (Figura 4.22). Viteri et al. (2004) detallan que esta deficiencia podría afectar el crecimiento de las células, principalmente en las regiones más nuevas de la planta como yemas y puntas de las raíces. Kirkby y Römheld (2008) explican

que una deficiencia de B trastornaría la polinización, desarrollo de las semillas, formación de la pared celular, floración y cuajado de las flores, formación de nódulos en las leguminosas, crecimiento de las ramas y descaecimiento de frutos; todo depende del boro, casi siempre ayudado por el calcio.

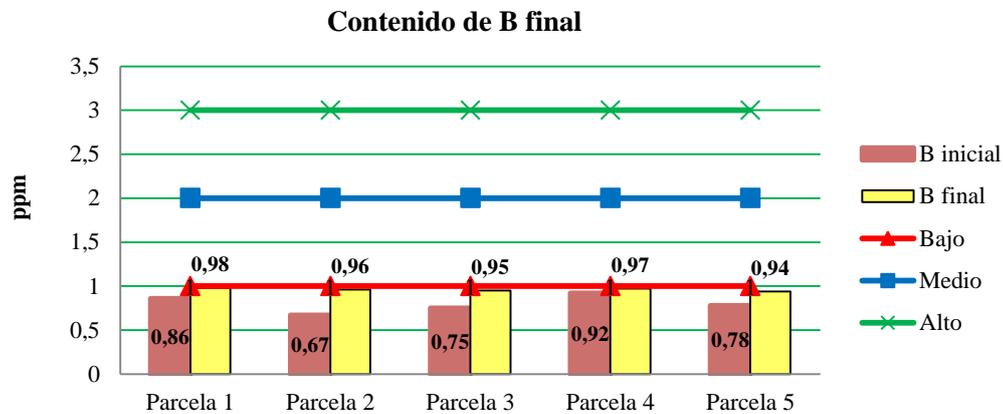


Figura 4.22. Cambios en las concentraciones de Boro en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Zinc (Zn)

Las concentraciones de Zn en las cinco parcelas, incrementaron hasta establecerse en el rango medio (Figura 4.23). Viteri et al. (2004) manifiesta que este aumento intervendría esencialmente en las funciones catalíticas como componente de enzimas que regulan la síntesis de los aminoácidos y el metabolismo de las sustancias proteicas. Kirkby y Römheld (2008) explican que la importancia de este elemento radicaría en la permeabilidad de las membranas celulares evitando la liberación excesiva de carbohidratos y aminoácidos, además, combatiría agentes patógenos e insectos tanto hacia las raíces y nuevos brotes.

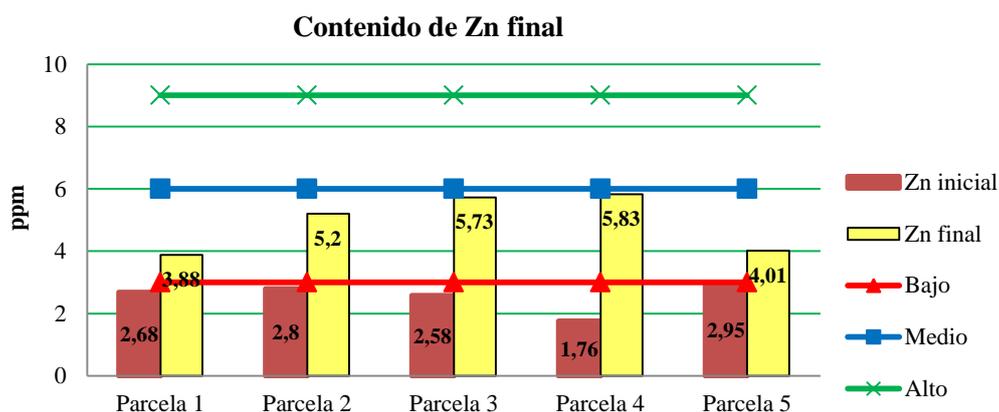


Figura 4.23. Cambios en las concentraciones de Zinc en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Cobre (Cu)

Los contenidos de cobre en las cinco parcelas incrementaron y se ubican en el rango alto (Figura 4.24). Este aumento según Viteri et al. (2004) contribuiría en la formación de la

clorofila y en la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico en las leguminosas. Kirkby y Römheld (2008) comentan que las altas concentraciones de este elemento pueden ayudar a desintoxicar y lignificar los cultivos; en caso de presentarse una deficiencia de Cu, podría disminuir la tasa de fijación de CO₂.

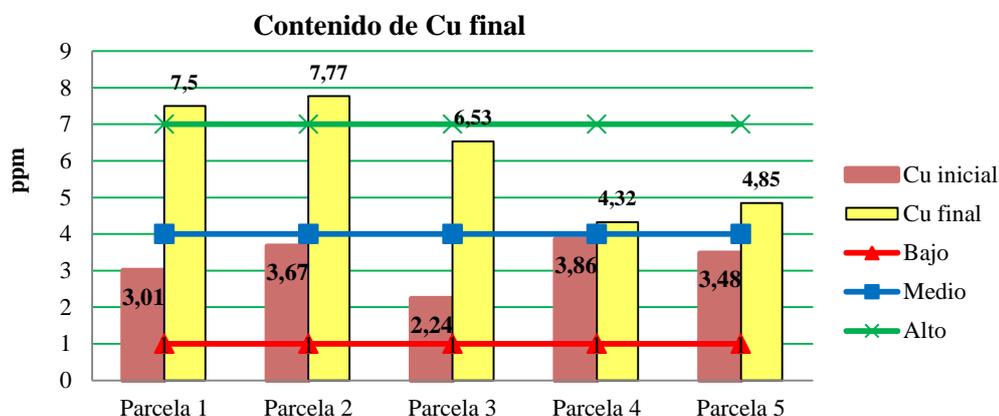


Figura 4.24. Cambios en las concentraciones de Cobre en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Hierro (Fe)

Los valores de Fe ascendieron considerablemente y se mantienen en rango alto (Figura 4.25). Kirkby y Römheld (2008) y Viteri et al. (2004) coinciden en que este incremento intervendría como un importante catalizador en la formación de la clorofila y transporte de oxígeno y electrones. Además de que contribuye en la respiración de la planta, en la fotosíntesis, en la transferencia de energía y a la formación de los nódulos para la fijación de N en las leguminosas.

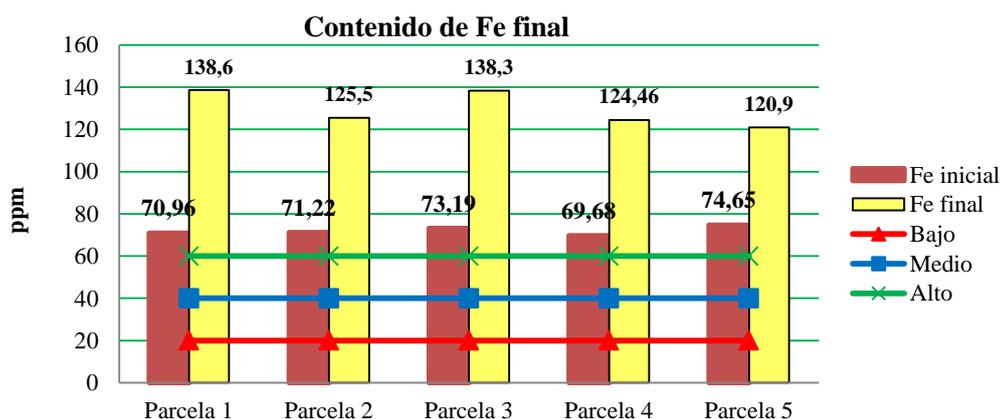


Figura 4.25. Cambios en las concentraciones de Hierro en los suelos de las parcelas en estudio

❖ Manganeso (Mg)

En las cinco parcelas las concentraciones de Mn incrementaron y se localizan en rango alto (Figura 4.26). Este incremento facilita la conversión del Nitrato en la forma que la planta usa

para hacer aminoácidos y proteínas, beneficiando la síntesis de la clorofila (Viteri et al., 2004). El incremento de este micronutriente proporcionaría la viabilidad de polen, y el crecimiento de las anteras, definiendo la tasa de germinación de las semillas. Cuando el Fe incrementa en estado ferroso, el Mn funciona como un activador de enzimas y regula la cantidad de hierro en para disminuir su toxicidad (Kirkby y Römheld, 2008).

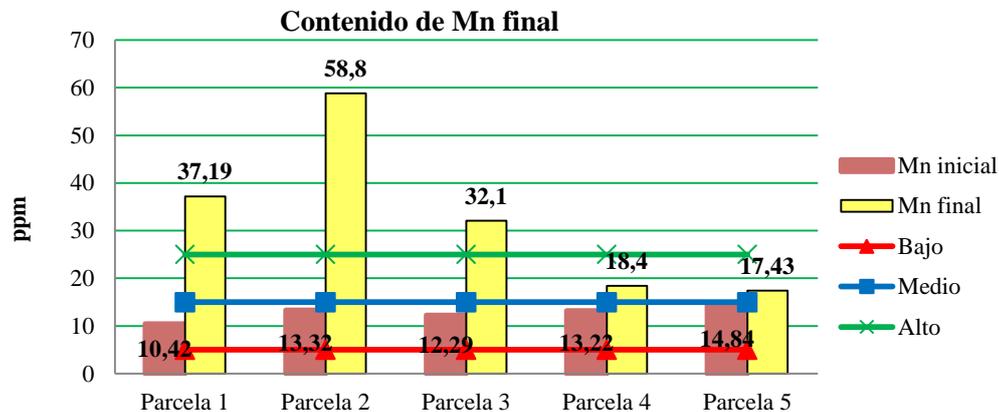


Figura 4.26. Cambios en las concentraciones de Manganeso en los suelos de las parcelas en estudio

4.3.3. Potencial Hidrogeno (pH)

Como se puede observar en la figura 4.27. El pH en el suelo en las cinco parcelas se encuentra dentro de un límite de neutralidad, sin embargo, ha variado de forma descendente. Ésta variación se debe principalmente a la utilización abonos orgánicos ya que son de naturaleza ácida, lo cual influye con aportaciones ácidas en el pH del suelo (Barbazan, 2000). Con un pH neutro podría mejorar los procesos fisiológicos de absorción de los nutrientes a nivel radicular. En general, cuando el pH del suelo aumenta, la disponibilidad de la mayor parte de los nutrientes baja. Y al contrario cuando éste baja, la disponibilidad de los nutrientes aumenta (Bárbaro et al., 2003).

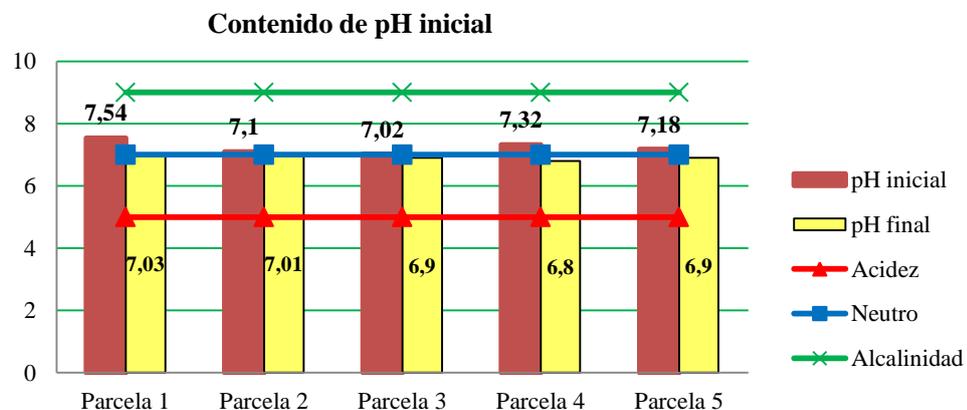


Figura 4.27. Cambios del pH en los suelos de las parcelas en estudio

4.3.4. Conductividad eléctrica (CE)

Los valores de CE en las cinco parcelas se encuentran dentro del límite no salino (fig. 4.28), sin embargo, se observa que este valor ha tenido un descenso. Esta variación se debe al incremento de la porosidad, la permeabilidad y la capacidad de retención de humedad (Lamz y Gonzales, 2013). Cuando se produce un incremento de las sales en la solución del suelo, es más fácil para las raíces de las plantas absorber agua, ayudando a su crecimiento (Alcatraz, 2012).

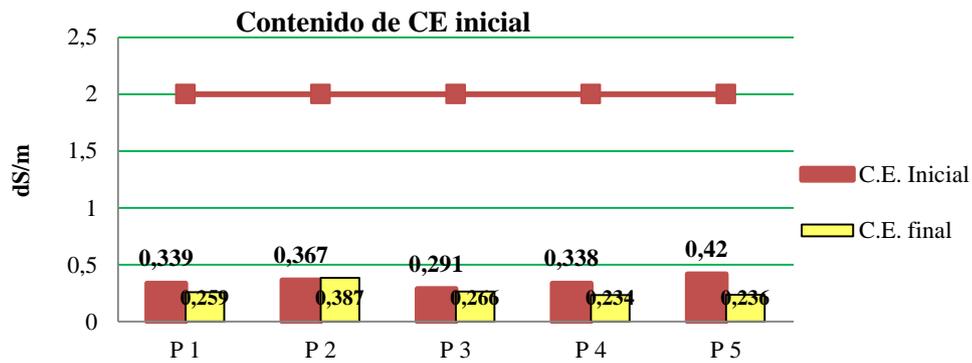


Figura 4.28. Cambios de CE en los suelos de las parcelas en estudio.

4.3.5. Densidad Aparente (DA)

Como se puede observar en la figura 4.29. La densidad aparente del suelo en las cinco parcelas no poseen problemas de compactación. Este cambio se debe al proceso de roturación ya que el subsolado reduce la densidad y aumenta la porosidad de los horizontes del subsuelo, rompiendo suelos rocosos, compactados, arcillosos, entre otros, facilitando el desarrollo radicular, la capacidad de retención de agua y la velocidad de infiltración (Romero, 2010). El valor de la densidad aparente es un indicador primario de la salud de los suelos. Este parámetro ayuda a la germinación de las semillas, ya que controla los espacios porosos, la restricción física del crecimiento y desarrollo de las raíces (Sentis, 2012).

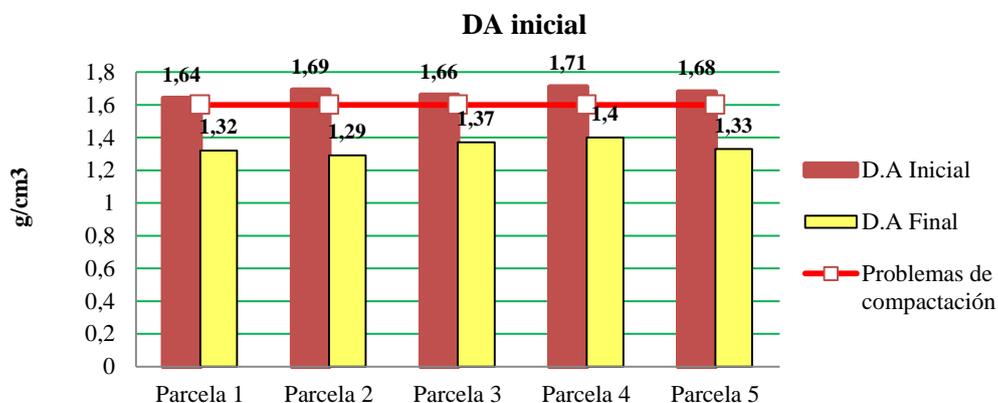


Figura 4.29 Cambios en la Densidad Aparente de los suelos de las parcelas en estudio.

4.3.6. Materia orgánica (MO)

La cantidad de MO en las cinco parcelas ha incrementado al rango medio de 4% (Fig. 4.30). Esta variación se debe a la aplicación de humus, rico en MO, ya que el humus es capaz de absorber grandes cantidades de agua, con lo que aumenta la capacidad de retención de humedad, incrementando las posibilidades de buenas cosechas (Suquilanda, 2008). Además, la materia orgánica mejora de la fertilidad física del suelo. Favorece la formación de una porosidad de tamaño mediano, lo que determina una mejor aireación del suelo, este último, muy importante en algunas especies poco resistentes al frío (Sierra y Rojas, 2000).

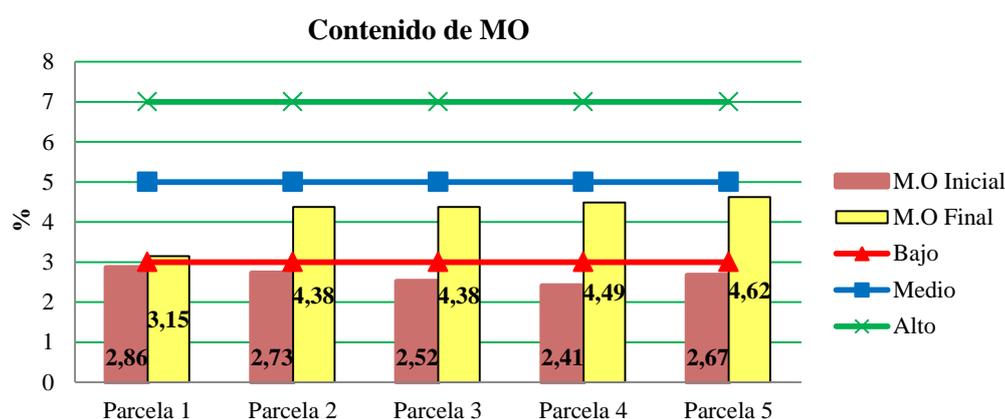


Figura 4.30. Cambios en la Materia Orgánica de los suelos de las parcelas en estudio.

4.3.7. Profundidad del suelo

Los resultados de la profundidad efectiva registrados se encuentran en un rango óptimo (tabla 4.6), localizando un valor inferior de 59 cm en la parcela 5 y un valor superior de 64 cm en la parcela 2. Estos valores de profundidad son óptimos porque las raíces de las plantas pueden llegar al suelo, sin ningún tipo de obstáculos tanto físicos como químicos (Cook et al., 2010). Además, la profundidad del suelo puede proporcionar un medio adecuado para el desarrollo de las raíces, retener el agua disponible y suministrar los nutrientes existentes. En un suelo profundo las plantas toleran mejor la sequía, ya que a más profundidad existe más capacidad de conservación de humedad (Núñez, 2001).

Tabla 4.6. Profundidad del suelo en las parcelas de estudio

Parcelas agrícolas	Profundidad (cm)
1	60
2	64
3	62
4	61
5	59

4.4. Análisis de Indicadores

De acuerdo los indicadores de calidad del suelo, se determinó que la parcela numero 2 fue la que presentó mejores resultados en el proceso de recuperación de suelos (tabla 4.7). Presentando los valores más altos en indicadores físicos y químicos, así como también en crecimiento y cobertura de los abonos verdes.

Tabla 4.7. Indicadores de Calidad del Suelo en el Área de Estudio

INDICADORES FISICOS		INDICADORES QUIMICOS	
Textura del suelo	Franca	Materia orgánica (%)	4,38 Contenido medio a alto
Profundidad del suelo cm	64 Media	pH	7,01 Prácticamente Neutro
Densidad Aparente (gm/cm ³)	1,29 Normal en suelos francos	Conductividad eléctrica (dS/m)	0,387 No Salino
		N (ppm)	108,65 Contenido Alto
		P (ppm)	28,71 Contenido Alto
		K (meq/100 ml)	0,72 Contenido Alto

5. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA DE COCHAPAMBA.

5.1. Justificación.

La elaboración de esta propuesta tiene la finalidad de divulgar entre los agricultores las estrategias de recuperación de suelos, basadas en la aplicación y combinación de técnicas mecánicas (roturación mecánica) y técnicas agroecológicas (incorporación de humus y abonos verdes), que contribuyan a la conservación del suelo y mejoran su calidad en cuanto a fertilidad y productividad.

La aplicación de estas estrategias permite al agricultor recuperar y mejorar sus tierras que con cada ciclo de cultivo y las inadecuadas técnicas que se emplean, reducen los nutrimentos necesarios para el desarrollo del cultivo; contribuyendo directamente a la obtención de reducidas cosechas. Al mismo tiempo, se busca generar interés en esta clase de técnicas agroecológicas por parte del agricultor, donde se comprenda que un suelo debe mantener un porcentaje de entre 3,5 y 5 % de materia orgánica, que claramente influye en el mantenimiento de la humedad del suelo, en el aumento de los niveles de fertilidad y en la obtención de mayores rendimientos productivos y económicos.

5.2. Objetivos

- ❖ Facilitar un mejor manejo de suelos agrícolas a partir de los resultados generados de la investigación en las parcelas agrícolas de la comunidad Rancho Chico, para su replicación en las diferentes comunidades de la zona de Cochapamba.
- ❖ Proporcionar información a los agricultores de la zona de Cochapamba sobre técnicas agroecológicas (roturación, aplicación de humus e incorporación de abonos verdes) para conservación de suelos, con el fin de explicar la metodología secuencial empleada, dirigidas a la población así como también a organizaciones de la zona inmiscuidas en el sector agrícola que garanticen la utilidad del presente estudio.

5.3. Descripción del material

El material tiene una estructura sencilla, razón por la cual su elaboración comprende una forma didáctica con información concreta y lenguaje claro de asimilar. Esta información está basada en los resultados obtenidos de la investigación, preferentemente con un criterio de explicación gráfica de los procesos llevados a cabo para su mejor comprensión y aplicación.

La información se divulgó en una reunión con asistentes de las comunidades de Cochapamba juntamente con los presidentes comunales y el presidente de la Unión de Organizaciones Campesinas Cochapamba (UOCC), donde se explicó las técnicas aplicadas y resultados obtenidos. Al mismo tiempo se entregó y distribuyó esta información mediante documentos tipo revista en formato A5

5.4. Contenidos del material

5.4.1 Técnicas de recuperación de suelos

❖ Roturación

Para este proceso se emplea un tractor tipo roturador (tractor bulldozer) equipado con cinceles o dientes de 80 cm de longitud, que permite romper suelos severamente degradados. Este permite romper el suelo y obtener una profundidad efectiva de 40 a 60 cm (FAO, 2015). La técnica es usada para romper capas duras o compactadas de suelo con el objetivo de mejorar la infiltración del agua, retención de nutrientes y la penetración de las raíces. Se estimó que por cada hectárea se requiere, en promedio, tres horas de roturación o subsoleo.

Seguidamente se procede a realizar una cruz con ayuda del tractor agrícola con rastra de discos, con lo cual se busca mullir el suelo, preparándolo para la siembra.

❖ Implantación de abonos verdes

Los abonos verdes son plantas que se cultivan para ser enterradas antes de que sus tejidos se lignifiquen, es decir, antes de su floración. Esto consiste en la implementación del material vegetal no descompuesto en los primeros 10 a 20 cm de la superficie y contribuyen a recuperar la calidad del suelo mejorando su productividad (García y Martínez, 2009.)

Se inicia con la selección de la semilla. Se recomienda emplear la combinación de semillas de vicia, gracias a la capacidad de fijar nitrógeno y la abundante biomasa que esta planta genera; y raigrás por su alta densidad radicular y el follaje que produce. La cantidad de semillas empleadas es el doble de lo que se utiliza en un cultivo normal para lograr un mejor establecimiento del cultivo, garantizando una buena densidad, mayor producción de biomasa y colonización del suelo. Se calculó que por una hectárea se necesitan 46 kg de raigrás (*Lolium multiflorum*) y 92 kg de vicia (*Vicia sativa*).

La siembra consiste en esparcir, de forma aleatoria, y al voleo, la combinación de semillas por todo el terreno. Seguidamente se realiza el tapado de la semilla a una profundidad entre 5 a 8 cm con ayuda de rastrillos o ramas secas. Es necesario tapar totalmente la semilla para asegurar una pronta y completa germinación. A los 15 días de siembra, las semillas germinadas alcanzan una altura de entre 7 y 15 cm.

A los 75 días de siembra se producen los primeros brotes de flores en la vicia, siendo el tiempo óptimo para ser incorporado el abono verde estimando el 20% de floración. La incorporación se puede realizar mecánicamente con ayuda del tractor agrícola o manualmente, realizando cortes en partes pequeñas con ayuda de un machete o moto guadaña. Después se entierra con un azadón o un arado de tiro animal (bueyes o caballos) a una profundidad de 10 a 20 cm.

Posterior a la incorporación, se debe dejar transcurrir aproximadamente 45 a 60 días si las condiciones de precipitación son favorables. En este periodo el abono se descompone totalmente y el suelo asimila los nutrientes aportados. Pasado este periodo, se puede proseguir con la preparación del terreno para la siembra del cultivo comercial tradicional.

A partir de la siembra del cultivo comercial, al agricultor podrá evidenciar el incremento en el rendimiento del cultivo, el ahorro en fertilizantes nitrogenados, mayor cantidad de agua disponible en el suelo, aumento en la penetración de las raíces del cultivo y la reducción de enfermedades o plagas que afecten a los cultivos implantados.

5.5. Modelo de la propuesta

GUÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE COCHAPAMBA.

EQUIPO TÉCNICO:
 Ing. Gladys Yagmana
 Directora del Trabajo de titulación
 Tec. Fidel Castro.
 Presidente de la UOCC.
 Srta. Gisela Vilca.
 Testista
 Sr. Paúl Pérez.
 Testista

UOCC
 Unidad de Organización Comunitaria
 Prefectura de Imbabura

INTRODUCCIÓN

La elaboración de esta propuesta tiene la finalidad de divulgar entre los agricultores las estrategias de recuperación de suelos, basadas en la aplicación y combinación de técnicas mecánicas (roturación mecánica) y técnicas agroecológicas (incorporación de humus y abonos verdes), que contribuyan a la conservación del suelo y mejoren su fertilidad y productividad.

DESARROLLO DE TÉCNICAS EMPLEADAS:

1. Roturación



La finalidad es: Romper capas duras o compactadas de suelo y obtener una profundidad efectiva de 40 a 60 cm. Con ello mejora la infiltración del agua, retención de nutrientes y el crecimiento de las raíces (FAO, 2015).



2.-Realizar una cruz con el tractor agrícola y la rastra de discos, para mullir el suelo y prepararlo para la siembra.

Preparación de abonos verdes



Son mezclas de leguminosas (vicia, alfalfa, frejol, arveja garbanzo) y gramíneas (avena, raigrás, trigo, cebada y maíz forrajero). Que se cultivan para ser incorporadas al suelo cuando alcanzan un 10 a 20 % de floración.

Siembra de abonos verdes

3.-Seleccionar las semillas de vicia y raigrás en una combinación de 2 partes de vicia y 1 parte de raigrás. En cantidades que sean el doble de lo que se utiliza en un cultivo normal. Para una hectárea se necesitan 92 kg de vicia y 46 kg de raigrás.



4.-Mezclar las semillas de las dos especies y esparcir al voleo, sobre todo el terreno.



5.-Cubrir la semilla a una profundidad entre 5 a 8 cm. Utilizar rastrillos o ramas secas y cuidar que todas las semillas queden cubiertas para asegurar una completa germinación.

A los 15 días de la siembra las plantas alcanzan una altura de entre 7 y 15 cm.



A los 75 días desde siembra la vicia alcanza el 20% de floración, siendo el tiempo óptimo para incorporar el abono verde, al suelo.

La incorporación se puede realizar mecánicamente con ayuda del tractor agrícola o manualmente, realizando cortes en partes pequeñas (10 cm aproximadamente) con ayuda de un machete o moto guadaña (García y Martínez, 2009).



6.-Incorporar el material cortado al suelo utilizando un azadón o un arado de tiro animal (bueyes o caballos) a una profundidad de 10 a 20 cm.

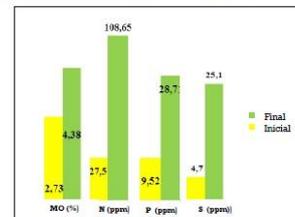


Dejar transcurrir aproximadamente 45 a 60 días. Para que el abono incorporado se descomponga totalmente y los nutrientes estén en forma aprovechable para la planta.

7.-Preparar el terreno para la siembra del cultivo comercial que se haya planificado.



Con la incorporación de los abonos verdes se obtienen incrementos considerables en materia orgánica, al mismo tiempo se mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, principalmente Nitrógeno, Fósforo y Azufre.



El incremento de estas características mejoran la calidad del suelo y aumentan su fertilidad. El agricultor notará el incremento en el desarrollo y rendimiento del cultivo, el ahorro en fertilizantes, mayor retención de humedad en el suelo, raíces más profundas y mayor resistencia a las sequías, heladas y salinidad.



Acciones a seguir para el mejoramiento de la calidad del suelo:



Si mejoramos la calidad de suelo, obtendremos mayores cosechas

Referencias bibliográficas:
 FAO. (2015). Agricultura de conservación: maquinaria, herramientas y equipos. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/Ca/es/3e.html>
 García, S. y Martínez, R. (2009). Abonos verdes. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Las propiedades físicas del suelo antes del establecimiento del ensayo, indicaron niveles de degradación por compactación, debido a que las parcelas presentaron una densidad aparente superior a $1,6 \text{ g/cm}^3$; dato que no coincide con el tipo de densidad para un suelo con textura franca que es alrededor de $1,3$ y $1,4 \text{ g/cm}^3$, este hecho indica que la porosidad del suelo está afectada, lo que restringe la circulación del agua y del aire.
- Las propiedades químicas del suelo de las parcelas donde se realizó el ensayo registraron concentraciones bajas de macronutrientes como N, P y S (<30 , <10 y <12 ppm, respectivamente); mientras que, el K, Ca y Mg estuvieron en concentraciones favorables ($>0,4$, >9 y $> 2,3$ meq/100 ml). En cuanto a micronutrientes se observó una deficiencia de B y Zn (<1 y <6 ppm, en su orden); y, concentraciones aceptables de Fe, Mn y Cu (>20 , >6 y >1 ppm, respectivamente).
- Por los bajos contenidos de materia orgánica, en las parcelas de estudio fue necesario adicionar abonos para fertilizar el suelo, promover la actividad microbiana y el reciclaje de nutrientes; pues, los niveles de precipitación de la zona (1000-1500mm), repercuten en procesos de reducción que se manifiestan en bajos niveles de disponibilidad de N, P, S y Zn.
- El pH de cada parcela fue ligeramente alcalino, relacionado con una alta disponibilidad de Ca y Mg, que afecta la disponibilidad y absorción de P en el proceso de nutrición de las plantas; hecho que debe considerarse para la fertilización o abonaduras.

- La textura franca favorece las altas concentraciones de Ca que coinciden con altas concentraciones de Mg; el vínculo entre estos dos elementos citados interviene en la mayor disponibilidad de K, lo cual fue corroborado por los análisis de suelos, efectuados.
- Las propiedades químicas de las parcelas, luego de la aplicación de las estrategias de recuperación de suelos, registraron un aumento en las concentraciones de macronutrientes: N, P y S; y, las concentraciones de K, Ca y Mg se redujeron ligeramente manteniéndose en rangos altos. En cuanto a micronutrientes se aumentó el contenido de B y Zn conservándose en rangos bajos y medios; mientras el Fe se mantuvo en niveles altos y el Mn y Cu subieron de medio a alto. En términos generales, los nutrientes aumentaron lo que denota que las estrategias de incorporación de humus y los abonos verdes, hicieron efecto positivo en el suelo.
- Con la incorporación de abonos orgánicos y debido a la precipitación, el pH de cada parcela se redujo hasta un nivel de neutralidad que favorece las concentraciones de P disponible para las plantas.
- Las técnicas agroecológicas aplicadas demostraron ser efectivas en el proceso de recuperación de suelos observable en el mejoramiento en la retención de humedad, formación de agregados más estables, disminución de la densidad aparente, mayor porosidad y profundidad efectiva del suelo.
- En el aspecto químico, los abonos verdes contribuyeron al mejoramiento de las parcelas agrícolas degradadas, principalmente el incremento en N y P, nutrientes aportados en mayor medida por la vicia. Asimismo, se introdujo posibilidades de mejora de la biología del suelo por el incremento del porcentaje de materia orgánica proveniente de la biomasa de raigrás y vicia incorporados.

6.2. Recomendaciones

- En posteriores estudios, caracterizar además de las propiedades físicas y químicas del suelo, las propiedades biológicas para determinar los organismos macro, meso y micro del suelo, benéficos en la producción agrícola.
- Determinar el grado de productividad agrícola que se puede obtener a partir de las estrategias de recuperación de suelos empleadas, validando la efectividad de las mismas en comparación con un testigo absoluto.
- La incorporación del abono verde debe darse únicamente al momento en que la vicia ha comenzado su floración (20%), de esta manera se asegura un aporte significativo materia orgánica y nutrientes esenciales (N, P y K.)
- Ampliar la socialización de la experiencia en la posibilidad de su aplicación en otros espacios de producción agrícola de las comunidades de la zona de Cochapamba.

7. REFERENCIAS

- Aguas, C. (6 de septiembre del 2013). Crean zonas productivas. *El Norte*. Disponible en: http://issuu.com/elnorteonline/docs/2013-09-06_el_norte.
- Alcatraz, F. (2012). *Salinidad y vegetación: Problemas para las plantas*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Alvarado, S., Jaramillo, R., Valverde, F. y Parra, R. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - International Plant Nutrition Institute.
- Asociación Agropecuaria Zara Tarpuy (2015). *Impulso a la producción agrícola de Cochapamba, mediante la tecnificación, uso eficiente y conservación de los medios de producción*. Ibarra, Ecuador: El Autor.
- Bárbaro L, Karlanian, M. y Mata, D. (2003). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. Pampeana, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA.
- Barbazán, M. (2000). *Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes: Factores que afectan la concentración de nutrientes en la planta*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República de Uruguay
- Bautista, C., Etchevers, J., Del Castillo, R. y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13 (2), 90-97.
- Bernal, G. (2010, noviembre). *Las buenas prácticas agrícolas (BPA) desde la perspectiva de la microbiología de suelos*. Conferencia presentada en el XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador.
- Bierner, R. (2001). Diagnóstico de la fertilidad del suelo. En R. Bierner y G. Bartolameolli (Ed.), *Técnicas de diagnóstico de fertilidad de suelos, fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas*. (pp. 2-12). Osorno, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA

- Bollo, E. (2001). *Lombricultura una alternativa de reciclaje*. Quito, Ecuador: Acuña 2da Edición.
- Canals, R., Peralta, J. y Zubiri, E. (2009). *Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica: familia Leguminosae, Vicia sativa*. Disponible en: http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Vici_sati_p.htm
- Carrasco, J. y Reckman, O. (2010). *Conservación de suelos*. Santiago de Chile: La Platina.
- Castañeda, P. (2001). *El estudio del suelo*. Asunción, Guatemala: Magna Terra Editores – Vecinos Mundiales.
- Castro, F. (2011). Informe de caracterización de la comunidad Rancho Chico. Ibarra, Ecuador: World Vision.
- Cook, J., Álvarez, D. y Estrada, M. (2010). *Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno: Profundidad efectiva*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Corporación BIOTEC.
- Constitución de la República del Ecuador (2005, mayo, 07) *Registro oficial 449*, octubre, 20, 2008.
- Control de Producción y Trazabilidad Agropecuaria AGROBIT (2010). *Cubiertas Vegetales en Montes Frutales y Forestales*. Disponible en: http://www.agrobit.com/Documentos/G_1_Cultivos.htm.
- FAO (1992). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Disponible en: <http://www.fao.org/metogology/96960.pdf>
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes.
- FAO. (2004). *Términos y definiciones*. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/9690-0d07a6ab2.pdf>
- FAO (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas: Propiedades del suelo*. Antioquía, Colombia: El Autor.

- FAO (2015). *Propiedades físico-químicas del suelo*. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- Fernández, R y Anadón, C. (2006). *Características, Origen y Tipos de Suelo*. Disponible en: <http://www.unioviado.es/chely/CHELY/docencia/Lecciones/Suelos.Lec6.pdf>
- Ferreira, A., Pereira, I., Maranhão, O., y Da Silva, E. (2015). Resistencia al desgaste de materiales de las orugas de tractores después del proceso de recuperación. *Materia*, 20 (1), 8-22.
- Fitz, E. (1996). *Introducción a la ciencia de los suelos*. México: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Forian, R. (2009). *Establecimiento de la asociación Rye grass (Lolium perenne) y Trébol Blanco (Trifolium repens)*. Cajamarca: SIRIVS.
- Fuentes, L. (1998). *Servicio de extensión de agricultura, pesca y alimentación*. Madrid, España: La Roda.
- GAD Parroquial Ambuquí (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Ambuquí 2012-2025*. Ambuquí, Ecuador: Gobierno Provincial de Imbabura-Sub Dirección de Gestión Ambiental.
- García, E. (2013). *Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos: adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implicación en la fijación de carbono*. (Tesis doctoral). Universidad de Murcia, España.
- García, S. y Martínez, R. (2009). *Abonos verdes*. México D.f.: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- García, J., Murillo, B., Nieto, A., Fortis, M., Márquez, C., Castellanos, E... y Ávila, N. (2010). Avances en investigación y perspectivas del Aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 2, 391-399.
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35 (2), 125-138

- Hernández D.M. y Viteri, S.E. (2006). Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 131-137.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(2), 49-61.
- Kirkby E., y Römheld V. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*. (68), 1-6
- Klein, E. (2006). *Guía de Laboratorio de Ecología General: Técnicas de muestreo I*. Sartenejas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar.
- Laboratorios del Norte LABONORT (2016). *Instructivo para toma de muestra de suelos*. Ibarra: El Autor.
- Ley de Gestión Ambiental (2004). Publicada en el *Registro Oficial* No. 418, del 10 de septiembre del 2004. Ecuador.
- Lobo-Guerrero A. (2015). *Mapeo de Conductividad Eléctrica del Suelo: Factores que afectan la CE del Suelo*. Pereira, Colombia: LOGEMIN.
- López, F. (1994). Degradación del suelo ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo. *Papeles de Geografía*, 20, 49-64.
- López, A., Vargas, A., Espinosa, J. y Vargas, R. (2001). *Síntomas de Deficiencias Nutricionales y otros Desórdenes Fisiológicos en el Cultivo del Banano (Musa AAA)*. Descripción, Causas, Prevención, Corrección. San José- Costa Rica: International Plant Nutrition Institute.
- López, M. y Estrada E. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Bioagrobiencias*, 8(1), 163-174.
- Megía, P. (2007). *Diseño de parque Municipal en Santa Cruz de los Cañamos: El Abonado*. Disponible en: <https://www.uclm.es/area/Proyectos/Megia/TomoI.pdf>
- Ministerio de Ganadería, Acuicultura y Pesca MAGAP (2013). *En parroquia Flores, MAGAP realiza roturación de suelos de cancagua y reactiva producción*

agrícola. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.ec/en-parroquia-flores-magap-realiza-roturacion-de-suelos-de-cancagua-y-reactiva-produccion-agricola/>

Ministerio del Ambiente MAE (2015). *Caracterización Ambiental de la zona de Cochapamba*. Ibarra, Ecuador: El Autor.

Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo, L. y Bonilla, R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37 (3), 270-278.

Muñoz, C. (2008). *Guía metodológica para elaborar la propuesta de proyecto de innovación*. México: Pearson

Pedraza, G. (1996). *Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones*. Madrid, España: La Rueda.

Porta, J. y López-Acevedo, M. (2005). *Agenda de campo de suelos: Textura y agua del suelo*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2004). *Perspectivas del medio Ambiente Mundial. Uso y degradación del suelo y desertificación*. Disponible en <http://www.pnuma.org/geo/geo5/GEO-ESPANOL-WEB.pdf>

Rivera, J., Sinisterra, P., y Calle, Z. (2004). *Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Dagua, Valle del Cauca, Colombia*. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/pdf/RESTAURACION-CARCAVA-Dagua.pdf>

Rodríguez, T. (2001). *Agricultura y medio ambiente*. Disponible en: <http://www.Agricultura-medio-ambiente/agricultura-medio-ambiente.s.html>

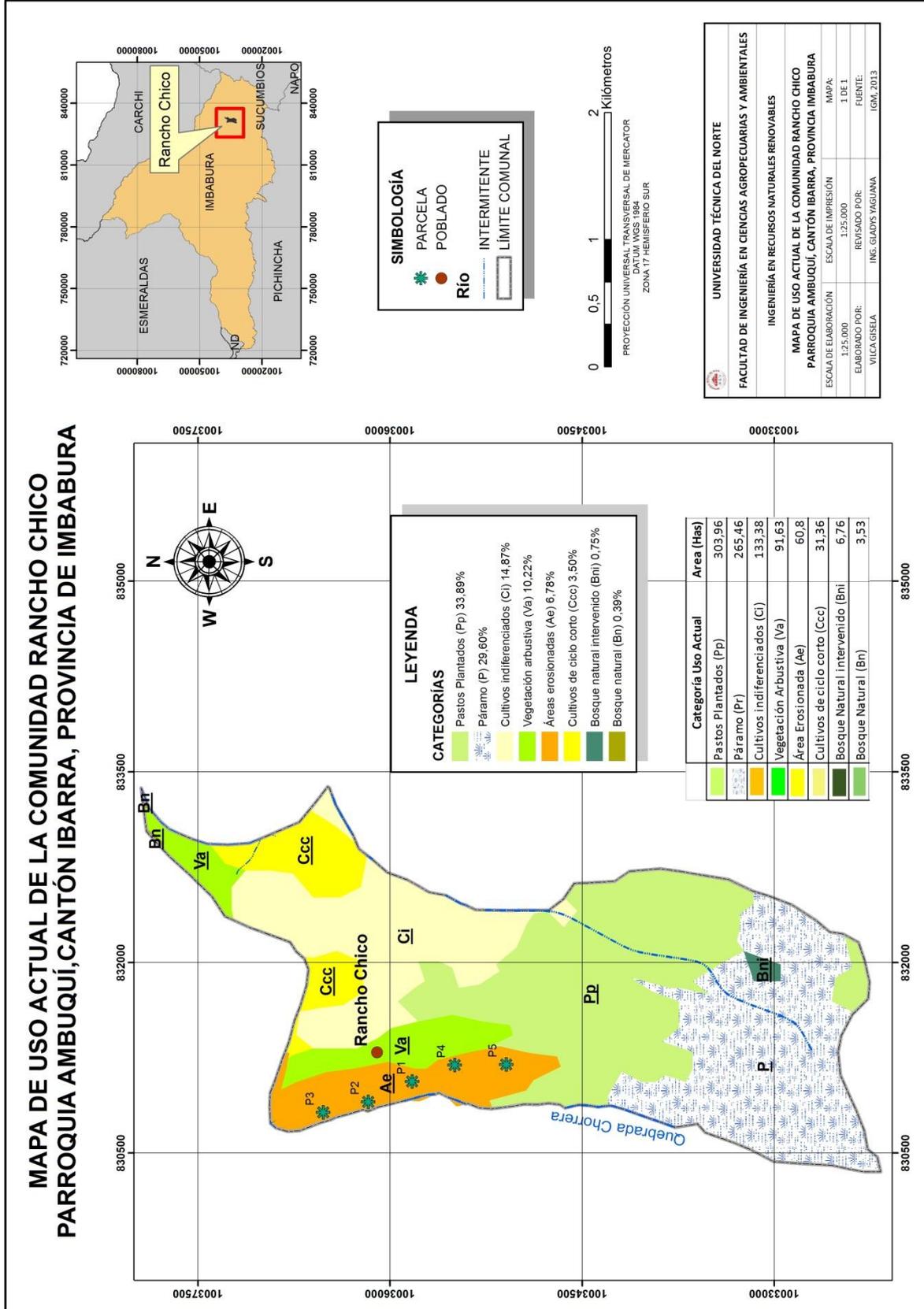
Rojas, J. y Sáenz E. (2008). *Densidad aparente: Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa*. Chaco, Argentina: Centro Regional Chaco Formosa

- Romero, M. (2010). *Rehabilitación de suelos cangahuosos mediante la incorporación de abonos verdes*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., León, J. y Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.
- Sainz, H., E. Echeverría, E. y Angelini, H. (2009). Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana Argentina. *Informaciones Agronómicas*, (2), 1-7.
- Salamanca J., A. y Sadeghian KH., S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES (2014). *Evaluación al Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Disponible en: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf
- Sentis, P. (2012, mayo). *Problemas de Degradación de Suelos en América Latina: Evaluación de Causas y Efectos*. Conferencia presentada en el X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador.
- Sierra, C. y Rojas, C. (2000). *La materia orgánica y su efecto en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo: Pérdida de materia orgánica y su efecto sobre la productividad de los suelos*. La Platina, Chile: Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA.
- Sistema Nacional de Información SNI (2011). *Mapa de uso actual del suelo a escala 1:250000*. Quito, Ecuador: El autor.
- Suquilanda, M. (2008, octubre). *El deterioro de los suelos en el Ecuador y la Producción agrícola*. Conferencia presentada en el XI congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA (339). Publicada en el *Registro Oficial* No. 725, del 16 de diciembre de 2002.

- Unión de Organizaciones Campesinas de Cochapamba UOCC (2010). *Plan estratégico 2010 – 2015 de la Unión de Organizaciones Campesinas de Cochapamba UOCC*. Ibarra, Ecuador: El Autor.
- Valverde, F., Alvarado, S., Chancosa, C., Viana, A., y Parra, R. (2015, mayo). *Evaluación del efecto de abonos verdes en la calidad del suelo, en Imantag, Imbabura*. Conferencia presentada en el simposio El suelo y la nutrición de cultivos en el Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- Vargas-Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos: Geoforma y topografía (relieve)*. Cochabamba, Bolivia: FAO Cuarta edición
- Villareal, J. (2007). *Evaluación al segundo año de aplicación de sistemas de labranza de conservación de suelos y fertilización en la asociación Maíz (Zea Maíz) – Fréjol voluble (Phaseolus Vulgaris)* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Viteri, P; León, J y Mejía, A. (2004). *Guía para la determinación de deficiencias Nutricionales en el suelo*. Boletín técnico No. 118. INIAP - Estación Experimental Santa Catalina, Quito-Ecuador.
- Yaguana, G. (2014). *Manejo y Conservación de Suelos: Prácticas de Conservación*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Zapata, R. (2004). *La química de la acidez del suelo: Casos especiales de acidez*. Medellín, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos.

8.- ANEXOS

ANEXO 1. Mapa de uso actual del suelo de la comunidad Rancho Chico



ANEXO 2. Monitoreo del Crecimiento de los Abonos verdes (Vicia y Raigrás).



Fotografía 1: Crecimiento del cultivo a los 15 días



Fotografía 2: Crecimiento del cultivo a los 30 días



Fotografía 3: Crecimiento del cultivo a los 45 días



Fotografía 4: Crecimiento del cultivo a los 60 días



Fotografía 5: Crecimiento del cultivo a los 75 días



Fotografía 6: Incorporación del abono verde al suelo

ANEXO 3. Análisis de suelos antes de la aplicación de las técnicas agroecológicas



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra – Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre: PAUL PEREZ Ciudad: Ibarra Teléfono: 0997490649 Fax:		DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Ambuquí Sitio: Rancho Chico	
DATOS DEL LOTE Sitio: Rancho Chico Superficie: 500 m2 Número de campo: M1 Cultivo Anual: A cultivar:		DATOS DEL LABORATORIO Nro. Reporte: 7016 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo M 1 Fecha de ingreso: 2016-07-11 Fecha de Reporte: 2016-07-13	

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACIÓN
N	29.27	ppm	
P	7.21	ppm	
S	4.24	ppm	
K	1.00	meq/100ml	
Ca	13.49	meq/100ml	
Mg	4.00	meq/100ml	
Zn	2.78	ppm	
Cu	3.01	ppm	
Fe	70.96	ppm	
Mn	10.42	ppm	
B	0.86	ppm	
pH	7.50		
Acidez Int. (Al + H)		meq/100ml	
Al		meq/100ml	
Na		meq/100ml	
Ce	0.339	mS/cm	
MO	2.86	%	

Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100)	%	ppm	Clase Textual				
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
3.12	4.00	16.48	17.48			47.00	42.00	10.80	FRANCO

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
 Responsable Laboratorio





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra – Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre: PAUL PEREZ
 Ciudad: Ibarra
 Teléfono: 0997490649
 Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD

Provincia: Imbabura
 Cantón: Ibarra
 Parroquia: Ambuquí
 Sitio: Rancho Chico

DATOS DEL LOTE

Sitio: Rancho Chico
 Superficie: 500 m²
 Número de campo: M2
 Cultivo Anual:
 A cultivar:

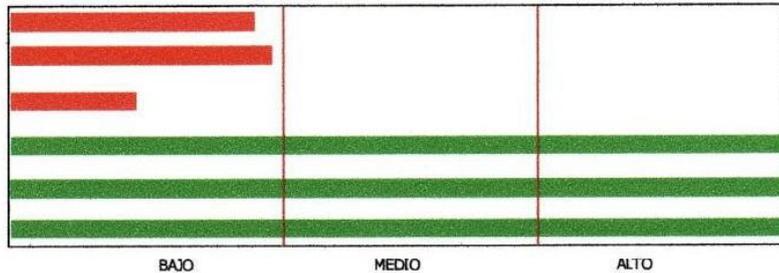
DATOS DEL LABORATORIO

Nro. Reporte: 7017
 Tipo de Análisis: Completo + T
 Muestra: Suelo M 2
 Fecha de ingreso: 2016-07-11
 Fecha de Reporte: 2016-07-13

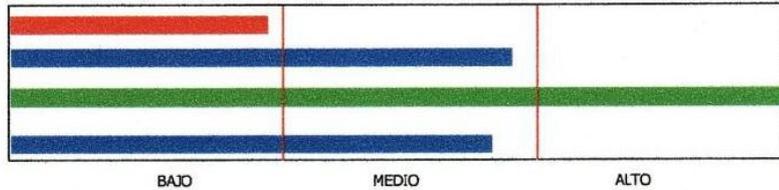
Nutriente Valor Unidad

N 29.08 ppm
P 9.52 ppm
S 4.70 ppm
K 0.81 meq/100ml
Ca 13.80 meq/100ml
Mg 3.34 meq/100ml

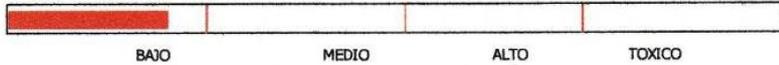
INTERPRETACIÓN



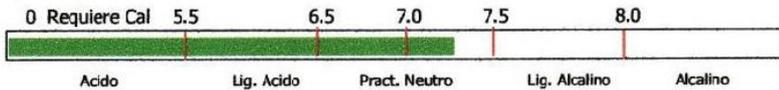
Zn 2.90 ppm
Cu 3.67 ppm
Fe 71.22 ppm
Mn 13.32 ppm



B 0.67 ppm



pH 7.29

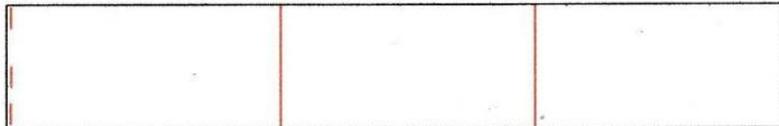


Acidez Int. meq/100ml

(Al + H)

Al meq/100ml

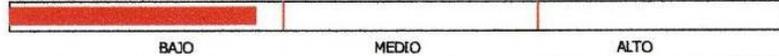
Na meq/100ml



Ce 0.367 mS/cm



MO 2.73 %



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100)	%	ppm	(%)	Clase Textual		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
4.10	4.12	21.04	17.85			47.20	39.20	13.60	FRANCO

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
 Responsable Laboratorio *[Signature]*





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra – Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre: PAUL PEREZ Ciudad: Ibarra Teléfono: 0997490649 Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Ambuquí Sitio: Rancho Chico
DATOS DEL LOTE Sitio: Rancho Chico Superficie: 500 m2 Número de campo: M3 Cultivo Anual: A cultivar:	DATOS DEL LABORATORIO Nro. Reporte: 7018 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo M 3 Fecha de ingreso: 2016-07-11 Fecha de Reporte: 2016-07-13

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACIÓN
N	27.68	ppm	
P	9.46	ppm	
S	3.95	ppm	
K	0.71	meq/100ml	
Ca	14.71	meq/100ml	
Mg	4.37	meq/100ml	
Zn	2.68	ppm	
Cu	2.24	ppm	
Fe	73.19	ppm	
Mn	12.29	ppm	
B	0.75	ppm	
pH	7.12		
Acidez Int. (Al + H)		meq/100ml	
Al		meq/100ml	
Na		meq/100ml	
Ce	0.291	mS/cm	
MO	2.52	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100)	%	ppm	Clase Textual			
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
4.81	4.23	24.61	14.34			51.20	39.00	9.60	FRANCO

Dr. Quim. Edison M. Mijangos
 Responsable Laboratorio





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra – Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre:	PAUL PEREZ	Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Ibarra	Cantón:	Ibarra
Teléfono:	0997490649	Parroquia:	Ambuquí
Fax:		Sitio:	Rancho Chico

DATOS DEL LOTE		DATOS DEL LABORATORIO	
Sitio:	Rancho Chico	Nro. Reporte:	7019
Superficie:	500 m2	Tipo de Análisis:	Completo + T
Número de campo:	M4	Muestra:	Suelo M 4
Cultivo Anual:		Fecha de ingreso:	2016-07-11
A cultivar:		Fecha de Reporte:	2016-07-13

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACIÓN
N	25.31	ppm	
P	5.34	ppm	
S	2.82	ppm	
K	0.78	meq/100ml	
Ca	14.12	meq/100ml	
Mg	4.69	meq/100ml	
Zn	1.76	ppm	
Cu	3.86	ppm	
Fe	69.68	ppm	
Mn	13.22	ppm	
B	0.92	ppm	
pH	7.39		
Acidez Int. (Al + H)		meq/100ml	
Al		meq/100ml	
Na		meq/100ml	
Ce	0.338	mS/cm	
MO	2.41	%	

Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100)	% ppm	[%]			Clase Textual		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
4.10	4.00	21.04	17.85			47.20	39.20	13.80	FRANCO

Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre:	PAUL PEREZ	Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Ibarra	Cantón:	Ibarra
Teléfono:	0997490649	Parroquia:	Ambuquí
Fax:		Sitio:	Rancho Chico

DATOS DEL LOTE		DATOS DEL LABORATORIO	
Sitio:	Rancho Chico	Nro. Reporte:	7020
Superficie:	500 m ²	Tipo de Análisis:	Completo + T
Número de campo:	M5	Muestra:	Suelo M 5
Cultivo Anual:		Fecha de ingreso:	2016-07-11
A cultivar:		Fecha de Reporte:	2016-07-13

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACIÓN
N	26.51	ppm	
P	8.26	ppm	
S	6.36	ppm	
K	1.06	meq/100ml	
Ca	15.30	meq/100ml	
Mg	4.63	meq/100ml	
Zn	2.95	ppm	
Cu	3.48	ppm	
Fe	74.65	ppm	
Mn	14.84	ppm	
B	0.78	ppm	
pH	7.17		
Acidez Int. (Al + H)		meq/100ml	
Al		meq/100ml	
Na		meq/100ml	
Ce	0.420	mS/cm	
MO	2.67	%	

Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100)	%	ppm	Clases Textuales (%)			Clase Textual	
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
3.30	4.37	18.80	20.99			49.20	39.20	11.60	FRANCO

Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio



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

Informe N°: LN-SFA-E16-1296
 Fecha emisión Informe: 19/09/2016

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Edison Paúl Pérez Méndez / Agrocalidad Imbabura
 Dirección: Mira **Teléfono: 0978980204**
Correo Electrónico: epprez@hotmail.com
 Provincia: Carchi **Cantón: Mira** **N° Orden de Trabajo: 10-2016-0026**
N° Factura/Documento: 2629

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Imbabura	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Ibarra		Y: ----
Parroquia: Ambuquí		Altitud: ----
Muestreado por: Paúl Pérez		
Fecha de muestreo: 25-11-2016	Fecha de inicio de análisis: 25-11-2016	
Fecha de recepción de la muestra: 25-11-2016	Fecha de finalización de análisis: 02-12-2016	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-161603	M 1	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,64
SFA-161604	M 2	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,69
SFA-161605	M 3	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,66
SFA-161606	M 4	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,71
SFA-161607	M 5	Densidad Aparente	Gravimétrico	g/ml	1,68

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:


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

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

ANEXO 4. Análisis de suelos después de la aplicación de las técnicas agroecológicas



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre:	PAÚL PEREZ	Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Ibarra	Cantón:	Ibarra
Teléfono:	0978980204	Parroquia:	Ambuqui
Fax:		Sitio:	Rancho Chico
DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio:	Rancho Chico	Nro Reporte.:	7439
Superficie:		Tipo de Análisis:	Completo
Número de Campo:	Parcela 1	Muestra:	Suelo M 1
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso:	2017-01-31
A Cultivar:		Fecha de Reporte:	2017-02-08
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	77.99	ppm	
P	18.68	ppm	
S	13.01	ppm	
K	0.89	meq/100 ml	
Ca	10.65	meq/100 ml	
Mg	2.79	meq/100 ml	
Zn	3.88	ppm	
Cu	7.50	ppm	
Fe	138.6	ppm	
Mn	37.19	ppm	
B	0.98	ppm	
pH	7.03		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.259	mS/cm	
MO	3.15	%	
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%
Mg	K	Sum Bases	NTot
3.82	3.13	15.10	14.33
		ppm	(%)
		Cl	Arena
			Limo
			Arcilla
			Clase Textural

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre:	PAÚL PEREZ	Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Ibarra	Cantón:	Ibarra
Teléfono:	0978980204	Parroquia:	Ambuqui
Fax:		Sitio:	Rancho Chico
DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio:	Rancho Chico	Nro Reporte.:	7440
Superficie:		Tipo de Análisis:	Completo
Número de Campo:	Parcela 2	Muestra:	Suelo M 2
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso:	2017-01-31
A Cultivar:		Fecha de Reporte:	2017-02-08

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	108.65	ppm	
P	28.71	ppm	
S	25.1	ppm	
K	0.72	meq/100 ml	
Ca	10.09	meq/100 ml	
Mg	2.64	meq/100 ml	
Zn	5.20	ppm	
Cu	.77	ppm	
Fe	112.5	ppm	
Mn	58.80	ppm	
B	0.96	ppm	
pH	7.01		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.387	mS/cm	
MO	4.38	%	

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
3.82	3.67	17.68	13.45					

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO

Nombre: PAÚL PEREZ
Ciudad: Ibarra
Teléfono: 0978980204
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD

Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: Ambuqui
Sitio: Rancho Chico

DATOS DEL LOTE

Sitio: Rancho Chico
Superficie:
Número de Campo: Parcela 3
Cultivo Actual:
A Cultivar:

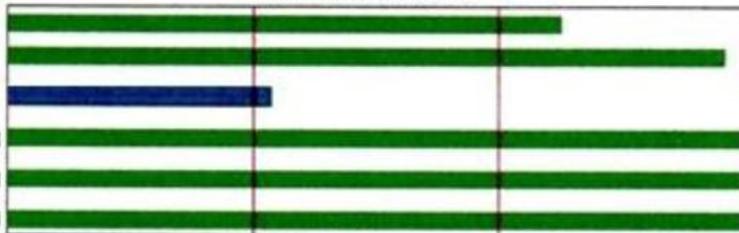
DATOS DE LABORATORIO

Nro Reporte.: 7441
Tipo de Análisis: Completo
Muestra: Suelo M 3
Fecha de Ingreso: 2017-01-31
Fecha de Reporte: 2017-02-08

Nutriente **Valor** **Unidad**

N 67.78 ppm
P 29.25 ppm
S 13.15 ppm
K 0.70 meq/100 ml
Ca 9.40 meq/100 ml
Mg 3.06 meq/100 ml

INTERPRETACION



Zn 5.73 ppm
Cu 6.53 ppm
Fe 138.3 ppm
Mn 32.10 ppm



B 0.95 ppm



pH 6.9

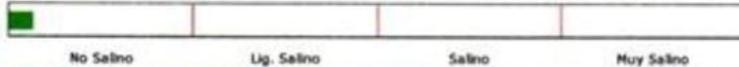


Acidez Int. (Al+H) meq/100 ml

Al meq/100 ml
Na meq/100 ml



Ce 0.266 mS/cm



MO 4.38 %



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural (%)		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
3.07	4.37	17.80	13.16					

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio





LABORIOS NORTE

LABORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO

Nombre: PAÚL PEREZ
Ciudad: Ibarra
Teléfono: 0978980204
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD

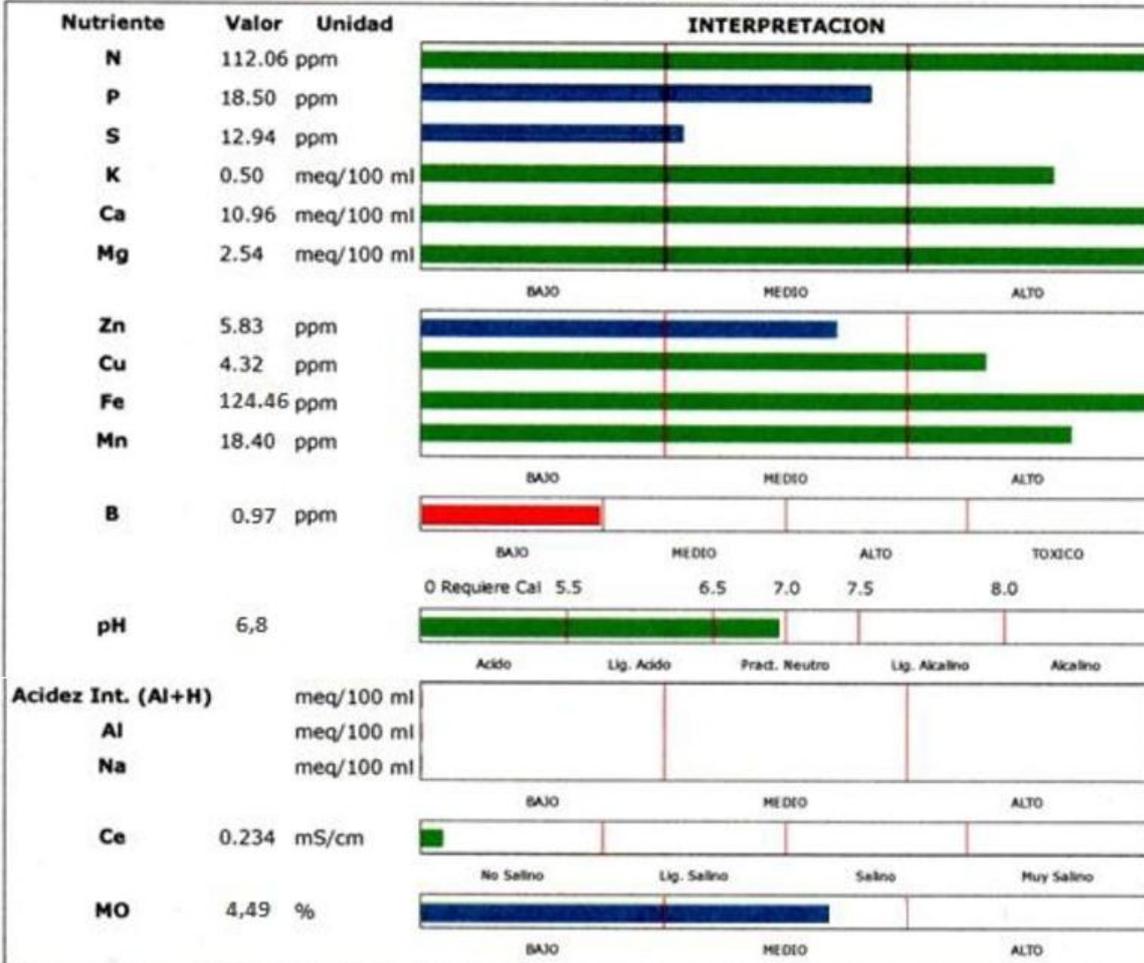
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: Ambuqui
Sitio: Rancho Chico

DATOS DEL LOTE

Sitio: Rancho Chico
Superficie:
Número de Campo: Parcela 4
Cultivo Actual:
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO

Nro Reporte.: 7442
Tipo de Análisis: Completo
Muestra: Suelo M 4
Fecha de Ingreso: 2017-01-31
Fecha de Reporte: 2017-02-08



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
4.31	5.08	27.00	14.00						

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio





LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO

Nombre: PAÚL PEREZ
Ciudad: Ibarra
Teléfono: 0978980204
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD

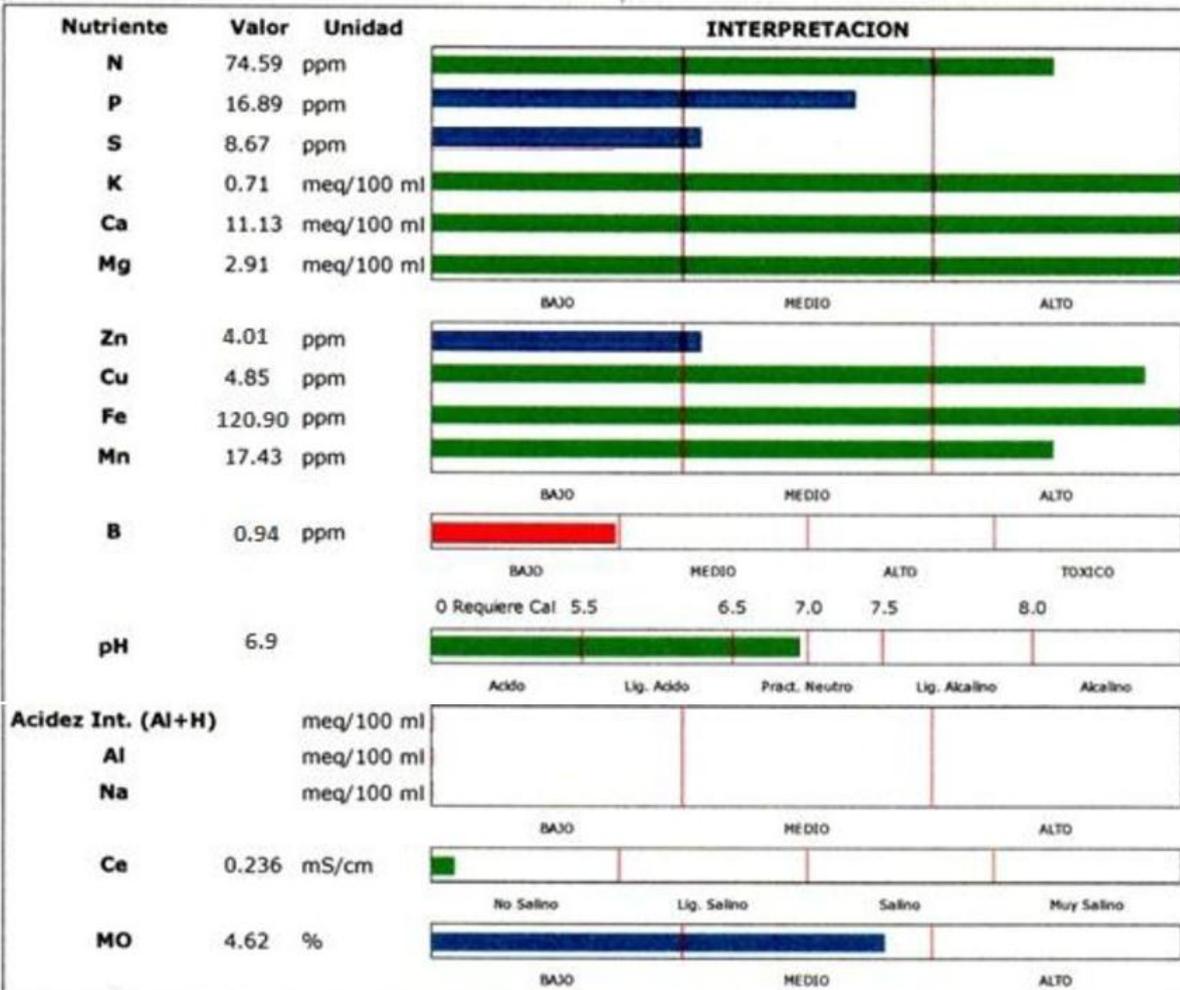
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: Ambuqui
Sitio: Rancho Chico

DATOS DEL LOTE

Sitio: Rancho Chico
Superficie:
Número de Campo: Parcela 5
Cultivo Actual:
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO

Nro Reporte.: 7443
Tipo de Análisis: Completo
Muestra: Suelo M 5
Fecha de Ingreso: 2017-01-31
Fecha de Reporte: 2017-02-08



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural	
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
3.82	4.10	19.77	14.75					

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio



ANEXO 5. Socialización de la Guía para el mejoramiento de calidad productiva de los suelos agrícolas de la Zona de Cochapamba



Fotografía 6: Socialización con el presidente de la Unión de Organizaciones Campesinas Cochapamba (UOCC)



Fotografía 7: Socialización con los presidentes de las comunidades que pertenecen a la UOCC



Fotografía 8: Entrega de la guía a los agricultores de la zona



Fotografía 9: Explicación de la guía a los agricultores de la zona



Fotografía 10: Aclarando las dudas sobre la Guía a un agricultor de la zona



Fotografía 11: Explicación de la guía a técnicos de la Prefectura de Imbabura

ANEXO 6. Lista de asistentes a la socialización de la Guía para el mejoramiento de calidad productiva de los suelos agrícolas de la Zona de Cochapamba.



REGISTRO DE ASISTENTES A LA SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DEL PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE SUELOS EN LA ZONA DE COCHAPAMBA

Nº	NOMBRES	FIRMAS
1	Loredes González de Armas	<i>[Signature]</i>
2	Hernán Cordera	<i>[Signature]</i>
3	Yoon Miguél Cordera	<i>[Signature]</i>
4	Daniel López	<i>[Signature]</i>
5	Rafael Arellano	<i>[Signature]</i>
6	Patricio Flores	<i>[Signature]</i>
7	Luz María Tupperes	<i>[Signature]</i>
8	Salvadora Lechón	
9	Juanes Kevin	<i>[Signature]</i>
10	Luis Sánchez	<i>[Signature]</i>
11	Cesar Quilumba	<i>[Signature]</i>
12	Luis Arango	<i>[Signature]</i>
13	Agustín Tupperes	<i>[Signature]</i>
14	Rafael Quilumba	<i>[Signature]</i>
15	Daniel Quilumba	<i>[Signature]</i>
16	Edgar Ruiz	<i>[Signature]</i>

Nº	NOMBRES	FIRMAS
17	Manuel Castro	Manuel Castro
18	J Luis Alejandro Arrango	J Luis Alejandro Arrango
19	Jana Wilfredo	Jana Wilfredo
20	Linda Serrano	Linda Serrano
21	Fabian Arrango	Fabian Arrango
22	Miguel Cortez	Miguel Cortez
23	Manuel y su familia	Manuel y su familia
24	Cesar Herrera	Cesar Herrera
25	Manuel Enriquez	José Manuel E
26	Yoime Sanchez	Yoime Sanchez
27	Margarita Pineda	Margarita Pineda
28	Luis Ewald Lema	Luis Ewald Lema
29	Alberto Lanza	Alberto Lanza
30	Marisol Arrango	Marisol Arrango
31	Jorge Quiñambo	Jorge Quiñambo
32	Agustin Perez	