

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EX COCALES
POR PROCESOS NATURALES EN PERIODOS DE ABANDONO
EN 5, 10, 15, 20 AÑOS EN EL DISTRITO DE
MARIANO DÁMASO BERAUN-2018

Tesis para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

SOLSOL RAMIREZ EVELYN

Tingo María – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de Febrero de 2019, a horas 10:10 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EX COCALES POR PROCESOS NATURALES EN PERIODOS DE ABANDONO EN 5, 10, 15, 20 AÑOS EN EL DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAUN - 2018”

Presentado por la Bachiller **EVELYN SOLSOL RAMIREZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara APROBADA con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 21 de Marzo el 2019


Blgo. MSc. **JOSE KALION GUERRA LU**
PRESIDENTE


Ing. MSc. **JOSE LÉVANO CRISÓSTOMO**
VOCAL


Ing. MSc. **VICTOR M. BETETA ALVARADO**
VOCAL


Ing. MSc. **NELINO FLORIDA ROFNER**
ASESOR


Ing. MSc. **MOISES MARIO YAROS PARDO**
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**LA RECUPERCIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EX COCALES POR
PROCESOS NATURALES EN PERIODOS DE ABANDONO E 5, 10, 15, 20
AÑOS EN EL DISTRITO DEMARIANO DÁMASO BERAUN-2018.**

Autor	: EVELYN SOLSOL RAMIREZ
Asesores	: Ing. MSc. NELINO FLORIDA ROFNER Ing. MSc. MOISES MARIO YAROS PARDO
Programa de Investigación	: Ciencia y tecnologías ambientales
Línea (s) de investigación	: Biorremediación y recuperación de ambientes degradados
Eje Temático de Investigación	: recuperación de suelos
Lugar de Ejecución	: Mariano Dámaso Beraún
Duración	Fecha de Inicio : (05-02-2018) Termino : (05-07-2018)
Financiamiento	: 6300 SOLES
	FEDU : NO
	Propio : SI
	Otros : NO

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la sabiduría,
por la familia y los amigos, por el apoyo
incondicional en el transcurso de mi
vida, y hoy espiritualmente me llena de
fortaleza y esperanza.

Con mucho amor a mis queridos
padres Reynaldo, SOLSOL PEREZ y
Eva, RAMIREZ VELA quienes siempre
me brindaron su apoyo incondicional
en mi formación personal, espiritual y
profesional.

A mis queridos hermanos: Eva
SOLSOL RAMIREZ, Enzo SOLSOL
RAMIREZ; por el amor y apoyo
incondicional.

A mis adorados suegros Mario YAROS
VALDERRAMA, Maritza PARDO
CASTRO y mi abuelito Eulogio PARDO
BETETA por su apoyo incondicional y
por estar presente cada instante de mi
vida, quedarán guardados en el infinito
recuerdo.

AGRADECIMIENTO

- A Dios Padre por su protección y la fortaleza física y mental que me brindó en mi vida cotidiana, al guiarme por el buen camino durante mi formación profesional.
- A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por brindarme la oportunidad de forjarme como profesional.
- A mis asesores: Ing. MSc. Nelino FLORIDA ROFNER, Ing. MSc. Moisés Mario YAROS PARDO patrocinador de la presente investigación.
- A los miembros de jurado de tesis: Blgo. MSc. GUERRA LU José Kalion, Ing. MSc. José Dolores LEVANO CRISOSTOMO, Ing. MSc. BETETA ALVARADO, Víctor, por los aportes brindados a la presente investigación.
- A mi esposo Moisés Mario YAROS PARDO por ser una de las personas más importante de mi vida y que siempre estuvo a mi lado apoyándome día a día en este trabajo de investigación.
- A mi hijo Gareth Mateo YAROS SOLSOL por ser el gran motor y motivo, mis fuerzas, mi inspiración para lograr y alcanzar todas mis metas.
- A mi tía Teresa PARDO CASTRO, mis cuñados Aarón Lucas YAROS PARDO, María Karla YAROS PARDO, por el amor y la solidaridad que me brindaron durante todo el tiempo de mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El suelo.....	3
2.2. Degradacion del suelo	3
2.3. Calidad del suelo	4
2.4. Indicadores de la calidad del suelo.....	4
2.4.1. Indicadores físicos.....	5
2.4.2. Indicadores químicos	8
2.5. Sistema de uso de suelo	16
2.5.1. Ex cocal.....	16
2.5.1. Coca.....	16
2.6. Uso intensivo y el cambio de las propiedades de los suelos	17
2.7. Subíndice de uso sustentable de suelo	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Ubicacion del lugar de estudio.....	22
3.1.1. Ubicación geográfica (coordenadas UTM)	22
3.1.2. Zona de vida.....	22
3.1.3. Clima	23
3.1.4. Hidrografía.....	23
3.1.5. Relieve	23
3.1.6. Accesibilidad	2

3.2. Actividades socioeconomicas	24
3.2.1. Población según sexo	24
3.2.2. PEA por ramas de actividad.....	25
3.2.3. Producción agrícola.....	26
3.3. Materiales y equipos.....	26
3.3.1. Materiales de campo	26
3.3.2. Materiales de laboratorio.....	26
3.3.3. Equipos de campo.....	27
3.3.4. Equipos de laboratorio	27
3.4. Metodología	27
3.4.1. Fase de pre campo	27
3.4.2. Fase de campo.....	28
3.4.3. Fase gabinete.....	31
IV. RESULTADOS	35
4.1. Determinación de los indicadores físicos del suelo.....	35
4.1.1. Textura	35
4.1.2. Densidad aparente y velocidad de infiltración del suelo	38
4.1.3. Temperatura del suelo y resistencia a la penetración	41
4.2. Determinación de los indicadores químicos del suelo	44
4.2.1. pH del suelo y fósforo disponible.....	44
4.2.2. Materia orgánica y nitrógeno total del suelo	46
4.2.3. Potasio, calcio y magnesio intercambiable.....	48

4.3. Determinacion de la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)	53
V. DISCUSIÓN	56
5.1. De las propiedades físicas.....	56
5.2. De las propiedades químicas.....	58
5.3. Del sub índice de uso sustentable SUSS	60
VI. CONCLUSIONES	62
VII. RECOMENDACIONES.....	63
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
IX. ANEXO	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Propiedades físicas indicadores de la calidad del suelo.....	5
2. Clasificación de la distribución de los diámetros de partículas.....	6
3. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.....	7
4. Propiedades químicas indicadores de la calidad del suelo.....	8
5. Rangos interpretativos para el pH (relación 2:1).....	9
6. Rangos interpretativos para el contenido de materia orgánica %.....	10
7. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.....	11
8. Rangos interpretativos para el fósforo total.....	12
9. Rangos interpretativos para potasio (K ⁺) intercambiable.....	13
10. Rangos interpretativos para calcio (Ca ²⁺) intercambiable.....	13
11. Rangos interpretativos para magnesio (Mg ²⁺) intercambiable.....	14
12. Rangos interpretativos para el CIC.....	15
13. Rangos interpretativos para la conductividad eléctrica.....	15
14. Transformación que puede provocar el hombre por influencia del cambio de uso de los suelos y su explota intensiva.....	18
15. Distribución de la población según sexo.....	24
16. Distribución del PEA por actividades.....	25
17. Determinación de los parámetros físicos del suelo.....	30
18. Indicadores químicos a evaluar.....	30

19. Parámetros edáficos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para evaluar el estado actual del suelo.	33
20. Rangos interpretativos del SUSS	34
21. Textura de suelo del caserío Bella a los 5,10, 15, 20 años.....	35
22. Textura de suelo del caserío Inti a los 5, 10, 15, 20 años.....	36
23. Textura de suelo del caserío Bella Alta Inti a los 5, 10, 15, 20 años.....	37
24. Textura de suelo del caserío Río Oro a los 5, 10, 15, 20 años	37
25. Textura de suelo del caserío Río Tigre a los 5, 10, 15, 20 años	38
26. Densidad aparente y velocidad de infiltración en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años	39
27. Temperatura y resistencia a la penetración en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años	42
28. pH y fósforo disponible en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.....	45
29. Materia orgánica y nitrógeno total en el suelo en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años	47
30. Potasio, calcio y magnesio intercambiable en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años	49
31. Capacidad de intercambio catiónico en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.....	52
32. Subíndice de uso sustentable del suelo y clasificación de la calidad en los cinco caseríos de estudio de estudio en 5, 10, 15, 20 años	54
33. Datos de los indicadores físicos del suelo	71
34. Datos de los indicadores químicos del suelo	72

35. Normalización de indicadores fisicoquímicos para el cálculo del SUSS de los cinco caserios en 5, 10, 15, 20 años.....	74
36. Datos del subíndice de uso sustentable del suelo y clasificación de la calidad de los cinco caserios en 5, 10, 15, 20 años.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Densidad aparente en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	40
2. Velocidad de infiltración en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años	41
3. Temperatura en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años	43
4. Resistencia a la penetración en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años	44
5. pH en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años	46
6. Fosforo disponible en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	46
7. Materia orgánica en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años	48
8. Nitrógeno total en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	48
9. Potasio intercambiable en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	50
10. Calcio intercambiable en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	50
11. Magnesio intercambiable en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años	51
12. Capacidad de intercambio catiónico en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	53
13. Subíndice de uso sustentable del suelo en los cinco caserios de 5, 10, 15, 20 años.....	55
14. Entrada principal al caserío de Rio Oro	76
15. Medición de temperatura en el caserío de Bella en 15 años	76
16. Medición de la resistencia a la penetración de Bella en 20 años.....	77
17. Toma de muestra en el caserío de Inti en 15 años.....	77
18. Toma de muestra en el caserío de Rio Oro en 5 años	78
19. Muestreo para densidad aparente en el caserío de Rio Oro en 5 años....	78

20.	Toma de muestra en el caserío de Río Tigré en 15 años	79
21.	Medición de temperatura en el caserío de Río Tigré en 15 años.....	79
22.	Selección de muestras para el análisis físicoquímicos	80
23.	Medición de la densidad aparente del suelo.....	80
24.	Análisis físicoquímico del suelo 1	81
25.	Análisis físicoquímico del suelo 2	82
26.	Plano de ubicación de la zona de estudio	83
27.	Plano de ubicación de las 20 muestras en 5, 10, 15, 20 años.....	84

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la recuperación de los suelos degradados ex cicales por procesos naturales en periodos de abandono de 5, 10, 15, 20 años en el distrito de Mariano Dámaso Beraún, Leoncio Prado-Huánuco. Se seleccionó 5 caseríos y en cada uno de ellos, 4 sistema ex cocal, con periodos de 5, 10, 15, 20 años de abandono haciendo un total 20 muestras; evaluándose las propiedades físicas, químicas y la calidad del suelo a través del sub índice de uso sustentable del suelo (SUSS), propuesta por SAGARPA (2012). Los resultados de los indicadores físicos muestran una fuerte tendencia de aumento con respecto a la velocidad de infiltración y una clara tendencia de disminución con respecto a la densidad aparente, temperatura y a la resistencia a la penetración, en los indicadores químicos no existe una tendencia sobre el nivel de p, todos presentan un pH fuertemente ácido, contenidos bajo en fosforo, y una tendencia en materia orgánica de medio a muy bajo al igual que el nitrógeno y la capacidad de intercambio de catines CIC, todos oscilan de bajo a muy bajo durante los 5, 10, 15, 20 años. Asimismo, la calidad del suelo a través del SUSS muestra un incremento a medida que el periodo de regeneración aumenta, permaneciendo en el mismo rango de calidad. Se concluye que la calidad del suelo aumenta con el tiempo de regeneración natural, mostrando los mejores resultados el sistema ex coca con 20 años de abandono.

Palabras clave: SUSS, indicador físico-químico, calidad de suelo.

I. INTRODUCCION

El Perú es un país pobre en buenos suelos, a pesar de su gran extensión, de las 128,521560 ha del país, sólo 25,525000 ha (19,86%) son aptas para la agricultura y la ganadería. Los suelos del Alto Huallaga presentan una fertilidad de media a pobre, originada por el mal manejo de los cultivos, uno de ellos es la coca y sus productos derivados han afectado las zonas de vida más frágiles de nuestra Amazonia. Los síntomas de estas alteraciones se reflejan en la baja productividad de los cultivos lícitos; disminución por área en la oferta de alimentos y materias primas; degradación y pérdida de fertilidad del suelo deterioro de la vegetación; intervención en Áreas Naturales Protegidas; violencia social.

Los suelos son la base de las actividades agrícolas y del desarrollo natural de las plantas. Sin embargo, los inventarios de la capacidad productiva de los suelos indican la degradación inducida por el hombre es casi el 40% de las tierras agrícolas del mundo como resultado de la erosión del suelo y la contaminación atmosférica.

Es por ello que el avance de nuevos sistemas conservacionistas de manejo de suelo está predestinado a la protección de ese recurso para el mejoramiento del mismo, los sistemas son prácticas sencillas, económicas,

orientadas al manejo del suelo y de los cultivos con la finalidad de reducir los riesgos de erosión y de mejorar la capacidad productiva del suelo, por ello se vio conveniente desarrollar esta investigación y teniendo como problema principal ¿Cómo se dará la recuperación de los suelos degradados ex cicales por procesos naturales en periodos de abandono en 5, 10, 15, 20 años en el distrito de Mariano Dámaso Beraún 2018?

1.1. Objetivo general

- Evaluar la recuperación de los suelos degradados ex cicales por procesos naturales en periodos de abandono de 5, 10, 15, 20 años en el distrito de Mariano Dámaso Beraún.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la recuperación natural a través de los parámetros físicos de suelos degradados ex cicales en periodo de abandono de 5, 10, 15, 20 años: densidad aparente, textura, resistencia a la penetración, infiltración, temperatura.
- Evaluar la recuperación natural a través de los parámetros químicos de suelos degradados ex cicales en periodo de abandono de 5, 10, 15, 20 años: pH, materia orgánica, nitrógeno total, fosforo, capacidad de intercambio catiónico y potasio, calcio, magnesio intercambiable.
- Determinar la calidad del suelo aplicando el Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

Físicamente los suelos son una mezcla porosa inorgánica, materia orgánica, aire y agua. El agricultor desde luego tiene una definición más práctica de los suelos y los considera como el medio en que crecen los cultivos. Por otra parte el ingeniero civil define a los suelos como los materiales que sostienen edificios y caminos (FOTH, 1985).

Según HENRÍQUEZ (1999), los suelos son sistemas dinámicos en los cuales ocurren cambios y transformaciones producto de interacciones de procesos físicos, químicos y biológicos; estos procesos ocurren en forma simultánea y producen al final un sustrato el cual brinda nutrientes, agua y sostén a las plantas y otros organismos.

2.2. Degradación del suelo

LAL y STEWAR (1990) La degradación del suelo es el descenso de la calidad del mismo; debido a su mal uso por los seres humanos. En este sentido se entiende la pérdida de calidad de los suelos, como el descenso de su productividad a través de los cambios adversos en el estado de nutrientes y de

materia orgánica, pérdida de los atributos estructurales de los suelos y concentración de electrolitos y productos tóxicos que perjudican el desarrollo de la cobertura vegetal.

2.3. Calidad del suelo

JIMÉNEZ y GONZÁLEZ (2006) mencionan que la calidad se presenta como la herramienta ideal para identificar o conocer en qué estado de degradación funciona el suelo en un momento dado, así como que medidas son necesarias para un mejor funcionamiento, ya que proporciona información sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo y que la utilización de índices son indicadores tempranos y eficientes de cambios en la calidad del suelo dados por el sistema de producción.

Funcionalmente la calidad del suelo es la capacidad para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas y para que el ecosistema interaccione positivamente con el medioambiente externo, sugiriendo maneras para evaluar los cambios de calidad debidos a las prácticas de gestión de los suelos (LARSON y PIERCE, 1991)

2.4. Indicadores de calidad del suelo

Los indicadores de calidad del suelo se refieren a las propiedades del suelo medibles que influyen en la capacidad de realizar funciones de producción agrícola o medioambiental Arshad, (2002), citado por JIMÉNEZ y

GONZÁLEZ (2006). La identificación de indicadores apropiados para evaluar la calidad de los suelos, dependen de la habilidad de algunas aproximaciones para considerar los múltiples componentes de la calidad del suelo (funciones de los suelos) en particular la productividad y el buen estado del medio ambiente (DORAN y PARKIN, 1994).

Por lo tanto la calidad del suelo ha sido un problema arduo, mayor problema lo supone la identificación de indicadores y de aproximaciones de evaluación, como consecuencia de la multitud de factores físicos, químicos y biológicos que controlan los procesos biogeoquímicos, así como la variación en el espacio y el tiempo (SAGARPA, 2012).

2.4.1. Indicadores físicos

Las propiedades físicas relacionadas a la calidad del suelo de uso agrícola se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Propiedades físicas indicadores de la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte y erosividad; agua disponible.

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.1.1. Textura

La textura de los suelos se refiere a la proporción relativa de arena (a), limo (l) y arcilla (a) que existe en los suelos; esta categorización está referida a las partículas menores de 2 mm (HENRÍQUEZ, 1999).

Esta propiedad adquiere gran importancia, ya que determina la facilidad de abastecimiento de nutrientes, de agua y el aire, tan importantes para el desarrollo de los cultivos. Dado que es una propiedad que no puede alterarse se le ha considerado como la propiedad fundamental del suelo que determina en cierto grado su valor económico (PRITCHETT, 1990).

Cuadro 2. Clasificación de la distribución de los diámetros de partículas

Fracción del suelo	Diámetros límites (mm)
Arena muy gruesa	2.00 a 1.00
Arena gruesa	1.00 a 0.50
Arena media	0.50 a 0.25
Arena muy fina	0.25 a 0.10
Limos	0.05 a 0.002
Arcilla	Menor de 0.002

Fuente: ORTIZ (1990).

2.4.1.2. Densidad aparente

La densidad aparente de los suelos la constituye el peso de una unidad de volumen de suelo seco con una estructura natural (CAIRO, 1995). Es una propiedad que está estrechamente ligada con la compactación, la porosidad,

la circulación del agua y aire en el suelo; por tanto, ésta es de gran interés para el desarrollo de los cultivos (PRITCHETT, 1990).

DORAN y PARKIN (1996) de esta forma, la densidad aparente puede servir como un indicador de la compactación del suelo y de las restricciones relativas al crecimiento de las raíces. De forma indirecta influye en el ritmo de infiltración de los suelos y por tanto en la emocionalidad de los mismos. En el Cuadro 3 se presentan los rangos interpretativos para la densidad aparente, y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Cuadro 3. Rangos interpretativos para densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Textura	Ideal (g cm-3)	Aceptable (g cm-3)	Puede afectar el crecimiento radicular (g cm- 3)	Restringe el crecimiento radicular (g cm-3)
Arena, areno- franco	Dap < 1.6	1.6 ≤ Dap <1.69	1.69 ≤ Dap <1.80	Dap >1.80
Franco-arenosa, franco	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.63	1.63 ≤ Dap <1.80	Dap >1.80
Franco-arcilla- arenosa, franco- arcillosa	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.60	1.60 ≤ Dap <1.75	Dap >1.70
Limosa	Dap < 1.3	1.3 ≤ Dap <1.60	1.60 ≤ Dap <1.75	Dap >1.75
Franco-limosa, franco-arcillo- limosa	Dap < 1.4	1.4 ≤ Dap <1.55	1.55 ≤ Dap <1.65	Dap >1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	Dap < 1.1	1.1 ≤ Dap <1.39	1.39 ≤ Dap <1.58	Dap >1.58
Arcillosa (>45% arcilla)	Dap < 1.1	1.1 ≤ Dap <1.39	1.39 ≤ Dap <1.47	Dap >1.47

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.1.3. Temperatura del suelo

La energía solar que llega al suelo o sea de la luz incidente que recibe una planta, un tercio es reflejado hacia la atmosfera. La energía que no es reflejada depende de la variedad del suelo y de la vegetación (cobertura, pendiente, color del suelo, etc.) el 5% es usado en la fotosíntesis, mientras que el 80% es usado para evaporar agua y una pequeña cantidad es usada para calentar el suelo. El grado de calentamiento que sufre un suelo por unidad de energía se identifica como capacidad calórica específica (CCE) de un suelo (SAGARDOY y MANDOLES, 2005).

2.4.2. Indicadores químicos

Los indicadores para evaluar la calidad química consideran las condiciones que afectan la relación suelo - planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos.

Cuadro 4. Propiedades químicas indicadores de la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo
Materia orgánica (N y C Total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión
Ph	Define la actividad química y biológica
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.1. Potencial de hidrogeno (pH)

El pH es el logaritmo negativo de la actividad de H^+ , que afecta directamente la solubilidad, disponibilidad y absorción de los nutrientes necesarios para el crecimiento, desarrollo vegetal, procesos biológicos y actividad microbiana. Entre los elementos que más afecta el pH se encuentran el P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} , el porcentaje de saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico (SÁNCHEZ, 2007).

El pH puede variar en función del material original, la vegetación, el clima, la topografía, la estación del año, los cultivos y las prácticas de gestión de suelos, el uso de fertilizantes amoniacales, la materia orgánica, la actividad biológica, etc. La mayoría de suelos bajo bosques húmedos y sub húmedos hasta zonas de matorral semiárido tienen valores de pH comprendidos entre 4.0 y 8.0; los valores por encima y debajo de este rango son generalmente debidos a un exceso de sales de Ca y Na o iones H^+ y Al^{3+} respectivamente en la solución del suelo (DORAN y PARKIN, 1996).

Cuadro 5. Rangos interpretativos para el pH (relación 2:1)

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	$pH < 5.0$
Moderadamente ácido	$5.0 \leq pH < 6.5$
Neutro	$6.5 \leq pH < 7.3$
Medianamente alcalino	$7.3 \leq pH < 8.5$
Fuertemente alcalino	$pH \geq 8.5$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.2. Materia orgánica

La materia orgánica es un conjunto complejo de sustancias constituidas por restos vegetales y animales, que están sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis normalmente se presentan en cantidades muy inferiores a la fracción mineral; su papel es tan importante o mayor para la evolución y propiedades de los suelos (SAGARPA, 2012).

La materia favorece la infiltración del agua y la aireación del suelo, promueve la retención del agua, reduce la erosión y controla el destino de los pesticidas aplicados. (GREGORICH, 1991). Actúa como un almacén de nutrientes de plantas y de carbono, que son liberados lentamente y ayuda a la solubilización de dichos nutrientes a partir de minerales insolubles presentes en el suelo. El incremento en materia orgánica de los suelos conduce además a una mayor y más variada población microbiana incrementando, de este modo el control biológico de enfermedades y plagas de la cobertura vegetal, la materia orgánica influye además en la erosión hídrica y en la conservación de agua de los suelos (STEVENSON, 1994).

Cuadro 6. Rangos interpretativos para el contenido de materia orgánica (%)

Clasificación	% MO
Muy bajo	$MO < 0.5$
Bajo	$0.5 \leq MO < 1.5$
Medio	$1.5 \leq MO < 3.5$
Alto	$3.5 \leq MO < 6.0$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.3. Nitrógeno total

La fuente principal de N es la atmósfera, donde es el gas predominante. Este N atmosférico se hace disponible para las plantas a través del proceso de fijación biológica efectuada por ciertos microorganismos. La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra formando compuestos orgánicos quedando disponible para las plantas través del proceso de mineralización. Las reservas de N en el suelo están constituidas por materia orgánica de descomposición rápida, compuestos húmicos de mineralización más lenta y una pequeña fracción se encuentra en combinaciones inorgánicas como NH_4^+ y NO_3^- (SÁNCHEZ, 2007).

En la mayoría de los suelos y en el horizonte superficial, más del 90 % del N se encuentra en formas orgánicas y el resto como NH_4^+ retenido por las arcillas. La fracción disponible para las plantas son la forma aniónica (NO_3^-) y catiónica NH_4^+ y su contenido es menor al 10 % del total. El NO_3^- es la principal forma de absorción por las plantas, es muy móvil, fácil de lavarse con el agua de lluvia (SAGARPA, 2012).

Cuadro 7. Rangos interpretativos para el nitrógeno total

Clasificación	% N total
Muy bajo	$N < 0.05$
Bajo	$0.05 \leq N < 0.10$
Medio	$0.10 \leq N < 0.15$
Alto	$0.15 \leq N < 0.25$
Muy alto	$N \geq 0.25$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.4. Fósforo total

El fósforo es relativamente estable en los suelos; éste no presenta compuestos inorgánicos que puedan ser volatilizados y lixiviados. Esta alta estabilidad resulta de una baja solubilidad, que a veces causa deficiencia de la disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo. El contenido de fósforo total en los suelos parece estar ligado con el contenido de materia orgánica y con su evolución pedológica (FASSBENDER, 1984).

Cuadro 8. Rangos interpretativos para el fósforo total

Clase	P (mg·kg ⁻¹)
Bajo	$P < 5.5$
Medio	$5.5 \leq P < 11$
Alto	$P \geq 11$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.5. Potasio intercambiable

La distribución del potasio en los suelos a escala mundial, sigue un esquema geomorfológico relacionado a la presencia y meteorización de feldespatos y micas en los materiales parentales. Los suelos arenosos formados a partir de rocas pobres en feldespato o micas serán pobres en potasio; los suelos arcillosos formados a partir de rocas ricas en minerales feldespatos y micáceos resultan ricos en potasio

El potasio que contiene la solución del suelo representa una fracción muy pequeña de potasio total (FASSBENDER, 1984).

Cuadro 9. Rangos interpretativos para potasio (K^+) intercambiable

Clase	K ($Cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$)
Muy bajo	$K < 0.2$
Bajo	$0.2 \leq K < 0.3$
Medio	$0.3 \leq K < 0.6$
Alto	$K \geq 0.6$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.6. Calcio intercambiable

SAGARPA (2012) indica que entre los cationes intercambiables están relacionados directamente con cambios en la degradación del suelo por el fenómeno de salinización, se encuentra el calcio. Este es un elemento relativamente abundante particularmente en suelos de regiones semiáridas. Sin embargo, suele estar presente en formas químicas de baja solubilidad, por lo que su disponibilidad en la solución del suelo resulta ser baja.

Cuadro 10. Rangos interpretativos para calcio (Ca^{2+}) intercambiable

Clase	Ca ($Cmol^{(+)} kg^{-1}$)
Muy bajo	$Ca < 2$
Bajo	$2 \leq Ca < 5$
Medio	$5 \leq Ca < 10$
Alta	$Ca \geq 10$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.7. Magnesio intercambiable

SAGARPA (2012) indica que este elemento resulta de particular interés dado que forma parte de la molécula de clorofila, por lo que está asociado a la fotosíntesis. Resulta muy común encontrar deficiencias de Mg en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Cuadro 11. Rangos interpretativos para Magnesio (Mg^{2+}) intercambiable.

Clase	Mg ($Cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$) Muy baja
Muy bajo	$Mg < 0.5$
Bajo	$0.5 \leq Mg < 1.3$
Medio	$1.3 \leq Mg < 3.0$
Alta	$Mg \geq 3.0$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.8. Capacidad de intercambio catiónico

Se entiende por intercambio catiónico los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas de suelos adsorben iones de la fase acuosa y desadsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases (FASSBENDER, 1975).

La capacidad de intercambio catiónico está relacionada con una mejora de la estructura de los suelos, la cual favorece la aireación, retención de agua, actividad microbiana y la fertilidad del suelo. En el Cuadro 12, se presentan los rangos interpretativos para la CIC (SAGARPA, 2012).

Cuadro 12. Rangos interpretativos para la CIC.

Clase	CIC (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy Alta	CIC ≥ 40
Alta	25 ≤ CIC < 40
Medio	15 ≤ CIC < 25 Baja
Baja	5 ≤ CIC < 15
Muy baja	CIC < 5

Fuente: SAGARPA (2012).

2.4.2.9. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) de una suspensión suelo-agua indica la cantidad de sales presentes en el suelo. Todos los suelos contienen algo de sales, las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, un exceso de sales inhibe el crecimiento de las plantas al afectar el equilibrio suelo-agua. Define la actividad vegetal y microbiana, estima la salinización de los suelos y el grado de erosión. Los iones generalmente asociados con salinidad son los cationes Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ y H⁺. Entre los aniones están los iones NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻ y OH⁻ (DORAN y PARKIN, 1996).

Cuadro 13. Rangos interpretativos para la Conductividad eléctrica

CE (dS·m ⁻¹) a 25°C	Efectos sobre el suelo
CE < 1.0	Efectos despreciables de la salinidad
1.0 ≤ CE < 2.0	Suelo muy ligeramente salino
2.0 ≤ CE < 4.0	Suelo moderadamente salino
4.0 ≤ CE < 8.0	Suelo salino
8.0 ≤ CE < 16	Suelo fuertemente salino
CE ≥ 16	Suelo muy fuertemente salino

Fuente: SAGARPA (2012).

2.5. Sistema de uso de suelo

2.5.1. Ex cocal

Los suelos ex cicales son aquellos que han sido abandonados en algunos casos por más de una década y en la actualidad se han instalados nuevos sistemas de uso. Sin embargo todas estas áreas han sufrido un proceso de pérdida de material superficial, pérdida de nutrientes y pérdida de su estructura original debido a la acción humana y al tipo de suelo que tenemos en la jurisdicción, generalmente estos cultivos son instalados en suelos inceptisoles con una epipedón de estructura granular o migajosa y un endopedón con estructura sub angular que ofrece resistencia a la infiltración del agua y es el que acelera la pérdida de las partículas y los agregados en el epipedón.

En consecuencia se genera la degradación del suelo por la pérdida del epipedón, los agregados son destruidos, transportados y dispuesto en otros sitios, fenómeno que ocurre normalmente y de manera continua; sin embargo, estos suelos bien tratados, podrían continuarse usando por mucho tiempo y con rendimientos aceptables (BIBLIOTECA DE CAMPO, 2002).

2.5.2. Coca

El nombre de coca deriva del aymara “kkooka” que significa planta divina, es nativa del Perú y ha sido cultivada desde tiempos muy remotos (2100 AC). Las condiciones idóneas para esta planta son los valles calientes y

húmedos de la vertiente oriental de la cordillera de los andes, entre 600 y 2000 metros de altitud con una temperatura media de 20 °C y una humedad de 90% (MACHADO, 1972).

Pese a los esfuerzos actuales por el estado en el control de la producción de la hoja de coca, es un cultivo que aún sigue vigente y a diario se instalan nuevos espacios para este fin. La técnica que se aplica en la instalación es uno de los factores clave en su nocividad en la degradación del suelo, la instalación a favor de la pendiente, el control de malezas con herbicidas y la extracción de los residuos vegetales del área, la alta pluviometría y el tipo de suelo inceptisol con epipedón granular y una geomorfología de lomas y colinas y en algunos casos de montañas bajas. Son las causas que en conjunto tienen un efecto devastador en el suelo, que nos lleva en pocos años de uso a tener un suelo fuertemente ácido, con niveles muy bajos en materia orgánica y una acidez cambiante con una saturación de aluminio superiores a 50% (URRELO, 1997).

2.6. Uso intensivo y el cambio de las propiedades de los suelos

HERNANDEZ et al. (2006) menciona que el uso intensivo de los suelos ha conllevado a cambios globales, que afectan la capacidad productiva del suelo a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos posibles en la agricultura, la escorrentía, evaporación, calidad de las aguas freáticas. Directa o indirectamente tales cambios tienen un efecto sustancial sobre las condiciones climáticas globales, las que a su vez influyen en los suelos. En las regiones tropicales los procesos de transformación de las propiedades de los

suelos por el cambio del uso de la tierra y su posterior explotación agrícola intensiva conlleva a los cambios que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 14. Transformación que puede provocar el hombre por influencia del cambio de uso de los suelos y su explotación intensiva.

Acción antropogénica	Transformaciones
1. Deforestación	1. Cambio de los ciclos biológicos, hídricos y térmicos del suelo 2. En sus suelos de laderas hay pérdidas iniciales d suelo
2. Cultivo	1. En pocos años ocurre la mineralización de la materia orgánica del suelo (MOS) 2. En suelos de laderas se provoca el proceso erosivo.
3. Intensificación de las labores agrícolas	1. Continua la disminución del contenido de MOS 2. Deterioro de la estructura y microestructura del suelo 3. Aumento del factor de dispersión y de la densidad aparente del suelo
4. Aplicación intensiva de fertilizantes y pesticidas	1. Continua la disminución del contenido de MOS 2. Sigue el proceso de la destrucción agrotécnica del suelo 3. Afectación de la microflora edáfica
5. Uso intensivo con mecanización, fertilizantes y pesticidas	1. Deterioro completo del suelo 2. Disminución de la MOS a menos del 1% 3. Provoca el surgimiento de un piso de arado en la parte superior del horizonte B, disminuyendo la profundidad efectiva del suelo 4. aumento de la densidad aparente a limites superiores a la densidad critica del suelo 5. Surgimiento de estructura en forma de bloques 6. Destrucción de microagregado 7. Disminución de la actividad biológica del suelo
Resultado Final	Cambio en la vocación del suelo que requiere labores de mejoramiento como: aplicación urgente de MO, rotación de cosecha y disminuir la intensidad de la explotación agrícola

2.7. Subíndice de uso sustentable de suelo

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ha elaborado un estudio, el cual forma parte de la línea de base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales, con el objetivo de contar con datos contractuales que sirvan para guiar la instrumentación del programa, así como para, en su momento, evaluar los impactos del mismo, en diferentes sectores como el pecuario, marino etc.

La medición basal del estado del suelo agrícola es parte de esa línea de base a través del subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS), el mismo que mide la calidad de suelo a través de indicadores fisicoquímicos. En ese documento se presenta la metodología de estimación del SUSS, para el cual se colectaron muestras en alrededor de 4,000 parcelas agrícolas en México, a las que se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo. A partir de los resultados de esos análisis es que se construyó el subíndice.

Hay que señalar que su utilización en otras condiciones edafoclimáticas pueda que los valores de corte y los valores deseados no se adapten a condiciones distintas, por lo que sería necesario realizar investigaciones en condiciones como el nuestra de alta pluviometría para aplicar o reformular los valores de corte y los valores deseados.

HOSOKAY (2012) desarrolló su investigación en un fundo agrícola ubicado en la parte baja de la microcuenca del río Supte donde evaluó si los diferentes sistemas de uso del suelo afectan la calidad del suelo en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Donde evaluaron siete sistemas de uso del suelo, donde el cultivo de coca presentó una textura arcillosa, una resistencia a la penetración de 4.22 kg/cm². Los valores más desfavorables de inestabilidad estructural se observó en los sistemas con coca (61.59%) y en el suelos degradado con (66.36%). El contenido de fósforo y el porcentaje de materia orgánica en los suelos con coca fueron 6.17 ppm y 1.76 %.

AZAÑERO (2016) determinó que la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) y los indicadores más influyentes sobre la calidad del suelo en tres sistemas de uso ubicados en la 36 localidad de Rio Espino – Monzón, el cocal presentó una textura franco arcilloso arenoso. El sistema que presentó mayor densidad aparente fue el cocal (1.49 g/cc). El sistema con menor valor de resistencia a la penetración lo presentó el bosque secundario (1.60 kg/cm²). La materia orgánica fue menor en el cocal (2.29 %). En cuanto a nitrógeno total fue mayor en el bosque secundario (0.22%). El SAF presentó mayor valor de potasio, calcio y magnesio (0.09, 3.76 y 0.45 Cmol(+).kg⁻¹). Teniendo en cuenta los valores obtenidos de cada indicador se determinó el SUSS de cada sistema, clasificando al SAF, bosque secundario y ex cocal con calidad aceptable, sensible y marginal respectivamente.

YAROS (2017) evaluó la calidad del suelo a través del sub índice de uso sustentable SUSS, en diferentes sistemas de uso en el distrito de Padre Felipe Luyando – Leoncio Prado. Los resultados de los indicadores físicos en los sistemas de bosque secundario hasta ex coca y coca en ese orden muestran una tendencia de aumento de la densidad aparente, temperatura y resistencia a la penetración (1.05 hasta 1.35 g/cm³, de 24.1 hasta 26.2 °C y 2.10 hasta 2.95 kg/cm²) y una disminución en la velocidad de infiltración (29.3 cm/h hasta 16.7 cm/h). Los indicadores químicos registran una disminución en el pH, materia orgánica y CIC (de 7 a 4.75, de 3.5 a 1.1 % y de 9.13 a 6.84 Cmol(+).kg⁻¹). Determinándose que el sistema de cacao tiene un SUSS sensible (0.65), el plátano, bosque secundario y cítrico con un SUSS marginal (0.59, 0.56 y 0.50) y el ex cocal y cocal con un SUSS pobre (0.41 y 0.38). Estos resultados evidencian que los diferentes sistemas de uso del suelo influyen sobre la calidad de los mismos y que el sistema de uso con coca es el sistema que presenta un mayor efecto negativo en todos los indicadores que se han evaluado en esta investigación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de estudio

La investigación se ejecutara en los caseríos de bella, bella alta, rio oro, rio tigre e inti localizado en el centro poblado de Bella del distrito de Mariano Dámaso Beraún. Políticamente localizado en:

Departamento : Huánuco

Provincia : Leoncio prado

Distrito : Mariano Dámaso Beraún

3.1.1. Ubicación geográfica (coordenadas UTM)

Este : 386275 m

Norte : 8969296 m

Altitud : 668 m.s.n.m

3.1.2. Zona de vida

HOLDRIDGE (1986), establece en su diagrama bioclimático que ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida; el centro poblado de bella se encuentra con formaciones vegetales de bosque pluvial pre montano

tropical (bp-PMT), bosque montano húmedo pre montano tropical (bmh – PMT), bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh – MBT) y bosque pluvial montano bajo tropical (bp – MBT).

3.1.3. Clima

El clima del centro poblado de bella es, cálido húmedo con una temperatura promedio anual de 24.5 °C el que oscila una temperatura máxima de 32 °C y una temperatura mínima de 17 °C, humedad relativa de 85.3%, con una precipitación media acumulada anual de 3400 mm/año existiendo época de sequía máxima entre los meses de junio y agosto y la época de mayor precipitación entre diciembre y abril (SENAMHI 2013).

3.1.4. Hidrografía

El eje hidrográfico principal es la cuenca del río monzón, dentro del ámbito podemos encontrar las microcuencas de la quebrada de bella, nueva américa y en la parte alta de bella tenemos una cuenca del río perdido que discurre por el río santa.

3.1.5. Relieve

Los relieves característicos que se observa en el centro poblado de bella podemos mencionar al valle fluvial que corresponde al río patay rondós, valle aluvial de terraza baja a orillas del río Huallaga, valle aluvial de terraza alta,

complejo de orilleros, colina baja que tiene pendientes moderadamente empinadas que varían en 15 a 25% en laderas cortas y de 25 a 50% en laderas largas; colinas altas que se caracterizan por tener pendientes inclinadas menores a 50%, finalmente encontramos a los paisajes montañosos que se encuentran cubiertas por vegetación natural arbórea.

3.1.6. Accesibilidad.

El acceso principal para llegar al centro poblado de bella, desde la ciudad de tingo maría es a través de una carretera asfaltada, con una distancia aproximadamente de 7 km con un tiempo que oscila entre 20 a 30 minutos.

3.2. Actividades socioeconómicas

3.2.1. Población según sexo

La información censal del 2007, permite apreciar la composición de la población según sexo. De los habitantes del centro poblado de bella, el 51.38 % son del sexo masculino y el 48.62% del sexo femenino.

Cuadro 15. Distribución de la población según sexo

Sexo	Habitantes	%
Hombres	1174	51.38%
Mujeres	1111	48.62%
Total	2285	100.00%

Fuente: INEI - Censo 2007

3.2.2. PEA por ramas de actividad

La PEA por ramas de actividad consideraremos los indicadores del distrito en donde se puede observar que el 76.97% de la población económicamente activa del distrito de Mariano Dámaso Beraún se dedica a la Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, siendo la Agricultura casi en su totalidad por que las demás actividades son mínimas.

Cuadro 16. Distribución del PEA por actividades

Actividad	PEA Ocupada
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	76.97 %
Explotación de minas y canteras	0.18 %
Industrias manufactureras	1.68 %
Suministro electricidad, gas y agua	0.04 %
Construcción	1.57 %
Venta,mant.y rep.veh.autom.y motoc.	0.62 %
Comercio por mayor	0.07 %
Comercio por menor	4.53 %
Hoteles y restaurantes	2.70 %
Transp.almac.y comunicaciones	4.50 %
Intermediación financiera	0.04 %
Activit.inmobil.,empres.y alquileres	0.44 %
Admin.pub.y defensa;p.segur.soc.afil.	1.57 %
Enseñanza	1.06 %
Servicios sociales y de salud	0.66 %
Otras activi. serv.comun.,soc.y personales	0.40 %
Hogares privados y servicios domésticos	1.17 %
Actividad económica no especificada	1.79 %
Total	100.00 %

Fuente: INEI - Censo 2007

3.2.3. Producción agrícola

Durante el 2010 en el distrito Mariano Dámaso Beraún la actividad agrícola estuvo marcado por cinco cultivos que ascendió al 92.45% del valor agrícola del distrito dentro de un universo de 26 cultivos registrados en el distrito por el Sistema de Información del Ministerio de Agricultura MINAG, dentro de los cultivos más relevantes está el Plátano (34.00%), Café (28.51%), Cacao (21.72%), yuca (4.19%) y frejol con (4.03%).

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales de campo

Los materiales utilizados en la investigación serán, Mapa de ubicación de la zona de trabajo, wincha, rafia, balde de plástico de 5 lt, bolsas plásticas, etiquetas de papel, papel aluminio, cilindro de aluminio de 6" de diámetro, envases de vidrio de 100 ml, botellas plásticas de 3 lt, probeta de 100 ml, machete, tubo de muestreo y botas.

3.3.2. Materiales de laboratorio

Probeta de 100 ml, tubos de ensayo, pipetas, placas Petri, tamiz de 5.2 y 0.25 mm de diámetro, desecador de cristal, botellas de vidrio, bureta, agitador magnético.

3.3.3. Equipos de campo

Los equipos de campo utilizados fueron, Termómetro de suelo, cronómetro, penetrómetro, cámara fotográfica, GPS marca GARMIN MAP 60 CSx

3.3.4. Equipos de laboratorio

Los equipos de laboratorio utilizados fueron, Balanza gramera, estufa, pH metro, espectrofotómetro de absorción atómica.

3.4. Metodología

La investigación se realizó en tres fases: fase de pre campo, fase de campo y fase de gabinete.

3.4.1. Fase de pre campo

Como fase inicial del proyecto se realizó un reconocimiento del área en estudio, como base para la planificación del trabajo a realizar.

3.4.1.1. Criterios de selección de las parcelas ex cocal

Parcelas de suelos degradados ex cicales con áreas de 0.5 a 5 ha, con una antigüedad de 5, 10, 15, 20 años de abandono, cada área de muestreo presenta un relieve de colina baja con una pendiente moderadamente empinado

que varían entre los 15% y 25%, dentro de estas áreas de muestreo se encuentran incorporados especies arbustivas tales como la macorilla (*Pteridium aquilinum*) y rabo de zorro (*Alopecurus pratensis*), estos que fueron afectados en su momento degradando el suelo a través del cultivo de la hoja de coca.

Dentro del muestreo en los 5 caseríos (rio oro, rio tigre, bella, inti y bella alta) se obtendrá 4 muestras por caserío haciendo un total 20 muestras del sistema ex cocal, donde las parcelas tendrán un periodo de abandono de 5 años, 10 años, 15 años y 20 años.

3.4.2. Fase de campo

La fase de campo se realizó siguiendo algunos parámetros a evaluar qué consistió en lo siguiente:

3.4.2.1. Ubicación e instalación de las parcelas experimentales

Dentro de esta etapa, se realizará una recopilación de toda la información necesaria del área en estudio; así como información de suelos, del sistema de uso, mapa base del área, material cartográfico y un reconocimiento general de toda el área donde se van a fijar los puntos de muestreo para su respectiva evaluación.

3.4.2.2. Delimitación y georreferenciación de las parcelas

Se delimitara las parcelas o transectos de forma sistemática, para ello se establecerán en cada sistema de uso 25 m x 25 m (en las diferentes parcelas de cultivos de ex cocal), debidamente georeferenciados.

3.4.2.3. Muestreo de suelo para el análisis físico químico

Se realizara luego de delimitadas las 20 parcelas, para lo cual se tomaran ocho muestras distribuidas mediante un trazo en zigzag a lo largo y ancho de cada parcela. Cada unidad de muestreo consistirá en un hoyo de 30 cm de profundidad, de donde se extraerá el suelo hasta obtener Aproximadamente 1kg de muestra homogénea por cada sistema de uso de la tierra, para su posterior traslado al laboratorio de conservación de suelos.

Para el método de muestreo y evaluación de las diferentes parcelas de ex cocal, se va considerar la metodología de evaluación de calidad de suelo recomendada por la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012) en la que se utiliza un Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS) y la metodología para la evaluación de las propiedades del suelo a utilizar será la recomendada departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica USDA (1999) y BAZAN (1996), para la metodología del muestreo del suelo se utilizó lo recomendado por MOSCATELLI et al. (2005) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA).

3.4.2.4. Determinación de los parámetros físicos del suelo

Cuadro 17. Indicadores físicos del suelo a evaluar en campo

Propiedades del suelo	
Indicadores físicos	Método de su determinación
Infiltración	Método del cilindro infiltró metro
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrometro)

Fuente: SAGARPA (2012)

3.4.2.5. Determinación de los parámetros químicos del suelo

Obtenida la muestra compuesta de cada sistema de uso de suelo se llevará al Laboratorio de conservación suelos de la UNAS para su respectivo análisis fisicoquímico.

Cuadro 18. Indicadores químicos del suelo a evaluar en campo

Propiedades Del Suelo	
Indicadores químicos	Método de su determinación
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método potenciómetro
Nitrógeno total	Método de Materia orgánica
Fosforo disponible	Método de Olsen modificado
Potasio disponible	Método del acetato de amonio
Calcio disponible	Método del acetato de amonio
Magnesio disponible	Método del acetato de amonio
Capacidad de intercambio catiónico	Método del acetato de amonio

Fuente: SAGARPA (2012)

3.4.3. Fase de gabinete

Para evaluar el estado actual de los suelos, tomando en consideración aquellos parámetros edáficos que inciden sobre la calidad del mismo, se tomó en consideración un número mínimo de propiedades analizadas consideradas las más relevantes para el uso agropecuario global, tanto en condiciones de riego como en condiciones de temporal.

Para cada propiedad edáfica contemplada se determinaron rangos máximos y mínimos, a partir de los cuales se normalizaron los indicadores de calidad para llevarlo a valores entre cero y uno, donde 1 representa el mejor estado de calidad, y cero el peor. A partir de los datos normalizados se calculó un promedio simple (subíndice de uso sustentable del suelo) y éste se clasificó según los rangos de calidad definidos. El índice se estimó a nivel nacional y por estado para los casos de agricultura de riego y agricultura de temporal.

3.4.3.1. Estimación de la calidad del suelo

Para la estimación de la calidad del suelo se utilizara el Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS) que agrupa las propiedades fisicoquímicas relacionadas a la calidad del suelo, a través del promedio de los valores normalizados de cada indicador edáfico (i), tanto a nivel nacional como por entidad federativa y por régimen hídrico.

$$SUSS = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Dónde:

P: es el promedio del valor de los parámetros normalizados,

i: es cada indicador o parámetro analizado, y

n: es el número total de parámetros analizados.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m Rn_j}{m}$$

Dónde:

Rn: es el valor resultante del parámetro normalizado

m: es el número de muestras de suelo analizadas

j: es cada muestra de suelo.

La ecuación de cálculo de la normalización de los indicadores es la siguiente:

$$Rn_j = 1 - \left(\frac{V_{rj} - d_j}{C_j - d_j} \right)$$

Dónde:

Rn: es el resultado normalizado

Vr: es el valor del parámetro fisicoquímico (indicador)

d: es el valor deseable en el indicador

c: es el valor de corte en el indicador

j: es cada muestra de suelo.

Los rangos de valores deseables para cada parámetro considerado en la estimación del SUSS se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 19. Parámetros edáficos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para evaluar el estado actual del suelo

Indicador	Unidad de medida	Rango o valor deseable (d)	Valor de corte ©
Materia orgánica (MO)	%	MO > 5	0.5
Densidad aparente (Dap)	g/cm ³	Dap < 1.1	1.47
Conductividad eléctrica (CE)	dSm ⁻¹	CE < 1	4.1
pH	pH	6 < pH < 7	5 < pH > 8.5
Fósforo (P)	mg kg ⁻¹	P > 5.5	0
Magnesio (Mg)	Cmol(+) kg ⁻¹	Mg > 0.3	0
Calcio (Ca)	Cmol(+) kg ⁻¹	ca > 5	0
RAS	RAS	< 2.5	4
CIC	Cmol(+) kg ⁻¹	CIC > 15	5
Nitrógeno total	%	N > 0.2	0.05

Fuente: SAGARPA (2012).

La interpretación del índice se realizó conforme a la clasificación del Cuadro 20.

Cuadro 20. Rangos interpretativos del SUSS.

Calidad del suelo	Descripción
Bueno ($0.95 < \text{SUSS} < 1.0$)	Las condiciones de la calidad del suelos son las deseables para llevar a cabo la actividad agrícola
Aceptable ($0.80 < \text{SUSS} < 0.95$)	La calidad del suelo está cercana a las condiciones deseables. Las variables analizadas poco se alejan de los valores adecuados
Sensible ($0.65 < \text{SUSS} < 0.78$)	Los parámetros medios ocasionalmente se alejan de los valores óptimos
Marginal ($0.45 < \text{SUSS} < 0.65$)	Los indicadores dela calidad son distantes de los valores deseables
Pobre ($0 < \text{SUSS} < 0.45$)	La calidad de suelos para fines agrícolas se encuentra amenazada o afectada. Los indicadores se alejan completamente de los niveles deseables.

Fuente: SAGARPA (2012).

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de los indicadores físicos del suelo

4.1.1. Textura del suelo

El área de estudio del caserío de Bella presenta una textura arcillosa de 5 y 20 años, en cambio el suelo con 10 años presenta una textura franco arcilloso y por último el suelo con 15 años presenta una textura franco arcillo limoso. Así mismo, el porcentaje de arena desciende de los 5 a 20 años de 43% a 19%; el porcentaje de arcilla asciende de 5 a 20 años de 24% a 50% y el porcentaje de limo en relación de menor concentración a mayor concentración de 10, 20, 5 y 15 años en un 31%, 31%, 33% y 41% de acuerdo al cuadro 21.

Cuadro 21. Textura de suelo del caserío Bella a los 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Análisis mecánico				Textura
	Años	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Bella	5 años	43	24	33	Arcilloso
	10 años	33	36	31	Franco arcilloso
	15 años	21	38	41	Franco arcillo limoso
	20 años	19	50	31	Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

El caserío de Inti presenta una textura arcillosa en los 5, 10, 15 y 20 años. Así mismo, el porcentaje de mayor concentración de arena y limo se encuentra en los 15 años con un 19% y 35%, y de menor concentración en un 15% y 29% en los 20 y 5 años y el porcentaje de arcilla desciende de los 5, 20, 10 y 15 años de 54%, 52%, 50% y 46% como se observa en el cuadro 22.

Cuadro 22. Textura de suelo del caserío Inti a los 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Análisis mecánico				Textura
	Años	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Inti	5 años	17	54	29	Arcilloso
	10 años	17	50	33	Arcilloso
	15 años	19	46	35	Arcilloso
	20 años	15	52	33	Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

El caserío de Bella Alta presenta una textura arcillosa de 5 y 20 años, en cambio los suelos de 10 y 15 años presenta una textura franco arcilloso. Así mismo, el porcentaje de arena desciende de los 10, 15 y 20 años de 31%, 31%, 25% y 19%, el porcentaje de arcilla asciende de los 10, 15 y 20 años de un 30%, 30%, 42% y 46% y el porcentaje de limo asciende de un 29% a 39% durante los 5 a 20 años como se observa en el cuadro 23.

Cuadro 23. Textura de suelo del caserío Bella Alta a los 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Análisis mecánico				Textura
	Años	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Bella Alta	5 años	25	46	29	Arcilloso
	10 años	31	30	39	Franco arcilloso
	15 años	31	30	39	Franco arcilloso
	20 años	19	42	39	Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

El caserío de Río Oro presenta una textura franco arcilloso en los 5, y 15 años y una textura arcillosa en los 10 y 20 años. Así mismo, el porcentaje de mayor concentración de arena, arcilla y limo se encuentra en los 5, 20 y 15 años con un 29%, 60% y 37%, y de menor concentración en un 17%, 36% y 21% en los 10, 5 y 20 años como se observa en el cuadro 24.

Cuadro 24. Textura de suelo del caserío Río Oro a los 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Análisis mecánico				Textura
	Años	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Río Oro	5 años	29	36	35	Franco arcilloso
	10 años	17	50	33	Arcilloso
	15 años	25	38	37	Franco arcilloso
	20 años	19	60	21	Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

El caserío de Río Tigré presenta una textura franco arcillo limoso en 5 años, franco arcilloso en 10 años, franco limoso en 15 años y un arcillo limoso en 20 años. Así mismo, el porcentaje de mayor concentración de arena, arcilla y limo se encuentra en los 10, 20 y 15 años con un 41%, 44% y 51%, y de menor concentración en un 15%, 24% y 31% en los 20, 15 y 10 años como se observa en el cuadro 25.

Cuadro 25. Textura de suelo del caserío Río Tigré a los 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Análisis mecánico				Textura
	Años	Arena %	Arcilla %	Limo %	
Río Tigré	5 años	25	34	41	Franco arcillo limoso
	10 años	41	28	31	Franco Arcilloso
	15 años	25	24	51	Franco limoso
	20 años	15	44	41	Arcillo limoso

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Densidad aparente y velocidad de infiltración del suelo

En cuatro caseríos, se llegaron a observar mayor densidad aparente en los 5 años y menor densidad aparente en 20 años tales como Bella en un 1.43 y 1.20 g/cm³, Inti en un 1.40 y 1.20 g/cm³, Bella Alta en un 1.40 y 1.20 g/cm³, Río Oro en un 1.35 y 1.18 g/cm³ y en el caso de Río Tigré mayor densidad fue 5 años con 1.33 g/cm³ y menor densidad en los 15 años con 1.20 g/cm³, se observaron mayor y menor velocidad de infiltración en los caseríos de Bella en

15 años con 20.4 cm/h y 5 años con 17.4 cm/h, Inti en 20 años con 17.8 cm/h y 10 años con 16.1 cm/h, Bella Alta en 15 años con 20.2 cm/h y 5 años con 16.9 cm/h, Rio Oro en 5 años con 20.1 cm/h y 20 años con 16.9 cm/h y Rio Tigre en 15 años con 22.4 cm/h y 10 años con 18.9 cm/h de acuerdo al cuadro 26.

Cuadro 26. Densidad aparente y velocidad de infiltración en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	DA (g/cm ³)	Velocidad de infiltración (cm/h)
Bella	5 años	1.43	17.4
	10 años	1.35	19.5
	15 años	1.24	20.4
	20 años	1.20	18.3
Inti	5 años	1.40	16.8
	10 años	1.34	16.1
	15 años	1.20	17.3
	20 años	1.20	17.8
Bella Alta	5 años	1.40	16.9
	10 años	1.30	19.7
	15 años	1.35	20.2
	20 años	1.20	17.6
Rio Oro	5 años	1.35	20.1
	10 años	1.28	18.8
	15 años	1.23	19.7
	20 años	1.18	16.9
Rio Tigre	5 años	1.33	20.7
	10 años	1.30	18.9
	15 años	1.20	22.4
	20 años	1.24	20.5

Fuente: Elaboración propia.

El caserío de Bella obtuvo mayor densidad aparente en 5 años con 1.43 g/cm^3 y menor densidad aparente el caserío de Rio Oro en 20 años con 1.18 g/cm^3 a comparación de los caseríos de Inti el mayor fue en 5 años con 1.40 g/cm^3 y menor en 15 y 20 años con 1.20 g/cm^3 , Bella Alta el mayor fue en 5 años con 1.40 g/cm^3 y menor en 20 años con 1.20 g/cm^3 y Rio Tigre el mayor fue en 5 años con 1.33 g/cm^3 y menor en 15 años con 1.20 g/cm^3 de acuerdo a la figura 1.

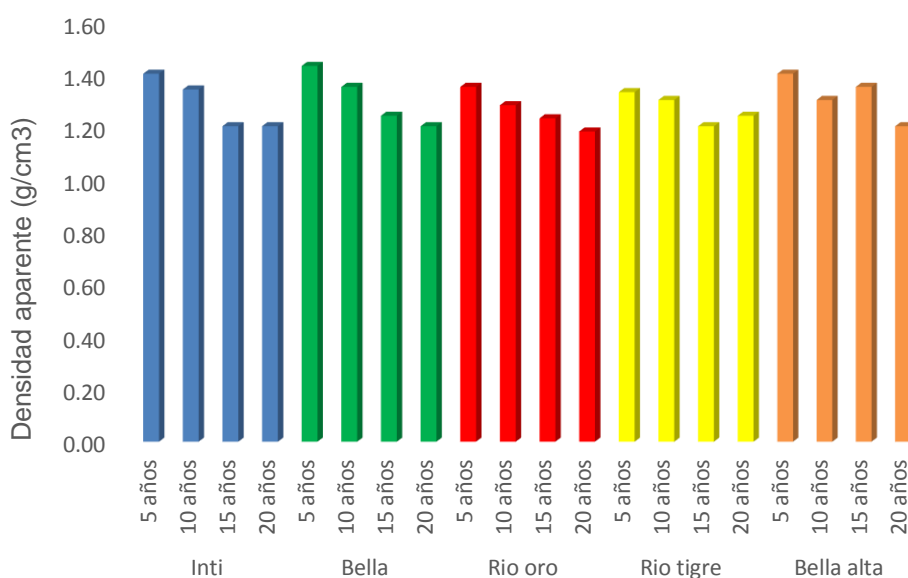


Figura 1. Densidad aparente en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

La velocidad de infiltración fue mayor en el caserío de Rio Tigre en 15 años con 22.4 cm/h y menor velocidad de infiltración fue en el caserío de Inti en 10 años con 16.1 cm/h a comparación de los caseríos de Bella, Bella Alta presentan un valor mayor en 15 años con 20.4 cm/h y 20.2 cm/h , y Rio Oro con 20.1 cm/h en 5 años como se observa en la figura 2.

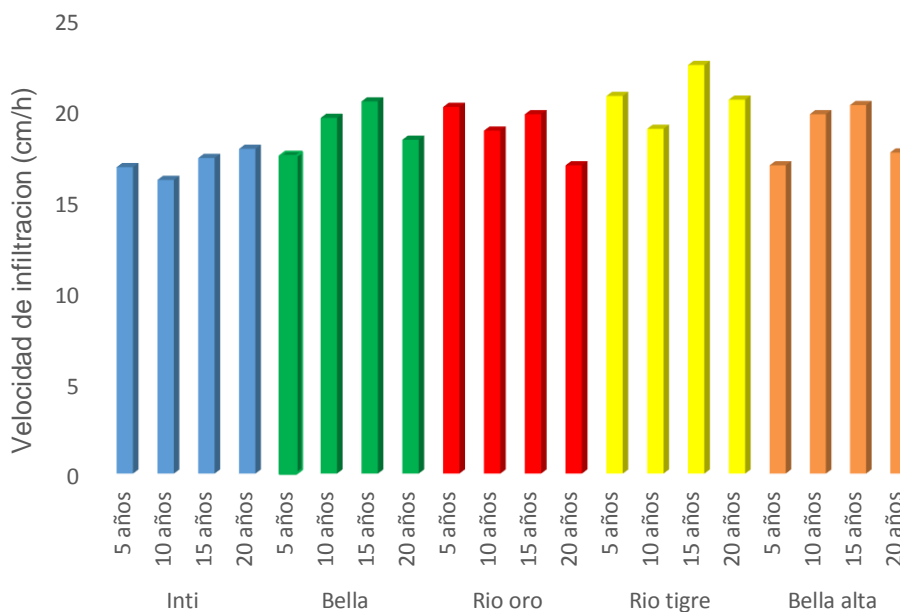


Figura 2. Velocidad de infiltración en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

4.1.3. Temperatura del suelo y resistencia a la penetración

Con respecto a la temperatura del suelo el caserío de Bella presenta una temperatura mayor en 5 y 15 años con 25 °C y menor en 20 años con 24.5 °C, el caserío de Inti presenta una temperatura mayor en 10 años con 25 °C y menor en 20 años con 24.1 °C, el caserío de Bella Alta presenta una temperatura mayor en 10 años con 25.8 °C y menor en 20 años con 24 °C, el caserío de Rio Oro presenta mayor temperatura en 20 años con 25.8 °C y menor en 5 años con 24.5 °C, el caserío de Rio Tigre presenta mayor temperatura en 10 años con 24.9 °C y menor en 20 años con 24.0 °C. Con respecto al nivel de resistencia a la penetración fue mayor en el caserío de Rio Oro en 20 años con 3.60 kg/cm² y menor en el caserío de Rio Tigre en 5 años con 2.54 kg/cm² en comparación de los demás caseríos en estudio observándose así en el cuadro 27.

Cuadro 27. Temperatura y resistencia a la penetración en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	Temperatura del suelo (°C)	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)
Bella	5 años	25.0	3.05
	10 años	24.9	2.89
	15 años	25.0	2.75
	20 años	24.5	2.96
Inti	5 años	24.5	3.00
	10 años	25.0	2.97
	15 años	24.4	2.85
	20 años	24.1	2.92
Bella Alta	5 años	24.9	3.20
	10 años	25.8	2.97
	15 años	24.5	2.94
	20 años	24.0	3.14
Rio Oro	5 años	24.5	3.14
	10 años	25.7	2.98
	15 años	24.9	2.72
	20 años	25.8	3.60
Rio Tigre	5 años	24.7	2.54
	10 años	24.9	2.89
	15 años	24.3	2.90
	20 años	24.0	2.67

Fuente: Elaboración propia

En la temperatura, los caseríos con mayor nivel fueron los de Bella Alta y Rio Oro en 10 y 20 años con 25.8 °C y con menor nivel en temperatura fue en el caserío de Rio Tigre y Bella Alta ambos con 24.0 °C a comparación de los

demás caseríos como Bella que presenta una temperatura igual al caserío de Rio Tigre en 10 años con 24.9°C, en cambio el caserío de Inti presenta una temperatura igual al caserío de Rio Oro ambos en 5 años con 24.5 °C como se observa en la figura 3.

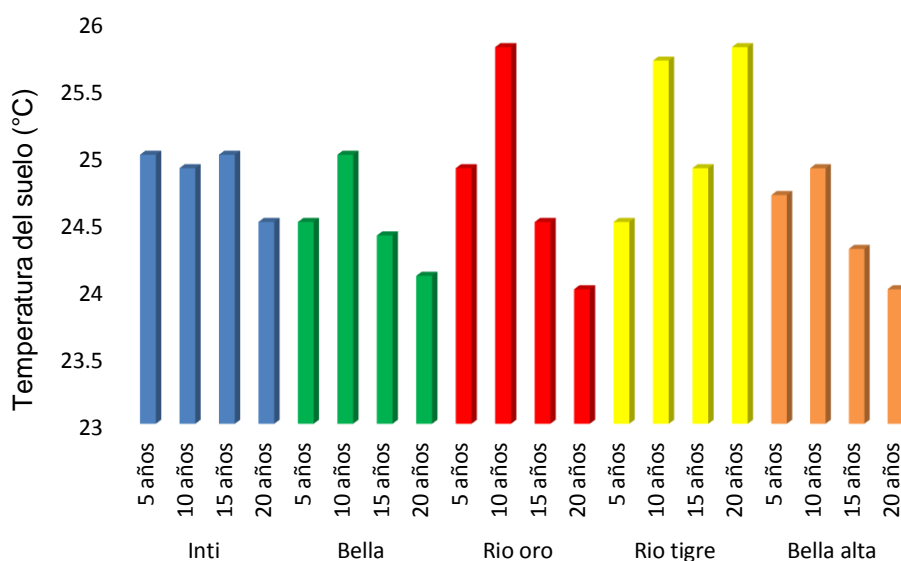


Figura 3. Temperatura en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

En la resistencia a la penetración, el caserío de Bella presenta un nivel mayor en 5 años con 3.05 kg/cm², y menor en 15 años con 2.75 kg/cm², el caserío de Inti presenta un nivel mayor en 5 años con 3.00 kg/cm² y un nivel menor en 15 años con 2.85 kg/cm², el caserío de Bella Alta presenta un nivel mayor en 5 años con 3.20 kg/cm², el caserío de Rio Oro presenta un nivel mayor en 20 años con 3.60 kg/cm² y menor nivel en 15 años con 2.72 kg/cm² y el caserío de Rio Tigre presenta un nivel mayor en 15 años con 2.90 kg/cm² y menor nivel en 5 años con 2.54 kg/cm² de acuerdo a la figura 4.

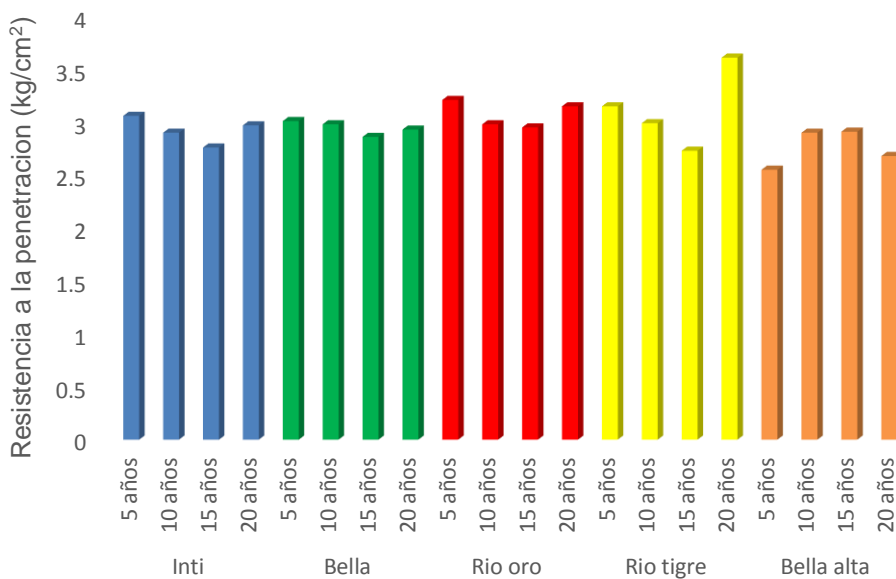


Figura 4. Resistencia a la penetración en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años.

4.2. Determinación de los indicadores químicos del suelo

4.2.1. pH del suelo y fósforo disponible

Con respecto al pH del suelo el caserío de Bella presenta mayor nivel de Ph en 20 años con 4.81 y menor nivel en 15 años con 4.60, el caserío de Inti presenta mayor nivel de Ph en 15 años con 4.66 y menor nivel en 10 años con 4.12, el caserío de Bella Alta presenta mayor nivel de Ph en 10 años con 4.72 y menor en 15 años con 4.53, el caserío de Rio Oro presenta mayor nivel de Ph en 20 años con 4.45 y menor nivel en 15 años con 4.16, el caserío de Rio Tigre presenta mayor nivel de Ph en 10 años con 4.73 y menor en 20 años con 3.67. (Figura 8). Así mismo, el fósforo disponible en mayor cantidad lo obtuvieron los caseríos de Bella en 20 años con 4.96 ppm y el caserío de Inti en 15 años con 4.96 ppm y menor cantidad de fosforo disponible en el suelo lo obtuvo el caserío

de Rio Tigre en 5 años y 20 años con 3.55 y 3.93 ppm a comparación de los demás caseríos como Bella Alta y Rio Oro observándose así en el cuadro 28.

Cuadro 28. pH y fósforo disponible en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	pH del suelo	P (ppm)
Bella	5 años	4.67	4.86
	10 años	4.74	4.96
	15 años	4.60	4.77
	20 años	4.81	4.96
Inti	5 años	4.60	4.77
	10 años	4.12	4.40
	15 años	4.66	4.96
	20 años	4.39	4.40
Bella Alta	5 años	4.71	4.77
	10 años	4.56	4.49
	15 años	4.53	4.58
	20 años	4.72	4.85
Rio Oro	5 años	4.43	4.40
	10 años	4.23	4.21
	15 años	4.16	4.02
	20 años	4.45	4.49
Rio Tigre	5 años	3.92	3.55
	10 años	4.73	4.77
	15 años	4.22	4.30
	20 años	3.67	3.93

Fuente: Elaboración propia

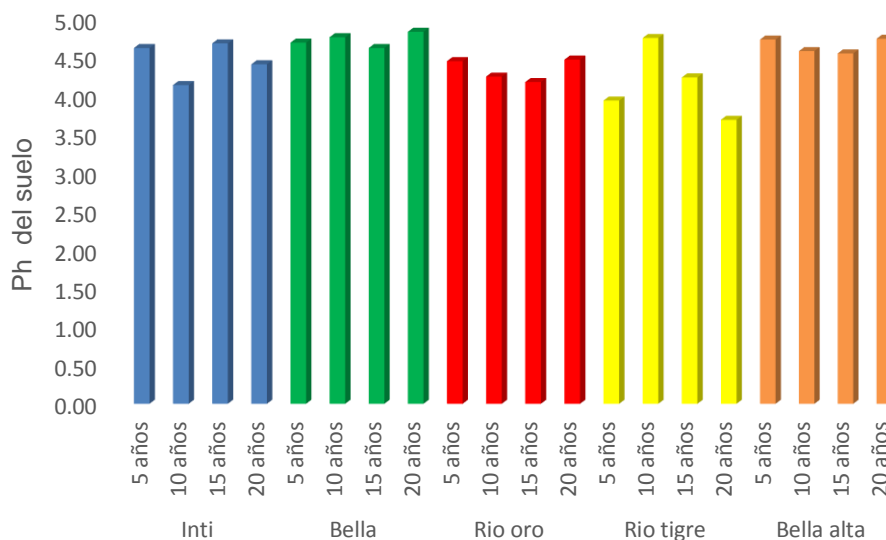


Figura 5. pH en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años.

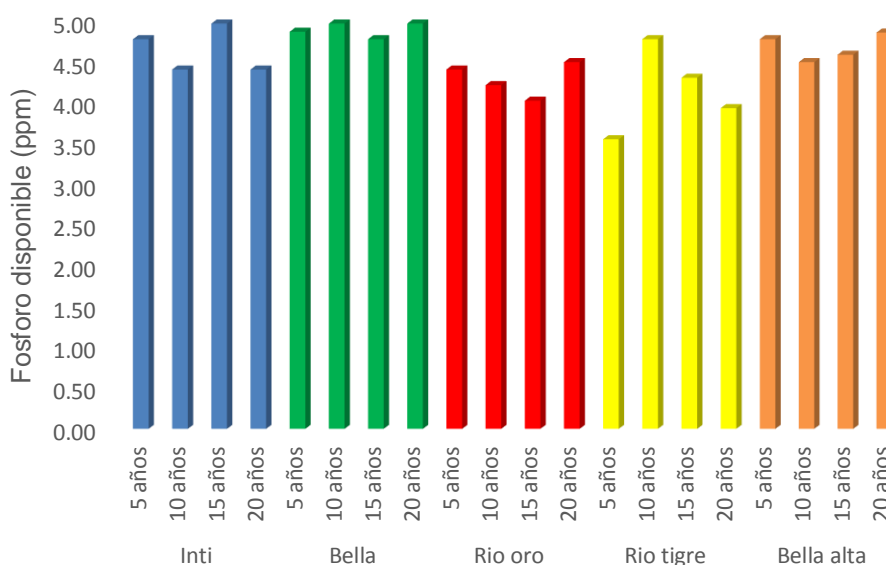


Figura 6. Fosforo disponible en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

4.2.2. Materia orgánica y nitrógeno total del suelo

El porcentaje mayor de materia orgánica presentaron los caseríos de Bella en 20 años y Rio Oro en 10 años con 2.21% y menor porcentaje presentó los caseríos de Bella Alta en 5 años y Bella en 15 años ambos con

0.34%, y el mayor porcentaje de nitrógeno total se obtuvieron en los caseríos de Bella y Rio Tigre en los 20 años y Rio Oro en 10 años con 0.10% y en menor porcentaje lo obtuvo los caseríos de Inti, Bella Alta, Rio Oro, y Rio Tigre en 5 años y Bella en 15 años con 0.02% como se observa en el cuadro 29 y figura 7.

Cuadro 29. Materia orgánica y nitrógeno total en el suelo en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	% M.O.	% N
Bella	5 años	0.60	0.03
	10 años	1.36	0.06
	15 años	0.34	0.02
	20 años	2.21	0.10
Inti	5 años	0.43	0.02
	10 años	1.70	0.08
	15 años	0.85	0.04
	20 años	1.79	0.08
Bella Alta	5 años	0.34	0.02
	10 años	1.28	0.06
	15 años	0.43	0.02
	20 años	2.04	0.09
Rio Oro	5 años	0.51	0.02
	10 años	2.21	0.10
	15 años	0.77	0.03
	20 años	1.87	0.08
Rio Tigre	5 años	0.43	0.02
	10 años	1.19	0.05
	15 años	1.70	0.08
	20 años	2.13	0.10

Fuente: Elaboración propia

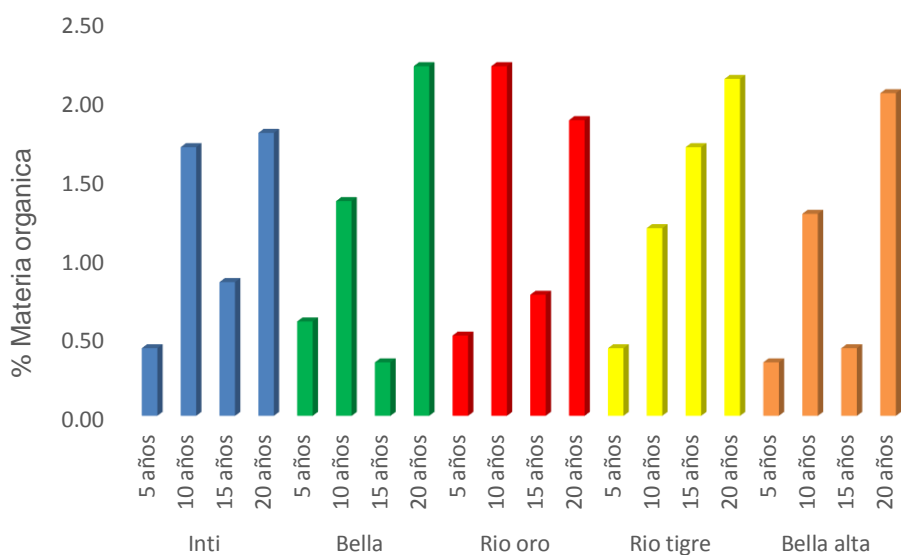


Figura 7. Materia orgánica en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

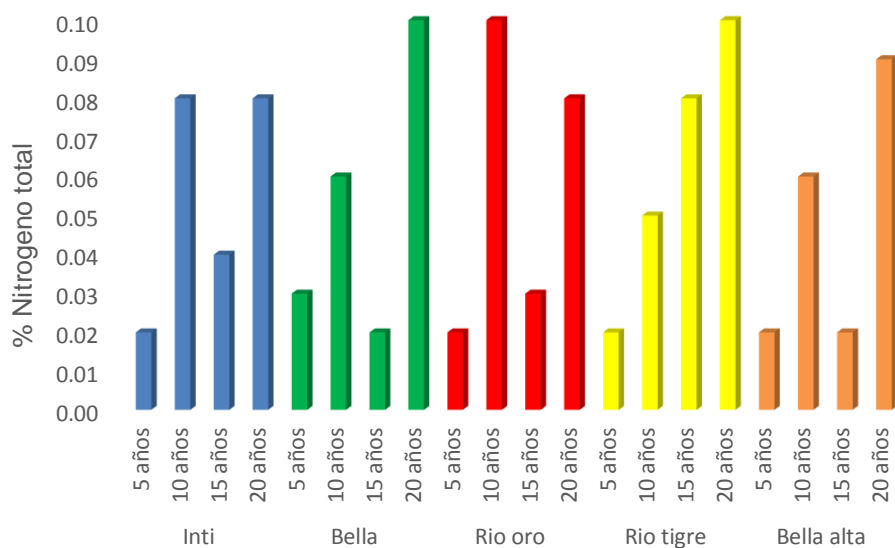


Figura 8. Nitrógeno total en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

4.2.3. Potasio, calcio y magnesio intercambiable

En el potasio intercambiable, el que obtuvo el mayor nivel fue el caserío de Bella en 20 años con 75.97 ppm y el menor en Rio Tigre en 20 años con 45.48 ppm (figura 9). En el calcio intercambiable se obtuvo mayor cantidad

en el caserío de Bella Alta en 15 años con $5.14 \text{ Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ y menor en los caseríos de Bella e Inti en 5 años con $3.78 \text{ Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ (figura 10). En magnesio intercambiable, el caserío de Rio Oro obtuvo mayor cantidad en 20 años con 1.06 y menor en Bella Alta en 5 años con $0.53 \text{ Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$ (cuadro 30).

Cuadro 30. Potasio, calcio, y magnesio intercambiable en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	K (ppm)	Ca ($\text{Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mg ($\text{Cmol}^{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Bella	5 años	73.97	3.78	0.83
	10 años	53.73	4.29	0.92
	15 años	61.47	3.94	0.96
	20 años	75.97	4.20	0.88
Inti	5 años	60.47	3.78	0.86
	10 años	50.98	3.76	0.85
	15 años	62.47	4.61	0.94
	20 años	59.97	4.65	1.04
Bella Alta	5 años	53.98	4.11	0.53
	10 años	58.47	4.69	0.94
	15 años	58.97	5.14	1.08
	20 años	60.97	4.37	0.93
Rio Oro	5 años	57.97	4.38	0.92
	10 años	52.48	3.69	0.85
	15 años	51.18	4.10	0.92
	20 años	61.52	4.72	1.06
Rio Tigre	5 años	47.98	3.99	0.87
	10 años	53.48	4.83	0.95
	15 años	52.72	4.52	0.98
	20 años	45.48	4.77	1.02

Fuente: Elaboración propia

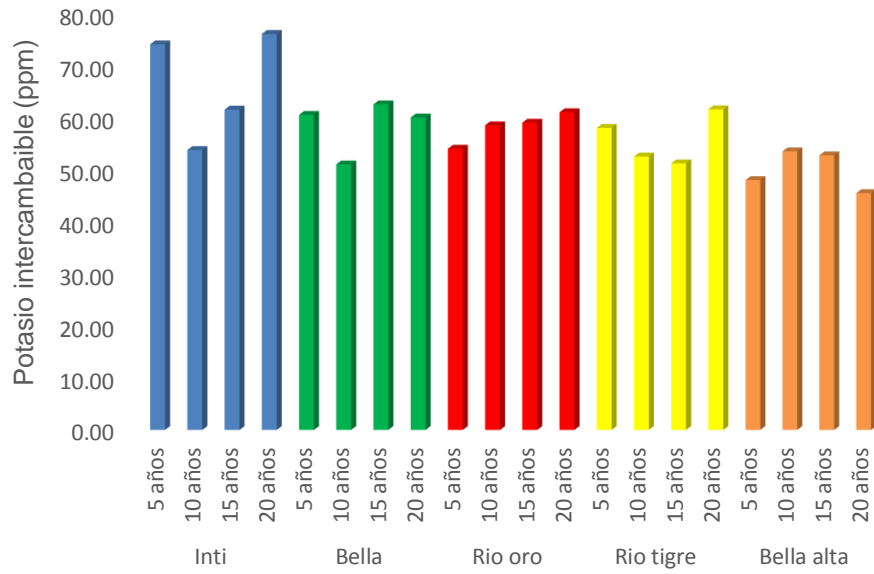


Figura 9. Potasio intercambiable los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

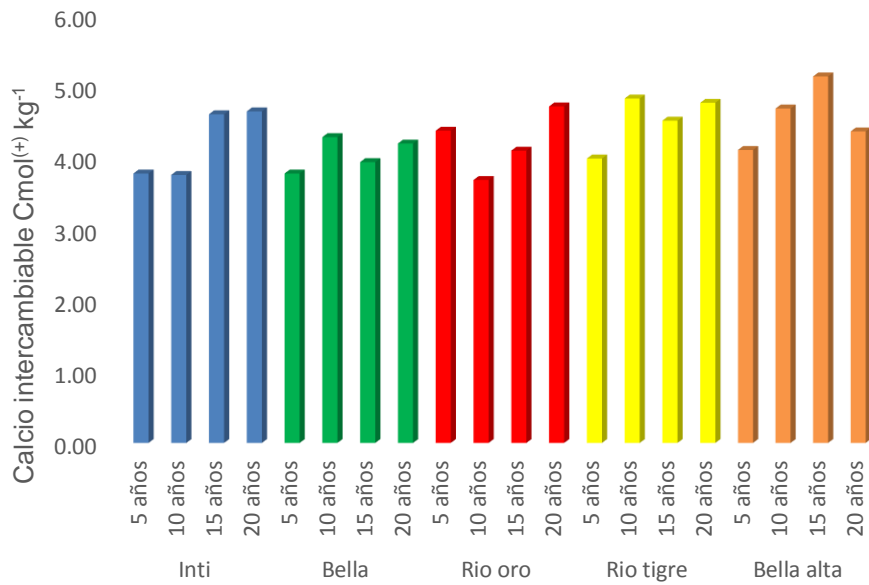


Figura 10. Calcio intercambiable en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

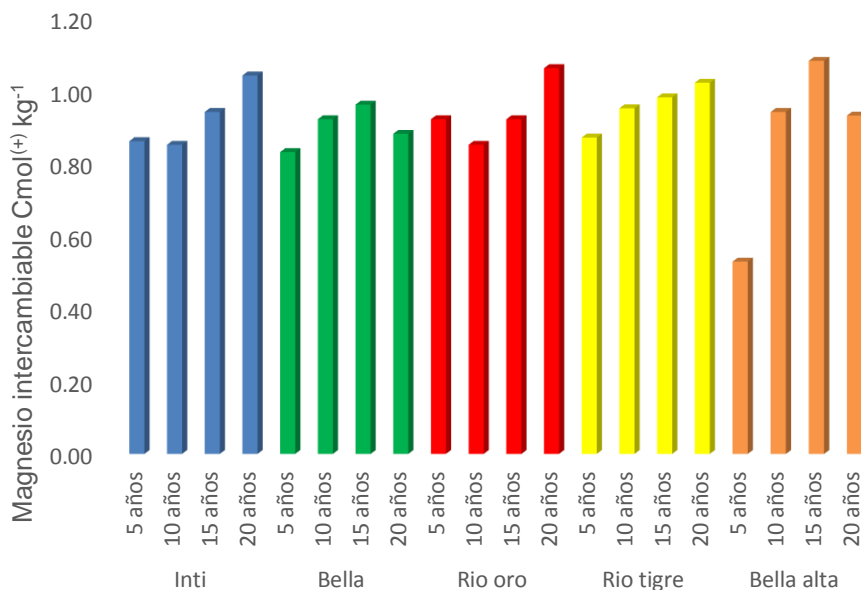


Figura 11. Magnesio intercambiable en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico del suelo

La capacidad de intercambio catiónico del suelo en el caserío de Bella fue mayor en 5 años con $11.50 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ y menor en 20 años con $7.58 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$, el caserío de Inti presentó mayor capacidad de intercambio Catiónico en 20 años con $11.59 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ y menor en 15 años $9.65 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$, el caserío de Bella Alta presentó mayor capacidad de intercambio Catiónico en 15 años con $10.22 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ y menor en 20 años con $6.30 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$, el caserío Rio Oro presentó mayor capacidad de intercambio Catiónico en 10 años con $12.43 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ y menor en 5 años con $9.90 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ y el caserío de Rio Tigre presentó mayor capacidad de intercambio Catiónico en 20 años con $14.69 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ y menor en 10 años con $9.88 \text{ Cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$ como se observa en el cuadro 31.

Cuadro 31. Capacidad de intercambio catiónico en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	CIC (Cmol ⁽⁺⁾ ·kg ⁻¹).
Bella	5 años	11.50
	10 años	7.80
	15 años	10.50
	20 años	7.58
Inti	5 años	11.44
	10 años	11.10
	15 años	9.65
	20 años	11.59
Bella Alta	5 años	7.23
	10 años	8.63
	15 años	10.22
	20 años	6.30
Rio Oro	5 años	9.90
	10 años	12.43
	15 años	10.02
	20 años	11.57
Rio Tigre	5 años	10.86
	10 años	9.88
	15 años	10.29
	20 años	14.69

Fuente: Elaboración propia

El caserío con mayor capacidad de intercambio catiónico fue en Rio Tigre en 20 años con 14.69 Cmol⁽⁺⁾·kg⁻¹ y menor capacidad de intercambio catiónico fue en Bella Alta en 20 años con 6.30 Cmol⁽⁺⁾·kg⁻¹ como muestra la figura 12.

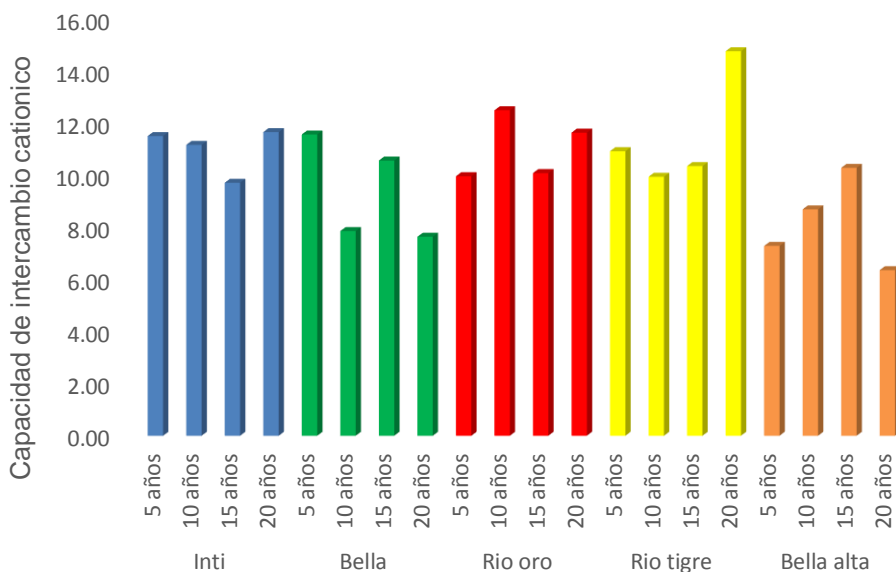


Figura 12 Capacidad de intercambio catiónico en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

4.3. Determinación de la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS).

El subíndice de uso sustentable del suelo en los 5 caseríos en estudio determinó que el caserío de Bella presentó un SUSS mayor en 20 años con 0.36 y un SUSS menor en 5 años con 0.21, en el caserío de Inti presentó un SUSS mayor en 20 años con 0.37 y un SUSS menor en 5 años con 0.21, en el caserío de Bella Alta presentó un SUSS mayor en 20 años con 0.33 y un SUSS menor en 5 años con 0.15, en el caserío de Rio Oro presentó un SUSS mayor en 20 años con 0.38 y un SUSS menor en 5 años con 0.15 y el caserío de Rio Tigre presentó un SUSS mayor en 20 años con 0.37 y un SUSS menor en 5 años con 0.17, correspondiente a la clasificación de calidad "pobre", es decir, La calidad de suelos para fines agrícolas se encuentra amenazada o afectada, los

indicadores se alejan completamente de los niveles deseables, observándose así en el cuadro 32.

Cuadro 32. Subíndice de uso sustentable del suelo y clasificación de la calidad en los cinco caseríos de estudio en 5, 10, 15, 20 años.

Área de estudio	Años	SUSS	Calidad
Bella	5 años	0.21	Pobre
	10 años	0.26	Pobre
	15 años	0.25	Pobre
	20 años	0.36	Pobre
Inti	5 años	0.21	Pobre
	10 años	0.27	Pobre
	15 años	0.30	Pobre
	20 años	0.37	Pobre
Bella Alta	5 años	0.15	Pobre
	10 años	0.20	Pobre
	15 años	0.23	Pobre
	20 años	0.33	Pobre
Rio Oro	5 años	0.20	Pobre
	10 años	0.34	Pobre
	15 años	0.23	Pobre
	20 años	0.38	Pobre
Rio Tigre	5 años	0.17	Pobre
	10 años	0.29	Pobre
	15 años	0.33	Pobre
	20 años	0.37	Pobre

Fuente: Elaboración propia

El caserío de Rio Oro presento un mayor SUSS de 0.38 en 20 años y el caserío de Bella Alta presento un SUSS menor de 0.15 en 5 años en comparación a los demás caseríos observándose así en la figura 13.

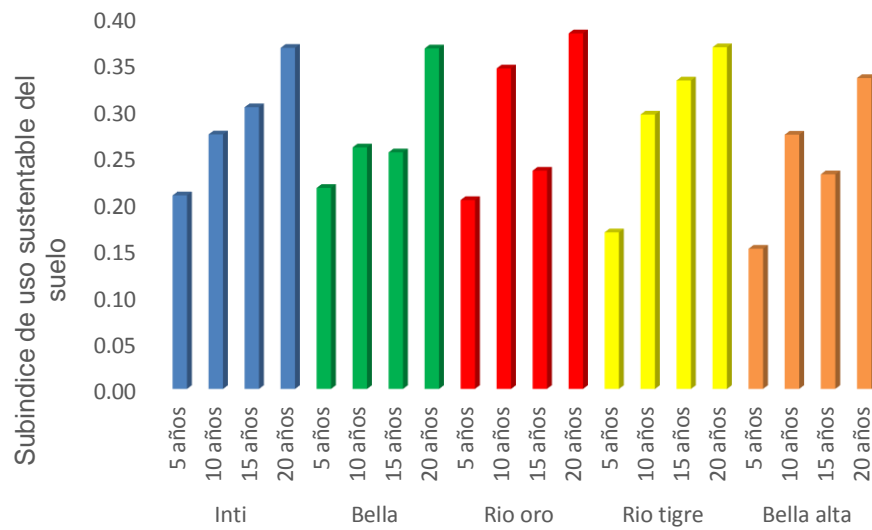


Figura 13 Subíndice de uso sustentable del suelo en los cinco caseríos de 5, 10, 15, 20 años

V. DISCUSIONES

5.1. De las propiedades físicas

Las propiedades físicas tienen una gran influencia en los suelos y su afectación por los sistemas de uso pueden ser irreversibles, estas propiedades están estrechamente relacionadas con el transporte y retención de agua, humedad aprovechable, erosión del suelo y productividad potencial. La propiedad más importante evaluada es la textura, si el suelo tiene una buena textura existe una proporción de los elementos que lo constituyen y le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (SAGARPA, 2012).

Los resultados muestran que son suelos de textura arcilloso (para Bella 5 y 20 años, Inti 5, 10, 15 y 20 años, Bella Alta 5 y 20 años, Rio Oro 10 y 20 años), estos suelos son pesados tienen un drenaje pobre, presenta una mala aireación, retienen agua haciendo que la velocidad de infiltración sea menor (SAGARPA, 2012). También encontramos a los Franco Arcilloso, Franco arcillo limoso y arcillo limoso (para Bella 10 y 15 años, Bella Alta 10 y 15 años, Rio Oro 5 y 15 años y Rio Tigre 5, 10, 15, 20 años, los suelos francos son los más equilibrados con propiedades compensadas esto muestra que no son texturas inapropiadas para el desarrollo agrícola y HOSOKAY (2012) describe que los

suelos con coca en la microcuenca de río supte son de textura arcillosa que en general los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, flocculan y dispersan, muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, bien estructurados, pero en algunos casos son impermeables y asfixiantes (SAGARPA, 2012).

Además de la textura se han medido otros indicadores físicos que no se utilizaron en el cálculo del sub índice pero que nos ayudan a entender el comportamiento de la calidad del suelo en función a los 5, 10, 15 y 20 años entre estos indicadores tenemos la densidad aparente.

Al respecto SÁNCHEZ (2007) indica que la densidad aparente depende del grado de soltura o porosidad del suelo, es un valor más variable que depende además de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura. Además SAGARPA (2012) señala que la densidad aparente es una propiedad incluida para evaluar la calidad de un suelo como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo. Los cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total.

En los resultados los menores valores corresponden a los caseríos de Bella, Inti, Bella Alta, Río Oro en 20 años y Río Tigre todos con 1.20 g/cm^3 y los valores más altos corresponden los caseríos Bella, Inti, Bella Alta, Río Oro y Río Tigre todos en 5 años con 1.43, 1.40, 1.40, 1.35 y 1.33 g/cm^3 . Que teniendo

en cuenta la textura (arcilloso, franco arcilloso, franco arcillo limoso y arcillo limoso) estos valores estarían dentro de un rango aceptable, por estar por debajo de 1.55 g/cm^3 (SAGARPA, 2012). Aun que debe aclararse que esto no significa que los diferentes caseríos no hayan tenido un efecto sobre este indicador teniendo en cuenta que todas las áreas se encuentran en un proceso de recuperación.

También se evaluaron la temperatura y resistencia a la penetración en la que los valores muestran una clara tendencia de equidad por ser suelos ex cocales y ver escasas de cobertura, donde oscilan de 24 a 25° al igual que la resistencia a la penetración oscilan de los 2.54 a 3.60 kg/cm^2 y esto por ser suelos compactados.

Con referencia a la temperatura SAGARDOY y MANDOLESI (2005) definen como una propiedad del suelo que tiene gran significancia biológica, no afecta directamente la velocidad de las reacciones fisiológicas sino que tiene efectos indirectos sobre la actividad biológica puesto que induce cambios en el ambiente fisicoquímico tales como la velocidad de difusión, la velocidad de meteorización, la actividad del agua y los potenciales redox del suelo.

5.2. De las propiedades químicas

Cuando se habla de calidad de los suelos el primer indicador es el potencial de hidrogeno pH y en regiones con lluvias abundantes se promueve el lavado de las bases y como consecuencia el suelo se acidifica (pH entre 4.0 y

6.5), provocando altas concentraciones de aluminio y manganeso solubles que al ser absorbidos por las raíces provocan intoxicación y fijación de fosfatos. Mientras que en zonas áridas el lavado es mínimo y los suelos se alcalinizan (pH entre 7.0 y 8.5), provocando baja solubilidad del fósforo debido a la presencia de carbonato de calcio (CaCO_3) (SAGARPA, 2012).

Los resultados fueron, fuertemente ácido para los cinco caseríos como: Bella, Inti, Bella Alta, Rio Oro y Rio Tigre en los 5, 10, 15 y 20 años siendo los valores con un pH menor a 5. Esto demuestran claramente que un sistema influencia en la alteración del pH y en especial a los 5 caseríos que presentaron un valor menor esto evidencia que después de haber instalado un sistema de coca la recuperación tardaría muchos años, teniendo en cuenta si se le da un manejo adecuado.

Luego del pH la materia orgánica es otro indicador importante en la calidad del suelo, los resultados muestran un porcentaje mayor de materia orgánica en el caserío de Bella, Inti, Bella Alta, Rio Oro y Rio Tigre en los 20 años con 2.21%, 1.79%, 2.04%, 2.21%, 2.13% y en menor porcentaje lo obtuvieron Bella en 15 años y Bella Alta en 5 años ambos con 0.34%. Es necesario resaltar que Biológicamente, activa a los organismos, ya que un número importante de bacterias, actinomicetos y hongos en el suelo están relacionados de manera general al contenido de humus (SAGARPA, 2012). Por lo que observando los valores de MO en los diferentes caseríos existe una

relación directa por tener en cuenta que solo se aplicó un solo sistema (ex cocal) donde este suelo se encuentra en un proceso de recuperación.

Con referencia a la capacidad de intercambio de cationes se observa que el caserío de Rio Tigre presenta un nivel de mayor en 20 años de $14.69 \text{ Cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, a comparación de Bella Alta en 20 años con $6.30 \text{ Cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$. Es necesario resaltar que entre el 20 y 70 % de la capacidad de intercambio iónico de los suelos es atribuida a las sustancias húmicas y el resto a los minerales de arcilla, desde el punto de vista nutricional tiene efectos tanto directos como indirectos en la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, especialmente en el aporte de N, P, S y fuente de energía para microorganismos fijadores de N (FASSBENDER, 1975).

La tendencia de los resultados es muy clara en el sentido de mantener una relación proporcional entre los sistemas de uso y la CIC al igual que el indicador como la materia orgánica.

5.3. Del sub índice de uso sustentable SUSS

Un objetivo importante en este trabajo es determinar la calidad de los suelos ex cocal a través del sub índice de uso sustentable para tener por un lado una visión holística de los atributos del suelo y por otro la influencia de los caseríos en 5, 10, 15, y 20 años, sobre la calidad en general de los suelos.

En consecuencia los resultados muestran que en el caserío de Bella presento un SUSS mayor en 20 años con 0.36 y un SUSS menor en 5 años con 0.21, en el caserío de Inti presento un SUSS mayor en 20 años con 0.37 y un SUSS menor en 5 años con 0.21, en el caserío de Bella Alta presento un SUSS mayor en 20 años con 0.33 y un SUSS menor en 5 años con 0.15, en el caserío de Rio Oro presento un SUSS mayor en 20 años con 0.38 y un SUSS menor en 5 años con 0.15 y el caserío de Rio Tigre presento un SUSS mayor en 20 años con 0.37 y un SUSS menor en 5 años con 0.17, correspondiente a todos los caseríos con una clasificación de calidad "pobre". Determinando de esa manera que todo los caserío según los 5, 10, 15, y 20 años no presentan diferente comportamiento en la modificación de los principales atributos del suelo.

Para explicar los resultados con mayores sub índice encontrados debemos entender que estas áreas han sufrido un proceso de pérdida de material superficial, pérdida de nutrientes y pérdida de su estructura original debido a la acción humana y al tipo de suelo que tenemos en la jurisdicción, generalmente estos cultivos son instalados a favor de la pendiente, el control de malezas con herbicidas y la extracción de los residuos vegetales del área, la alta pluviometría y el tipo de suelo inceptisol con epipedón granular y un endopedón con estructura sub angular que ofrece resistencia a la infiltración del agua y es el que acelera la perdida de las partículas y los agregados en el epipedón sumada a una geomorfología de lomas y colinas y en algunos casos de montañas bajas (URRELO, 1997).

VI. CONCLUSIONES

1. En la recuperación natural a través de los parámetros físicos del suelo en los diferentes caseríos (Bella, Inti, Bella Alta, Rio Oro y Rio Tigre) mostraron una textura desde arcillo limoso, franco hasta arcilloso, donde nos muestra una fuerte tendencia de aumento con respecto a la velocidad de infiltración y una clara tendencia de disminución con respecto a la densidad aparente, temperatura y a la resistencia a la penetración durante los 5, 10, 15, 20 años.
2. En cuanto a la recuperación natural a través de los parámetros químicos del suelo en los diferentes caseríos (Bella, Inti, Bella Alta, Rio Oro y Rio Tigre) en función a los 5, 10, 15, 20 años no existe una tendencia sobre el nivel de p, todos presentan un pH fuertemente ácido, contenidos bajo en fósforo, y una tendencia en materia orgánica de medio a muy bajo al igual que el nitrógeno y la capacidad de intercambio de catiónes CIC, todos oscilan de bajo a muy bajo.
3. Con referencia a la calidad en base al SÚSS se determinó que en los cinco caseríos (Bella, Inti, Bella Alta, Rio Oro y Rio Tigre) muestran una clara tendencia de aumento de los 5 a los 20 años con respecto a su

recuperación, presentando así cada uno de ellos un SUSS con calidad pobre.

VII. RECOMENDACIONES

Culminada este trabajo de investigación recomendamos lo siguiente:

1. No establecer cultivos de coca, asimismo investigar el periodo necesario para recuperar un suelo degradado por este cultivo de forma natural o con alguna técnica ya sea convencional o conservacionista.
2. Investigar la metodología del SUSS para fijar sus valores de corte y valores deseados, bajo nuestras condiciones de suelos ácidos para una correcta interpretación de la calidad del suelo.
3. Utilizar el método del SUSS para realizar un mapeo de la calidad de los suelos en nuestra jurisdicción distrital, provincial, como base para la implementación de políticas de conservación de nuestros suelos y mejorar nuestro ambiente.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZAN, R. 1996. Manual para el Análisis Químico Suelos Aguas Plantas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Fundación para el Desarrollo Agrario. 54 p.

BIBLIOTECA DE CAMPO. 2002. Manual Agropecuario Tecnológicas Orgánicas de la granja integral Autosuficiente. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Bogotá, Colombia. 109 p.

CAIRO, P. 1995. La fertilidad física de suelos y la agricultura orgánica en el trópico. Universidad Nacional Agraria, Managua. 228 pp.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA (USDA), 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. [EN LINEA]: NCRS, (http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf, 12 noviembre 2014).

DORAN, J.W., and PARKIN, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In "Definig Soil Quality fo a Sustainable Environment" p. 3-21. SSSA Spec. Publi. No. 35, Soil Sci. Soc. Am., Inc., and Am. Soc. Agron., Inc., Madison, WI.

- DORAN, J.W., and PARKIN, T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. P. 25-37. In J.W. Doran and A.J. Jones (ed) Methods for assessing soil quality. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- DOUROJEANNI, M. 2000. El impacto medioambiental de cultivo de la coca y producción de la cocaína en la cubierta de las amazonas.
- FASSBENDER, H. 1975. Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina. 2ed. IICA. San José, Costa Rica. 404 p.
- FASSBENDER, H. W. 1984. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Cuarta edición. Editorial IICA, San José. 398 pp.
- FOTH, H. D. 1985. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Editorial Continental, S. A. México. 433 pp.
- GREGORICH, E.G., 1991. Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different textures. Soil Biol. Biochem. 23: 799-805.
- HENRÍQUEZ, H. & CABALCETA, G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. 1ra Edición. San José, Costa Rica. ACC. 111 pp.
- HERNANDEZ et al., 2006. El suelo. Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Universidad Autónoma de Nayarit. 1ed. 254 p.

- HOLDRIDGE. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica. Servicio Editorial IICA. 216 p.
- HUAMANI, H., MANSILLA, L. 1995. Caracterización del estado nutricional de los suelos degradados del alto Huallaga. En *tropicultura*. Tingo María, Perú. Vol. 1(2). 7-17 p.
- JIMÉNEZ, R. y GONZÁLEZ, V. 2006. La calidad de suelos como medida para su conservación. *Edafología*. Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica. Madrid, España, vol 13, 125-138 p.
- LAL, R. and STEWART, B.A. 1990. Soil Degradation: A global threat. En: R. Lal and B.A. Stewart (eds) *Soil degradation*, pp XIII-XVII. *Advances in Soil Science*, vol 11, Soil degradation, springer-verlag, New York, USA
- LARSON, W.E., and PIERCE, F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In "Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World" Vol. 2, *Technical Papers*, pp. 175- 2013. *Proc. Int. Workshop*, Chiang Rai, Thailand, pp 15-21. *Int. Board for Soil Res. And Management*, Bangkok.
- MACHADO E. 1972. El género *Erythroxylum* en el Perú, las cocas silvestres y cultivadas en el Perú edit. *Raymondiana* Lima.

- MOSCATELLI, G., SOBRAL, R., NAKAWA, V. 2005. Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]: (<http://www.inta.gov.ar>,Articulo,13 Jun.2014).
- NUÑEZ, J. 2007. Fundamentos de edafología. Edit. EUNED. [En línea]: ([http://books.google.com.pe/books?id=dpachut7xxoc&pg=PA184&dq=organismos del suelo&hl=es&sa=x&ei](http://books.google.com.pe/books?id=dpachut7xxoc&pg=PA184&dq=organismos+del+suelo&hl=es&sa=x&ei)).
- ORTIZ, B. & ORTIZ, C. 1990. Edafología. Editora V. Gómez Cueva, Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 394 pp.
- PRITCHETT, W. 1990. Suelos forestales. Editorial Limusa, México D.F. 364 pp.
- SAGARDOY, M. y MANDOLESÍ, M. 2005. Biología del suelo. Guía de estudio. Universidad Nacional del Sur. Ediciones UNS. 127 p.
- SÁNCHEZ, J. 2007. Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN SAGARPA. 2012. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. Componente: Línea de Base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales. 58 p.
- SENAMHI. 2013. Boletín Regional. Huánuco, Perú. 30 p.

STEVENSON, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions.

Wiley, New York.

URRELO, G. 1997. Cultivo de la coca en el Perú. IX Congreso nacional De

Ingeniaron Agrónomos. 15 p.

IX. ANEXO

Anexo 1. Cuadro de datos de los indicadores fisicoquímicos del suelo

Cuadro 33. Datos de los indicadores físicos del suelo

Área de estudio	Años	Densidad aparente	Resistencia a la penetración	Temperatura del suelo	Velocidad de infiltración	Textura del suelo
		g/cm ³	Kg/cm ²	°C	cm/h	
Bella	5 años	1.43	3.05	25.0	17.4	Arcilloso
	10 años	1.35	2.89	24.9	19.5	Franco arcilloso
	15 años	1.24	2.75	25.0	20.4	Franco arcillo limoso
	20 años	1.20	2.96	24.5	18.3	Arcilloso
Inti	5 años	1.40	3.00	24.5	16.8	Arcilloso
	10 años	1.34	2.97	25.0	16.1	Arcilloso
	15 años	1.20	2.85	24.4	17.3	Arcilloso
	20 años	1.20	2.92	24.1	17.8	Arcilloso
Bella Alta	5 años	1.40	3.20	24.9	16.9	Arcilloso
	10 años	1.30	2.97	25.8	19.7	Franco arcilloso
	15 años	1.35	2.94	24.5	20.2	Franco arcilloso
	20 años	1.20	3.14	24.0	17.6	Arcilloso
Rio Oro	5 años	1.35	3.14	24.5	20.1	Franco arcilloso
	10 años	1.28	2.98	25.7	18.8	Arcilloso
	15 años	1.23	2.72	24.9	19.7	Franco arcilloso
	20 años	1.18	3.60	25.8	16.9	Arcilloso
Rio Tigre	5 años	1.33	2.54	24.7	20.7	Franco arcillo limoso
	10 años	1.30	2.89	24.9	18.9	Franco Arcilloso
	15 años	1.20	2.90	24.3	22.4	Franco limoso
	20 años	1.24	2.67	24.0	20.5	Arcillo limoso

Cuadro 34. Datos de los indicadores químicos del suelo

Área de estudio	Años	Potasio disponible K(ppm)	Potencial de hidrógeno (pH)	Fósforo disponible P (ppm)	Materia orgánica MO (%)	Nitrógeno total N (%)	Calcio intercambiable Ca (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Magnesio intercambiable Mg (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Capacidad de intercambio catiónico CIC (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)
Inti	5 años	73.97	4.60	4.77	0.43	0.02	3.78	0.86	11.44
	10 años	53.73	4.12	4.40	1.70	0.08	3.76	0.85	11.10
	15 años	61.47	4.66	4.96	0.85	0.04	4.61	0.94	9.65
	20 años	75.97	4.39	4.40	1.79	0.08	4.65	1.04	11.59
Bella	5 años	60.47	4.67	4.86	0.60	0.03	3.78	0.83	11.50
	10 años	50.98	4.74	4.96	1.36	0.06	4.29	0.92	7.80
	15 años	62.47	4.60	4.77	0.34	0.02	3.94	0.96	10.50
	20 años	59.97	4.81	4.96	2.21	0.10	4.20	0.88	7.58
Rio oro	5 años	53.98	4.43	4.40	0.51	0.02	4.38	0.92	9.90
	10 años	58.47	4.23	4.21	2.21	0.10	3.69	0.85	12.43
	15 años	58.97	4.16	4.02	0.77	0.03	4.10	0.92	10.02
	20 años	60.97	4.45	4.49	1.87	0.08	4.72	1.06	11.57
Rio tigre	5 años	57.97	3.92	3.55	0.43	0.02	3.99	0.87	10.86
	10 años	52.48	4.73	4.77	1.19	0.05	4.83	0.95	9.88
	15 años	51.18	4.22	4.30	1.70	0.08	4.52	0.98	10.29
	20 años	61.52	3.67	3.93	2.13	0.10	4.77	1.02	14.69
Bella alta	5 años	47.98	4.71	4.77	0.34	0.02	4.11	0.53	7.23
	10 años	53.48	4.56	4.49	1.28	0.06	4.69	0.94	8.63
	15 años	52.72	4.53	4.58	0.43	0.02	5.14	1.08	10.22
	20 años	45.48	4.72	4.85	2.04	0.09	4.37	0.93	6.30

Anexo 2. Calculo del SUSS

Para determinar el SUSS primero es necesario encontrar Rn de cada indicador (j) de cada muestra.

La materia orgánica de Bella en 5 años es (0.43), se establece el valor de corte (0.5) y el valor deseable (5.1) según el cuadro 19 de parámetros edáficos, unidades de medida, valores máximos y mínimos definidos para evaluar el estado actual del suelo y se calcula de la siguiente manera:

$$Rn_j = 1 - \left(\frac{V_{rj} - d_j}{c_j - d_j} \right) \quad Rn_j = 1 - \left(\frac{0.43 - 5.1}{0.5 - 5.1} \right) \quad Rn_j = -0.02$$

Entonces encontramos el Rn de todos los indicadores evaluados en cada caserío (Bella, Bella Alta, Inti, Rio Oro, Rio Tigre, en 5, 10, 15 y 20 años) y aplicamos, directamente la fórmula del SUSS.

Siempre que se esté trabajando con una muestra compuesta en este caso el $Rn = P$.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m Rn_j}{m}$$

Pero si se tiene más de una muestra analizada por caserío se calcula Rn de cada indicador de cada muestra y se obtiene el promedio de los Rn , de cada indicador de cada muestra y luego este promedio es P y este último se aplica en la fórmula final del SUSS.

$$SUSS = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Cuadro 35. Normalización de indicadores fisicoquímicos para el cálculo del SUSS de los cinco caserios en 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Años	Densidad aparente DA (g/cm ³)	Potencial de hidrógeno (pH del suelo)	Fósforo disponible P (mg/kg)	Materia orgánica MO (%)	Nitrógeno total N (%)	Calcio intercambiable Ca (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Magnesio intercambiable Mg (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	Capacidad de intercambio catiónico CIC (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)
Inti	5 años	0.19	-0.20	0.53	-0.02	-0.20	0.42	0.29	0.64
	10 años	0.35	-0.44	0.49	0.27	0.20	0.42	0.28	0.61
	15 años	0.73	-0.17	0.55	0.08	-0.07	0.51	0.31	0.47
	20 años	0.73	-0.31	0.49	0.29	0.20	0.52	0.35	0.66
Bella	5 años	0.11	-0.17	0.54	0.02	-0.13	0.42	0.28	0.65
	10 años	0.32	-0.13	0.55	0.19	0.07	0.48	0.31	0.28
	15 años	0.62	-0.20	0.53	-0.04	-0.20	0.44	0.32	0.55
	20 años	0.73	-0.10	0.55	0.38	0.33	0.47	0.29	0.26
Rio oro	5 años	0.32	-0.29	0.49	0.00	-0.20	0.49	0.31	0.49
	10 años	0.51	-0.39	0.47	0.38	0.33	0.41	0.28	0.74
	15 años	0.65	-0.42	0.45	0.06	-0.13	0.46	0.31	0.50
	20 años	0.78	-0.28	0.50	0.30	0.20	0.52	0.35	0.66
Rio tigre	5 años	0.38	-0.54	0.39	-0.02	-0.20	0.44	0.29	0.59
	10 años	0.46	-0.14	0.53	0.15	0.00	0.54	0.32	0.49
	15 años	0.73	-0.39	0.48	0.27	0.20	0.50	0.33	0.53
	20 años	0.62	-0.67	0.44	0.36	0.33	0.53	0.34	0.97
Bella alta	5 años	0.19	-0.15	0.53	-0.04	-0.20	0.46	0.18	0.22
	10 años	0.46	-0.22	0.50	0.17	0.07	0.52	0.31	0.36
	15 años	0.32	-0.24	0.51	-0.02	-0.20	0.57	0.36	0.52
	20 años	0.73	-0.14	0.54	0.34	0.27	0.49	0.31	0.13

Para determinar el SUSS se realiza la sumatoria de todo los parámetros de cada sistema de estudio (MO, Da, Ph, P, Mg, Ca, CIC y N) obteniendo un promedio de 0.21 en Bella durante los 5 años.

Cuadro 36. Datos del Subíndice de uso sustentable del suelo y clasificación de la calidad de los cinco caserios en 5, 10, 15, 20 años

Área de estudio	Años	SUSS	Calidad
Inti	5 años	0.21	pobre
	10 años	0.27	pobre
	15 años	0.30	pobre
	20 años	0.37	pobre
Bella	5 años	0.21	pobre
	10 años	0.26	pobre
	15 años	0.25	pobre
	20 años	0.36	pobre
Rio oro	5 años	0.20	pobre
	10 años	0.34	pobre
	15 años	0.23	pobre
	20 años	0.38	pobre
Rio tigre	5 años	0.17	pobre
	10 años	0.29	pobre
	15 años	0.33	pobre
	20 años	0.37	pobre
Bella alta	5 años	0.15	pobre
	10 años	0.27	pobre
	15 años	0.23	pobre
	20 años	0.33	pobre

Anexo 4. Panel fotográfico



Figura 14. Entrada principal al caserío de Rio Oro



Figura 15. Medición de temperatura en caserío de Bella en 15 años



Figura 16. Medicion de la resistencia a la penetracion de Bella en 20 años.



Figura 17. Toma de muestra en el caserío de Inti en 15 años.



Figura 18. Toma de muestra en el caserío de Rio Oro en 5 años.



Figura 19. Muestreo para densidad aparente en el caserío de Rio Oro en 5 años.



Figura 20. Toma de muestra en el caserío de Rio Tigre en 15 años.



Figura 21. Medicion de temperatura en caserío de Rio Tigre en 15 años



Figura 22. Selección de muestras para el análisis fisicoquímicos



Figura 23. Medición de la densidad aparente del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - CARRETERA CENTRAL KM 1.21 - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:			SOLSOL RAMIREZ EVELYN					PROCEDENCIA					MARIANO DAMASO BERAUN										
N°	COD. LAB.	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
		Caserio	Fundo	Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
1	S4503	INTI	5 AÑOS	17	54	29	Arcilloso	4.60	0.43	0.02	4.77	60.47	----	3.78	0.86	--	--	5.20	1.60	11.44	40.55	59.45	45.46
2	S4504	AYRA BELLA	5 AÑOS	43	24	33	Franco	4.67	0.60	0.03	4.86	73.97	----	3.78	0.83	--	--	4.00	2.90	11.50	40.00	60.00	34.78
3	S4505	RIO ORO	5 AÑOS	29	36	35	Franco Arcilloso	4.43	0.51	0.02	4.40	57.97	----	4.38	0.92	--	--	3.50	1.10	9.90	53.54	46.46	35.35
4	S4506	RIO TIGRE	5 AÑOS	25	34	41	Franco Arcilloso Limoso	3.92	0.43	0.02	3.55	47.98	----	3.99	0.87	--	--	4.60	1.40	10.86	44.76	55.24	42.35
5	S4507	BELLA ALTA	5 AÑOS	25	46	29	Arcilloso	4.71	0.34	0.02	4.77	53.98	----	4.11	0.53	--	--	2.50	0.10	7.23	64.06	35.94	34.56
6	S4508	INTI	10 AÑOS	17	50	33	Arcilloso	4.12	1.70	0.08	4.40	50.98	----	3.76	0.85	--	--	4.50	2.00	11.10	41.45	58.55	40.54
7	S4509	CECILIA RIO ORO	10 AÑOS	17	50	33	Arcilloso	4.23	2.21	0.10	4.21	52.48	----	3.69	0.85	--	--	6.00	1.90	12.43	36.45	63.55	48.27
8	S4510	RIO TIGRE	10 AÑOS	41	28	31	Franco Arcilloso	4.73	1.19	0.05	4.77	53.48	----	4.83	0.95	--	--	4.00	0.10	9.88	58.48	41.52	40.50
9	S4511	LOARTE BELLA	10 AÑOS	33	36	31	Franco Arcilloso	4.74	1.36	0.06	4.96	53.73	----	4.29	0.92	--	--	2.50	0.10	7.80	66.67	33.33	32.04
10	S4512	BELLA ALTA	10 AÑOS	31	30	39	Franco Arcilloso	4.56	1.28	0.06	4.49	58.47	----	4.69	0.94	--	--	2.80	0.20	8.63	65.22	34.78	32.46

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO N° 001-0562525
TINGO MARIA 11 DE DICIEMBRE 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

Ing° Luis C. Mansilla Miraya
JEFE



Figura 24. Análisis fisicoquímico del suelo 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - CARRETERA CENTRAL KM 1.21 - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		SOLSOL RAMIREZ EVELYN						PROCEDENCIA					MARIANO DAMASO BERAUN																
N°	COD. LAB.	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						Cice	%	%	%							
				Arena	Arcilla	Limo							Textura	Ca	Mg	K	Na	Al					H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al			
		Caserío	Fundo	%	%	%	1:1	%	%	ppm	ppm																		
11	S4513	RIO TIGRE	15 AÑOS	25	24	51	Franco Limoso	4.22	1.70	0.08	4.30	52.78	---	4.52	0.98	--	--	1.30	3.50	10.29	53.35	46.65	12.63						
12	S4514	RIO ORO AMANCIO	15 AÑOS	25	38	37	Franco Arcilloso	4.16	0.77	0.03	4.02	51.18	---	4.10	0.92	--	--	4.75	0.25	10.02	50.08	49.92	47.42						
13	S4515	RIO TIGRE Sella Alta	15 AÑOS	31	30	39	Franco Arcilloso	4.53	0.43	0.02	4.58	58.97	---	5.14	1.08	--	--	3.30	0.70	10.22	60.84	39.16	32.31						
14	S4516	ACOSTA BELLA	15 AÑOS	21	38	41	Franco Arcillo Limoso	4.60	0.34	0.02	4.77	61.47	---	3.94	0.96	--	--	5.30	0.30	10.50	46.65	53.35	50.49						
15	S4517	INTI	15 AÑOS	19	46	35	Arcilloso	4.66	0.85	0.04	4.96	62.47	---	4.61	0.94	--	--	3.70	0.40	9.65	57.52	42.48	38.34						
16	S4518	RIO ORO	20 AÑOS	19	60	21	Arcilloso	4.45	1.87	0.08	4.49	61.52	---	4.72	1.06	--	--	5.50	0.30	11.57	49.88	50.12	47.52						
17	S4519	INTI	20 AÑOS	15	52	33	Arcilloso	4.39	1.79	0.08	4.40	59.97	---	4.65	1.04	--	--	5.30	0.60	11.59	49.08	50.92	45.74						
18	S4520	BELLA ALTA	20 AÑOS	19	42	39	Arcilloso	4.72	2.04	0.09	4.85	60.97	---	4.37	0.93	--	--	0.70	0.30	6.30	84.12	15.88	11.11						
19	S4521	RIO TIGRE	20 AÑOS	15	44	41	Arcillo Limoso	3.67	2.13	0.10	3.93	45.48	---	4.77	1.02	--	--	7.50	1.40	14.69	39.40	60.60	51.07						
20	S4522	BELLA	20 AÑOS	19	50	31	Arcilloso	4.81	2.21	0.10	4.96	75.97	---	4.20	0.88	--	--	2.40	0.10	7.58	67.03	32.97	31.65						

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO N° 001-0562525
TINGO MARIA 11 DE DICIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

Ing. Luis M. Mansilla Miraya
JEFE



Figura 25. Análisis físicoquímico del suelo 2

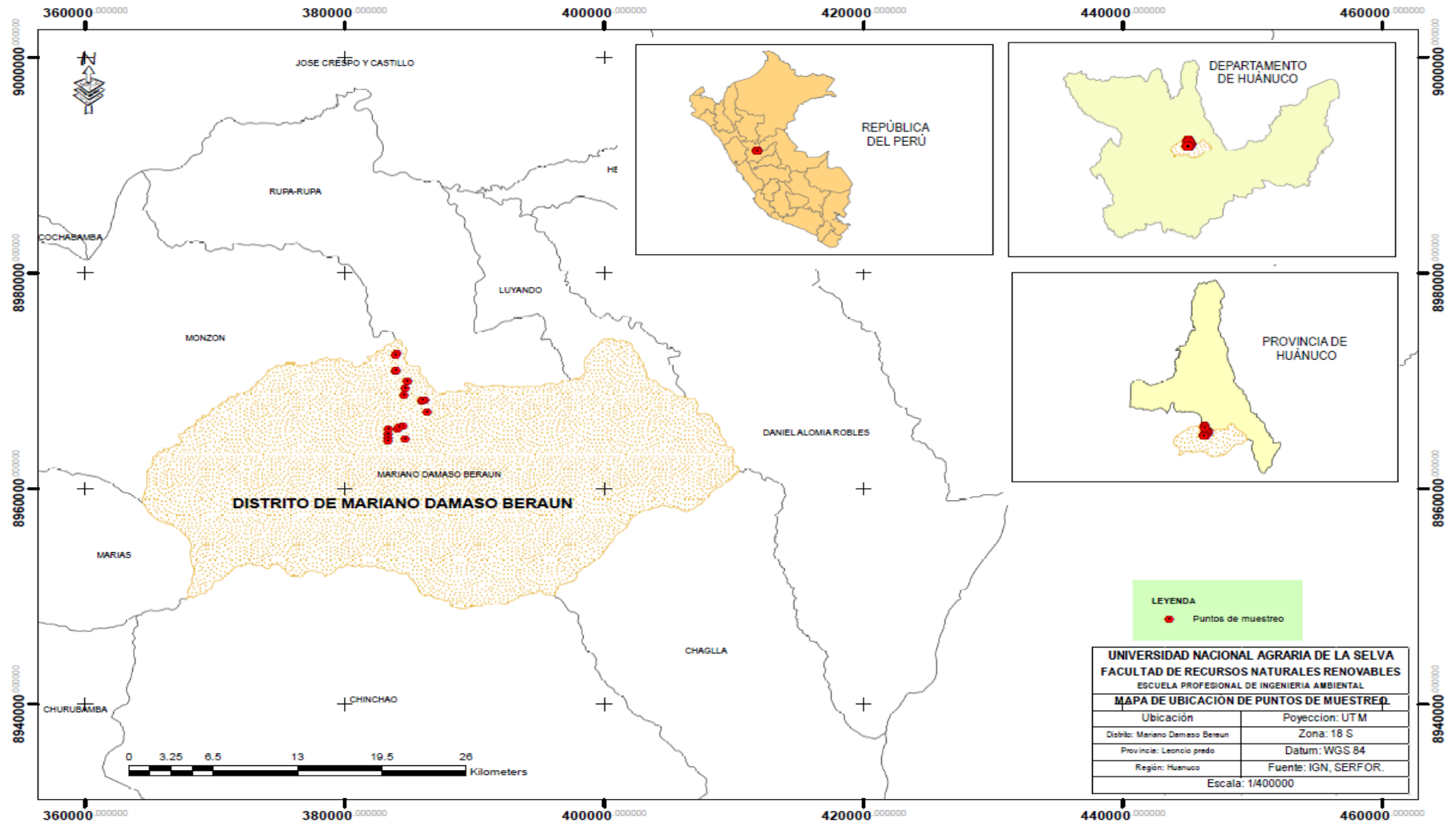


Figura 26. Plano de ubicación de la zona de estudio

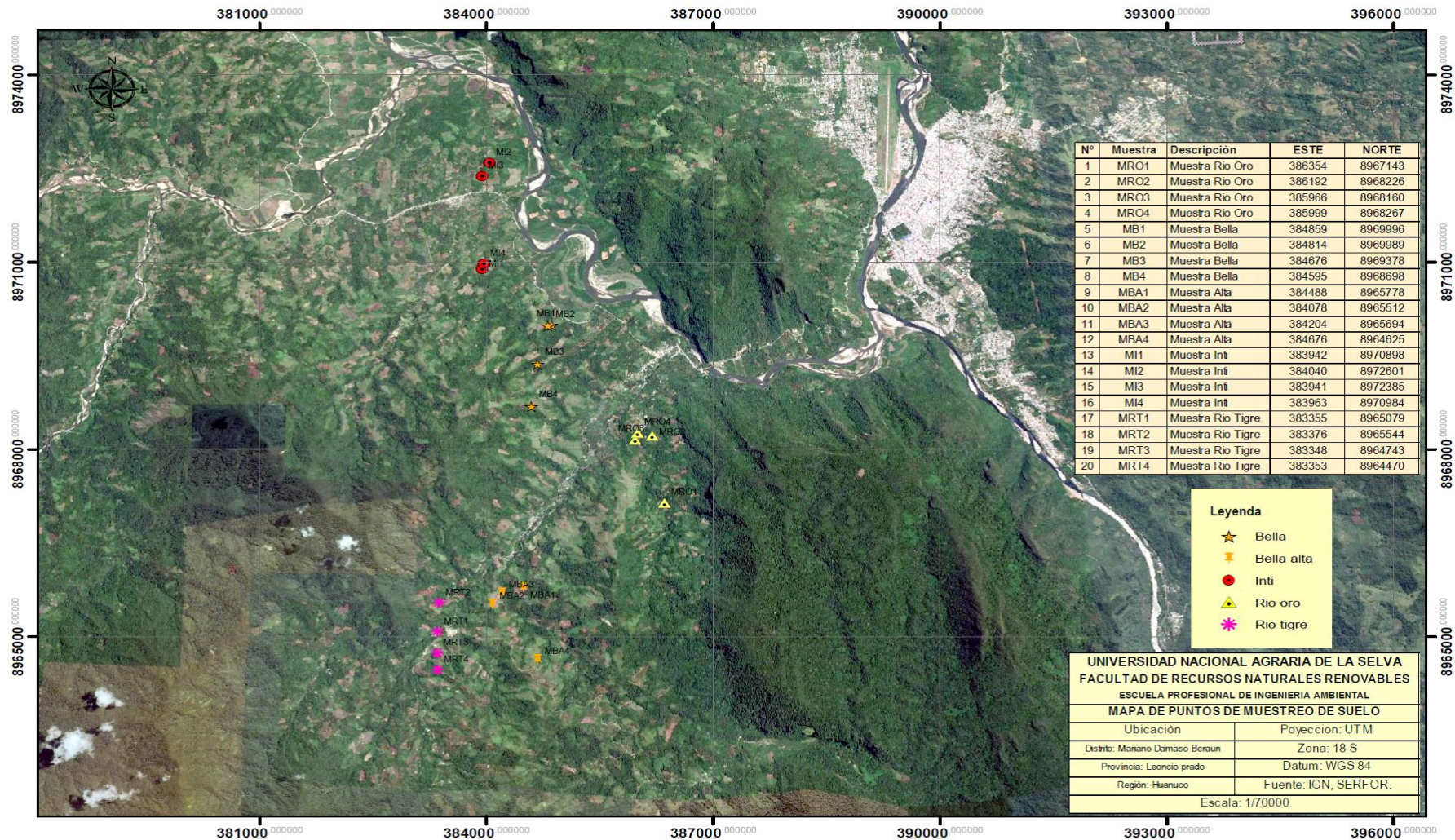


Figura 27. Plano de ubicación de las 20 muestras en 5, 10, 15, 20 años

