

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



**CROMATOGRAFÍA Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y
BIOLÓGICOS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO EN DIFERENTES
SISTEMAS DE USO, CENTRO POBLADO BELLA- TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

YENNY SÁNCHEZ CASTRO

“UNAS, cuna de profesionales con éxito”

PROMOCIÓN 2009 – II

Tingo María – Perú

2012

DEDICATORIA

A Dios:

Por sus bendiciones e iluminarme con
sabiduría, amor, paz y tolerancia.

A mis padres:

Edith Castro Raymundo y Guillermo
Sánchez Lino, con el más profundo
amor, por sus sabios consejos,
esfuerzos y sacrificios que realizaron
durante mi formación personal y
profesional.

A mis hermanos:

Edith, Noe Ángel, Edwin Guillermo,
Noemi Luz, para ellos con todo cariño
y eterna gratitud por su comprensión,
apoyo moral y espiritual.

A mis tíos:

Juan Sánchez Lino y Oscar Castro
Sánchez, por su apoyo incondicional
durante la realización del presente
estudio.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Agua mi más profundo agradecimiento, por haber permitido cristalizar uno de mis anhelos profesionales.
- A los docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por su contribución en mi formación académica y personal.
- Al Ing. MSc. Hugo A. Huamaní Yupanqui y al Ing. MSc. Roberto Obregón Peña, asesores del presente trabajo de investigación.
- Al Blgo. Miguel A. Huauya Rojas por el apoyo en la identificación de macrofauna del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Gilmer M. Neira Trujillo, por su invaluable colaboración en los análisis de suelos durante todo el proceso del experimento.
- Al Ing. Nelino Rofner Florida por el apoyo durante la fase de laboratorio.
- A mis amigas(os) Lucy Saavedra, Karina García, Marusia Reátegui, Lisset Barrios, Nela Espinoza, Marcia Cisneros, Elcira Quispe, Engady Zafra, Rosario Salazar, Lizbeth Tupiño, Linda K sevillanos, Jenny J. Huamán, Royer Casanova, Fulton Panduro, Carlos A. Lopez, Mahiño Cárdenas, Carlín Isla, Dave A. Rivera, y Elmer Mendieta, quienes brindaron su apoyo para culminar esta etapa de mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Suelos.....	3
2.2. Calidad y salud del suelo	4
2.2.1. Indicadores de calidad del suelo	5
2.3. Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo.....	6
2.3.1. Propiedades físicas del suelo.....	6
2.3.2. Propiedades químicas del suelo	8
2.3.3. Propiedades biológicas	11
2.4. Acidez del suelo	12
2.5. Suelos de la región tropical del Perú.....	12
2.6. Variaciones de los análisis físicos químicos del suelo	13
2.7. Sucesión y dinámica de los sistemas de uso	14
2.7.1. Sucesión	14
2.8. Principales sistemas de uso del suelo	15
2.8.1. Bosque secundario	15
2.8.2. Vegetación de purma	15

2.8.3. Pastizal	16
2.8.4. Área de cultivos.....	16
2.9. Degradación.....	19
2.10. Diversidad de la macrofauna en el suelo	20
2.10.1. Macrofauna	20
2.10.2. Macrofauna y sus efectos sobre el suelo	21
2.10.3. Variaciones de la densidad de la macrofauna en sistemas de uso del suelo	24
2.11. Cromatografía	25
2.11.1. Interpretación	25
2.11.2. Reactivos que se utilizan en la cromatografía de suelos	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1. Campo experimental	36
3.1.1. Ubicación política	36
3.1.2. Ubicación geográfica.....	36
3.1.3. Vías de acceso.....	36
3.1.4. Fisiografía	36
3.1.5. Fauna.....	37
3.1.6. Características climáticas de la zona del experimento.....	37
3.1.7. Vegetación y usos.....	37

3.2. Materiales.....	40
3.2.1. Materiales de campo.....	40
3.2.2. Materiales de laboratorio.....	41
3.2.3. Equipos.....	41
3.2.4. Reactivos e Insumos.....	41
3.3. Metodología de investigación y diseño experimental.....	41
3.3.1. Coordinación y reconocimiento de las áreas en estudio.....	41
3.3.2. Determinación del área en estudio.....	41
3.3.3. Obtención de las muestras.....	42
3.4. Parámetros a evaluados.....	42
3.4.1. Análisis físico químico del suelo convencional.....	42
3.4.2. Metodología para el análisis cromatográfico.....	44
3.4.3. Metodología para determinar la densidad y diversidad de la macro fauna de los diferentes sistemas de uso.....	48
3.4.4. Análisis de datos.....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1. Del análisis físico químico.....	51
4.1.1. Suelos de fertilidad media (Bella baja– Bella alta).....	51
4.1.2. Suelos de fertilidad baja.....	53
4.2. Del Análisis cromatográfico.....	55

4.2.1. Colores de los cromas por zonas.....	56
4.2.2. Dimensiones de las zonas en los cromas	61
4.2.3. Forma de las zonas en los cromas	62
4.2.4. Anillos en la zona de los cromas.....	63
4.2.5. Número y tamaño de radiación de los cromas	64
4.3. Correlación entre los análisis físico-químico y cromatográfico.....	66
4.4. Densidad y diversidad de la macrofauna del suelo	69
4.4.1. Índice de diversidad	73
4.5. Correlación entre el análisis químico físico, macro fauna y cromatografía.....	77
V. CONCLUSIONES	79
VI. RECOMENDACIONES.....	81
VII. ABSTRACT	82
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
IX. ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Clasificación funcional de los artrópodos.....	21
2. Clasificaciones de macrofauna del suelo.....	22
3. Actividades de la fauna en el suelo.	23
4. Análisis físico químico de suelos.	43
5. Características del análisis cromatográfico.....	44
6. Análisis de varianza.....	50
7. Los valores de los indicadores de un suelo ideal y los resultados de los análisis de los suelos de fertilidad media, en promedio, de Bella y Bella Alta del 2011 (Muestras N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9,10, 12, 14, 15, 17, 18).....	52
8. Los valores de los indicadores de un suelo ideal y los resultados de los análisis de los suelos de fertilidad baja, en promedio, de Bella Baja y Bella Alta del 2011 (7, 11, 13,16).....	54
9. Frecuencia de colores de la zona de oxigenación (zona 1) del análisis cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta 2011.....	56
10. Frecuencia de colores en la zona mineral (zona 2) del análisis cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta del 2011.	57
11. Frecuencia de los colores en la zona proteica (zona 3) del análisis cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta 2011.....	59

12. Frecuencia de colores en la zona enzimática (zona 4) del análisis cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta 2011.....	60
13. Frecuencia de las dimensiones en las zonas de los cromas.	62
14. Frecuencia de la forma en las zonas del cromas.	63
15. Número y tamaño de radiaciones que presenta el cromas en los suelos de Bella y Bella alta 2011.	64
16. Frecuencia de radiación en las zonas del cromas de los suelos de Bella Baja y Bella alta.	65
17. Regresión lineal múltiple entre el tamaño de la radiación y el Aluminio.	67
18. Regresión lineal múltiple entre el aluminio y; fósforo disponible,% de arena y% de limo.	68
19. Determinación de la densidad (ind.m ²) en los diferentes sistemas de uso en la fertilidad media.	70
20. Determinación de la densidad (ind./m ²) en los diferentes sistemas de uso en la fertilidad bajo del suelo de Bella baja y Bella alta 2011.....	71
21. Riqueza de especies, índice de densidad y equidad de los macro invertebrados de cada sistema de uso de fertilidad media.	74
22. Riqueza de especies, índice de densidad y equidad de los macro invertebrados de cada sistema de uso de fertilidad baja.	76
23. Regresión lineal múltiple entre la macrofauna del suelo y; aluminio, % de arena y fósforo disponible.....	78

24. Análisis del suelo.....	92
25. Indicadores biológicos y químicos de un suelo ideal Vs. Las parcelas de estudio.....	93
26. Características de los cromas de centro poblado de Bella baja – Bella alta.....	94
27. Determinación de la riqueza de especies, índice de diversidad y equidad de la macrofauna del suelo en las 18 parcelas de centro poblado de Bella baja y Bella alta.....	95
28. Resultados de las correlaciones entre el análisis físico químico, Cromatográfico y macrofauna del suelo.	104
29. Análisis de varianza entre tamaño de radiaciones y aluminio.....	105
30. Análisis de varianza entre el aluminio: fósforo, arena, limo.	105
31. Análisis de varianza entre la macrofauna: aluminio, arena y fósforo.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Sucesión dinámica de los bosques.....	15
2. Zonas que presenta un cromas.....	28
3. Fertilidad mala, actividad microbiana poca y estructura mínima.....	28
4. Situación del suelo inestable, actividad microbiológica poca y fertilidad baja/media.....	29
5. Actividad microbiológica desarrollada, estructura buena y fertilidad del suelo buena/muy buena.....	29
6. a) Tierra negra muy fértil/ b) Tierra de valle con poca fertilidad y anegada.....	30
7. C) Tierra fértil orgánica de Pastizales/ d) Suelo bien aireado.....	31
8. e) Suelo arcillosa muerta/ f) Tierra virgen muy fértil.....	32
9. g) Tierra de fertilidad baja/ h) Suelo de fertilidad alta.....	33
10. Diagrama de fertilidad media de los suelos en estudio.....	52
11. Diagrama promedio de fertilidad de los suelos en estudio.....	54
12. Densidad total por sistema de uso del suelo de Bella Baja y Bella Alta 2011.....	72
13. Suelo con pastizal, purma, bosque secundario y cultivo de café.....	106

14. Suelo con cultivo de maíz, cacao, yuca y malezas de cashaucsha.	106
15. Cultivo de plátano, cítricos, coca y muestreo de suelos.	107
16. Secado de la muestra y recolección de muestra para identificación de la macro fauna.	107
17. Muestras para la identificación de macro fauna e identificación de macro fauna.	108
18. Identificación de la macro fauna y un orthoptera	108
19. Oligochaeta.	109
20. Materiales de laboratorio para la preparación de la cromatografía.	109
21. Papel filtro # 4 e impregnando con Nitrato de plata.	110
22. Muestras para corridas y corridas de cromas.	110
23. Cromas de las muestras 1 y 2.	111
24. Cromas de las muestras 3 y 4.	111
25. Cromas de las muestras 5 y 6.	112
26. Cromas de las muestras 7 y 8.	112
27. Cromas de las muestras 9 y 10.	113
28. Cromas de las muestras 11 y 12.	113
29. Cromas de las muestras 13 y 14.	114
30. Cromas de las muestras 15 y 16.	114

31. Cromas de las muestras 17 y 18.	115
--	-----

RESUMEN

Buscando comparar la técnica de cromatografía y análisis físicos químicos para el diagnóstico de la fertilidad del suelo en diferentes tipos de sistemas de uso en la provincia de Leoncio Prado, Perú; se estudiaron un total de 18 muestras de suelos en los diferentes sistemas de uso: cultivo de coca, cultivo de pasto, purma, bosque secundario, cultivo de café, cultivo de maíz, cultivo de cacao, malezas de cashaucsha (*Imperata brasiliensis*), cultivo de yuca, cultivo de plátano y cultivo de cítricos, ubicados en los caseríos de Bella baja y Bella alta. Para el análisis físico químico de suelos se consideró los diferentes métodos de determinación mencionados por DORAN (1999), y para el análisis cualitativo de los cromas se emplearon nitrato de plata e hidróxido de sodio, luego identificamos con el color, dimensión, formas de las zonas, presencia de anillos, tamaño de radiación y número de radiación; para determinar la densidad y diversidad se empleó fórmulas utilizadas por RAMÍREZ (1999). Con los resultados se llegaron a la siguiente conclusión. No se encontró correlación significativa entre el análisis cromatográfico (número de estrías) y el análisis físico químico (% de arena, limo y arcilla; contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) ni tampoco con la macrofauna del suelo con la cromatografía. Los macroinvertebrados en suelos de purmas, presentaron una mayor densidad (1983 ind./m²), con relevancia de la Hymenoptera (1808 ind./m²) y la Isóptera (80 ind./m²).

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos tropicales presentan ciertas características que por sí mismas requieren especial manejo y conservación. Así las altas precipitaciones de más de 3000 mm anuales en nuestra zona, incrementan la meteorización y por consiguiente facilita el lavado de las bases cambiables, baja el pH aumentando por lo tanto la concentración de aluminio a niveles tóxicos para la mayoría de las plantas cultivadas.

Por otro lado, los diversos usos de los suelos, en algunos casos con escasa cobertura y las actividades de transformación de ella, han originado la degradación de nuestros suelos, requiriéndose intensas labores de práctica de manejo y conservación para mantener una producción sostenida e intensa de estas áreas degradadas. Debido a que los costos de los análisis de los suelos y al desconocimiento de otros métodos de diagnósticos de fertilidad de los suelos, los agricultores siguen laborando sobre esas tierras erosionadas, sin ningún asesoramiento técnico, hecho que hacen degradadas más la tierra.

Las técnicas para determinar la fertilidad del suelo están enfocadas a la parte física y química, requiere de un laboratorio sofisticado, que generalmente están fuera de sus parcelas y cuando los solicitan por la distancia demoran en conocer sus resultados. Además los pequeños agricultores tienen entre 1 a 5 has, con escasos poco ingreso económico lo que

limita acceder a tecnologías de análisis de los suelos de sus predios. Considerando estas limitaciones se presenta un método sencillo que con una práctica mínima cualquier persona puede realizarlo.

Este método es la “cromatografía”, es un método que sirve para hacer análisis cualitativos de tierras y compostas y que puede ser realizado en cualquier lugar a bajo costo y de forma rápida. Además conocer, de manera inmediata y gráfica, la salud de las tierras y la calidad de sus aspectos biológicos, físicos y químicos.

En este sentido, en la presente investigación se realizó ensayos con dos técnicas para determinar la fertilidad de los suelos en diferentes sistemas de uso que se presenta. Contrastando la hipótesis que el análisis cromatográfico tiene la misma eficiencia en el diagnóstico de la fertilidad que la técnica de análisis físicos químicos para diagnosticar el tipo de suelo, en base a esto se plantearon los siguientes objetivos:

- Realizar el análisis físico químico y el análisis cromatográfico de diferentes sistemas de uso.
- Correlacionar los resultados del análisis físico químico con los resultados del análisis Cromatográfico.
- Determinar la diversidad y densidad de la macro fauna, para identificar los indicadores biológicos del suelo que correlacionan los análisis físicos químicos y cromatográfico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelos

El suelo se define como la capa superficial de la corteza terrestre, formada por un grupo de elementos, que le proporciona a las plantas sostén, almacenamiento de nutrientes, agua, aire y microorganismos, los cuales unidos permiten el desarrollo normal de las plantas (CUEVA, 1988).

Literalmente deriva del latín solum que significa piso o superficie de la tierra. La gran diversidad de suelos que existe en el mundo dificulta dar una definición más precisa. Es aquel en que se le considera como medio para el desarrollo de las plantas (FOTH ,1990).

Los suelos de las regiones cálidas, húmedas y frías. Húmedos son ácidos y de edafización avanzada; estos son de baja fertilidad natural, a excepción de algunas áreas con cobertura vegetal y en las riberas de los ríos donde los suelos son menos ácidos (OBREGÓN, 1986).

El suelo se origina a partir de la roca madre, también llamada material generador del suelo. Los factores involucrados en la generación del suelo son el tiempo, que abarca varios miles de años, el que asociado con elementos de tipo climático (las lluvias, las heladas y los vientos) causan un efecto de meteorización que consiste en el rompimiento progresivo de la roca

madre. Del suelo se requiere que tenga buenas propiedades químicas (contenido de nutrientes), físicas y biológicas (CASAS, 1983).

2.2. Calidad y salud del suelo

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo.

El concepto de calidad del suelo ha estado asociado con el de sostenibilidad, pero este último tiene varias acepciones. Para BUDD (1992), es el número de individuos que se pueden mantener en un área dada. En cambio, para BUOL (1995), el uso del suelo se debe basar en la capacidad de éste para proporcionar elementos esenciales, pues éstos son finitos y limitan, por ende, la productividad.

La calidad del suelo, ha sido percibida de muchas formas desde que este concepto se popularizó en la década anterior. Este concepto ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar. Incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Simultáneamente, calidad del suelo es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso. A pesar de su importancia, la

ciencia del suelo no ha avanzado lo suficiente para definir claramente lo que se entiende por calidad (PARR *et al.*, 1992).

2.2.1. Indicadores de calidad del suelo

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo. Para hacer operativo este concepto, es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición. (ASTIER, 2002).

Los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc.). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él. Dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e

internacional. Los indicadores que se empleen deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan (BAUTISTA *et al.*, 2004).

2.3. Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo

2.3.1. Propiedades físicas del suelo

La estructura, textura, porosidad, humedad, capa arable, densidad aparente, densidad real, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto (HÜNNEMEYER *et al.*, 1997).

2.3.1.1. Estructura

La estructura es el acomodo de disposición de las partículas minerales en el suelo, por lo tanto. La materia orgánica cumple un rol muy importante y al influenciar sobre la porosidad del suelo van a determinar la mayor facilidad de movimiento del agua, transferencia de calor y aeración, densidad y porosidad del suelo.

2.3.1.2. Textura

La arcilla es importante por la capacidad de almacenar agua, además se encuentra cargada eléctricamente, tal circunstancia le confiere retener nutrientes en su superficie, por lo tanto la pérdida de nutrientes por

lavado en el caso de las arcillas es pequeña comparada con las pérdidas de nutrientes en un suelo arenoso.

Los suelos franco y franco limosos son requeridos para la mayor parte de usos (THOMPSON y TROEH, 1998).

2.3.1.3. Color del suelo

El color, y especialmente el cambio de color a lo largo del perfil del suelo, son de gran ayuda para conocer y describir los diferentes grupos genéticos. Se debe tener presente siempre que a medida que un suelo se seca, se aclara siempre el color del mismo. El cambio se debe al desarrollo de espacios entre los grupos, al revestimiento coloidal de las partículas gruesas, o a la deshidratación del material coloidal. Los suelos negros se vuelven al desecarse de color gris claros. Los suelos que se distinguen claramente entre sí en condiciones húmedas de campo no son distintos cuando se convierten en muestras de laboratorio, colores que no son reversibles al volverlos a humedecer (SÁENZ, 1996).

El color característico de los Oxisoles y Ultisoles varía desde amarillo o pardo claro hasta rojo oscuro. La coloración en estos suelos se debe principalmente a sus altos contenidos de óxidos de hierro el color está determinado tanto por el tipo de óxido de hierro dominante, como por sus abundancias relativa. Los suelos con altos contenidos de óxidos hidratados de Hierro, como la gortita ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$) y la Limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$), tienden a

presentar colores amarillos, en tanto que las formas no hidratadas como hematita (Fe_2O_3) tienden a imprimir en color rojo. En los Ultisoles bien drenados, el horizonte superficial general mente es más claro, debido a la pérdida de hierro que acompaña a la formación de estos suelos (SALINAS y VALENCIA, 1983).

Los ácidos húmicos y fúlvicos proporciona un color oscuro, que favorece la absorción de los rayos solares y por lo tanto un aumento de temperatura. Que actúa por lo tanto, como un moderador de las variaciones de temperatura en el suelo (NAVARRO, 2003).

2.3.2. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo reflejan estándares de fertilidad (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) son factores importantes en términos de producción de cultivos (ACEVEDO *et al.*, 2005).

2.3.2.1. Aluminio del suelo

Los suelos ácidos, el Aluminio es el responsable de la acidez mineral. Así mismo el contenido de las diversas formas de aluminio sirve como diagnóstico de la presencia de intensas alteraciones (acidólisis y complexólisis) (COBERTERA, 1993).

Los contenidos de aluminio son altos a medida que aumenta la profundidad en los suelos de las regiones cálidas húmedas, pero cuando se

encuentra con cobertura vegetal, mantienen su fertilidad natural, pero en cuanto se quita la cobertura, la fertilidad disminuye, tal es así que el agricultor de la selva abandona los campos a medida que baja la fertilidad, y la naturaleza se encarga de recuperar la fertilidad natural del suelo (OBREGÓN, 1986).

Solo un pequeña cantidad de minerales no silicatados son importantes en el suelo, lo demás, o bien se presenta de manera muy restringida, o son demasiados solubles para persistir en la mayoría de los suelo. Sólo la calcita y ciertos óxidos muy estables serían considerados.

Hematita tiene una densidad de 5.26 g/cc; densidad inusual en las partículas del suelo que nunca alcanzan estas cifras debido, en alguna medida, a la presencia de silicatos y minerales de aluminio y porque gran parte del hierro se halla hidratado con cantidades variables de agua. La hematita es el colorante rojo más fuerte del suelo, mientras que la goethita (mineral de fierro en forma de óxido e hidróxido) y compuestos similares que recibe el nombre inclusivo de limonita – constituyente el mineral que corrientemente produce coloraciones pardo- amarillentas. Estos minerales que son muy soluble y abundantes en muchos ambientes tropicales se encuentran en casi todo los suelo donde existen condiciones de temperaturas altas y pH bajo que favorece la deshidratación de los geles de Fe^{3+} amorfos (BORNEMISZA, 1982).

Solamente los óxidos de fierro y Aluminio, y algunos óxido metálicos, son altamente resistentes a la intemperización o meteorización y permanencia en el material original (CEPEDA, 1999).

Los procesos que cuando más claro es el suelo, se encuentra mayor cantidad de minerales y por lo contrario bajo contenido de materia orgánica (BORNEMIZA, 1982).

2.3.2.2. Fósforo del suelo (P)

El contenido total del Fósforo depende de la textura de los suelos. Tanto en climas templados como tropical, ya que cuando más fina sea la textura mayor es el contenido de fósforo disminuye con la profundidad del suelo, por la disminución de la materia orgánica y los fosfatos orgánicos (FASSBENDER, 1975).

2.3.2.3. La capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico es la suma de todos los cationes de cambio (H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , etc.) constituye la capacidad total de cambio (CTC) de un suelo (GUERRERO, 1996).

La CIC depende de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. En general, entre más arcilla y materia orgánica en el suelo, la capacidad de intercambio es mayor. El contenido de arcilla es importante, debido a que estas pequeñas partículas tienen una relación alta de área superficial a volumen. Los diferentes tipos de arcillas presentan diferentes valores de la CIC (FERNÁNDEZ y ROJAS, 2006).

2.3.2.4. Calcio y magnesio en el suelo

El calcio y magnesio son las bases que en mayor proporción participan en el complejo de intercambio catiónico. Anteriormente se vio que el

porcentaje de saturación de bases así como el Ca^{++} , Mg^{++} y el K^+ , guardan una relación directa con el pH bajo condiciones de alta acidez disminuyendo rápidamente las concentraciones de Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ en los suelos produciéndose deficiencia de estos elementos (FASSBENDER, 1975).

2.3.3. Propiedades biológicas

Las propiedades biológicas y bioquímicas (respiración edáfica, biomasa microbiana, actividades enzimáticas, microorganismos, y otros) son más sensibles y son valiosas en la interpretación de la dinámica de la materia orgánica y en los procesos de transformación de los residuos orgánicos; además, dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo, son sensibles al estrés ambiental y fáciles de medir (BAUTISTA *et al.*, 2004).

Con frecuencia, son los insectos y lombrices de tierra los que inician el proceso masticando el material, digiriendo parte de él y desmenuzando el resto en fragmentos, así como desechos y, eventualmente, cuerpos muertos de insectos, lombrices y otros microorganismos (BORNEMISZA, 1982).

La mineralización de la materia orgánica también es influenciada por la reacción del suelo, la velocidad de los procesos de la amonificación y la mineralización de compuestos sulfatados y fosforados son proporcionales al pH y estos procesos ocurren en su mejor forma bajo condiciones de pH neutros. La proporción de sulfatos y fosfatos orgánicos en el contenido total de S y P del suelo disminuye a valores de pH altos (FASSBENDER, 1975).

2.4. Acidez del suelo

La degradación biológica del suelo consiste en la pérdida de materia orgánica por disminución de aportes vegetales, y por el aumento de la tasa de mineralización. Esto es consecuencia principalmente de la erosión hídrica, los malos manejos del suelo en agricultura, el sobrepastoreo y la deforestación. Las consecuencias de la degradación biológica implican una pérdida de las propiedades del suelo, disminuyendo su fertilidad y su capacidad para producir bienes y servicios.

A menor grado de saturación de bases, más intensas serán las propiedades acidas del suelo (SÁENZ, 1966).

La acidez es característica de un suelo localizado en regiones de alta pluviometría, los cuales están sometidos a un continuo y alto lavado, y es debido a ello, el agua disuelve las bases solubles, que percolan y se pierden por lixiviación en proporciones considerables. El continuo lavado va provocando acidez que viene incrementado, al mismo tiempo por la segregación de las raíces y por los compuestos ácidos que se originan en la descomposición de la materia orgánica. Todas estas circunstancias dan lugar a que el complejo coloidal del suelo fije gran cantidad de H^+ . Y como este hidrógeno, al producirse su disociación, tiende a estar en equilibrio dinámico con la disolución del suelo (NAVARRO, 2003).

2.5. Suelos de la región tropical del Perú

Confirma que los suelos zonales, ocupan la mayor extensión (70%); en la selva alta está representado por latosoles u oxisoles rojo y

amarillo, mientras que en la selva baja está representado por latosoles u oxisoles , estos suelos son de fertilidad bien desarrollada y ocupan las laderas en general y terrazas altas de la Amazonía (MURO,1973).

Los suelos de la selva alta con valles que constituyen el Huallaga central son pluviosoles y gleisoles, están clasificados como una región acrisólica, suelos fuertemente meteorizados de naturaleza ácida, estos suelos son generalmente de color amarillo y pardo rojizo, ocupando por lo general las laderas de pendiente moderado (UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA – SELVA, 1983).

Los suelos de áreas tropicales se presentan por lo general, asociados con un pH bajo, grandes cantidades de hidróxido de Al y Fe, gran cantidad de cargas electropositivas y una alta capacidad de retención de P. existen trabajos que indican que en suelos lateríticos de Hawaii tres días después de la aplicación de dosis elevados de fosfatos, hasta el 96% de P aplicado se fijó y en su mayor proporción de Al y al Fe (FASSBENDER, 1975).

2.6. Variaciones de los análisis físicos químicos del suelo

Las características de los suelos con cultivo de café en la provincia de Oxapampa encontraron una fertilidad en promedio de 8 muestras de las cuales son: materia orgánica (M.O) 6.1; pH 6; Nitrógeno (N) 0.273; Fósforo (P) 10.8; Potasio disponible (K_2O) 367 kg/ha, Calcio (Ca) 5.23 y Magnesio (Mg) 0.79. Estos resultados nos indica que son suelos de reacción ligeramente

ácida, con un contenido alto de materia orgánica y nitrógeno, medio en fósforo y potasio, bajo en calcio y magnesio. Circunscribiendo como un suelo de fertilidad media (SALAZAR, 2011).

El resultado promedio del análisis de suelo del cultivo de cacao, en estas parcelas indican que tienen un bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno, de reacción muy fuertemente ácido y bajo en el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio, lo que permite identificar como suelos de baja fertilidad (MENDIETA, 2011).

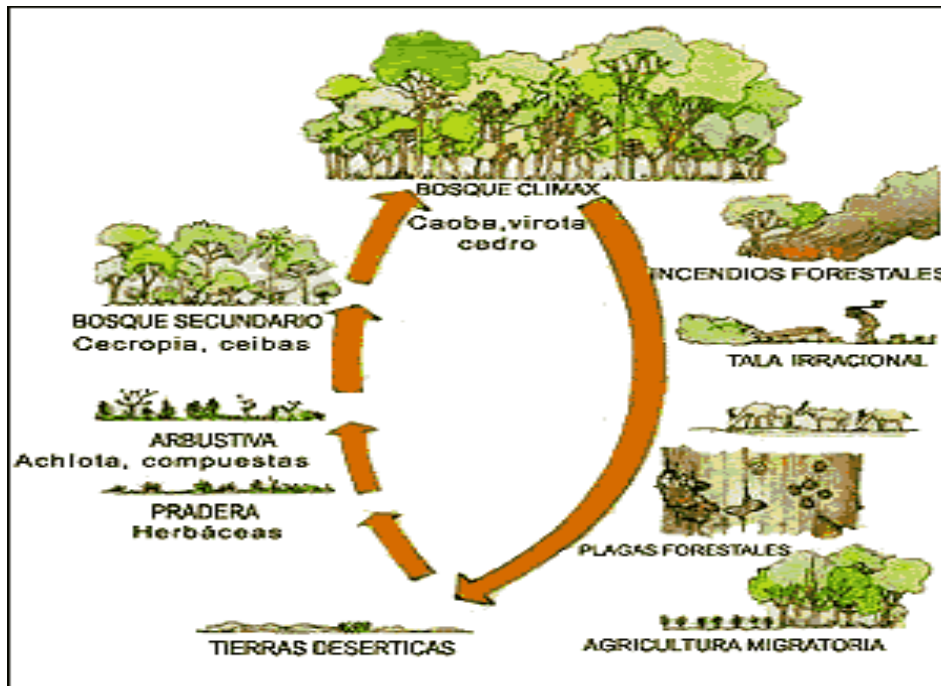
2.7. Sucesión y dinámica de los sistemas de uso

2.7.1. Sucesión

La riqueza de los bosques naturales es cuantiosa; ha sido acumulada por la naturaleza a través de los años, conformando así el bosque clímax. Sin embargo, esta riqueza puede ser destruida rápidamente. La destrucción de los bosques por variados factores como los incendios forestales, la tala irracional, el sobrepastoreo, las plagas y la agricultura migratoria, repercuten negativamente en su normal desarrollo, transformándolos en tierras desérticas. Dependiendo del nivel de erosión que sufran, estas tierras serán capaces o no de regenerar el bosque que las cubría.

En casos donde la regeneración es posible, la pradera se conformará lentamente, luego dará lugar a la formación arbustiva, en donde se desarrollarán, inicialmente, las llamadas especies pioneras, hasta configurar un

bosque secundario. La naturaleza al cabo de 100 años o más, repondrá el bosque clímax que fue mal manejado o explotado (CONAF, 1999).



Fuente: CONAF (1999).

Figura 1. Sucesión dinámica de los bosques.

2.8. Principales sistemas de uso del suelo

La vegetación conservada se localiza principalmente en la parte sur y en algunas elevaciones del norte; los principales tipos de vegetación son:

2.8.1. Bosque secundario

Estas formaciones vegetales de origen tropical y árido se caracterizan porque más del 75% de las especies que las integran pierden sus hojas en la época seca del año (JALISCO, 1999).

2.8.2. Vegetación de purma

Este tipo de bosque presenta especies pioneras que se desarrollan después de que los cultivos han sido abandonados. Luego que la vegetación original se ha talado, se ha cultivado el terreno, se abandona por disminución de la productividad del suelo, crecimiento de una vegetación herbácea, arbustiva y más tarde arbórea de especies pioneras. Con el paso del tiempo las especies clímax del bosque primario se desarrollan (JOSSE y NAVARRO, 2007).

2.8.3. Pastizal

Estos ecosistemas están constituidos por comunidades herbáceas en las que predominan las gramíneas y las gramínoideas, en algunos casos son de origen natural, pero en otros, obedece a condiciones de perturbación por sobre pastoreo (JALISCO, 1999).

2.8.4. Área de cultivos

Esta unidad de vegetación es artificial, se forma resultado de la deforestación, quema y establecimiento de cultivos. En estas áreas se presentan un gran número de especies silvestres oportunistas y algunas pioneras. Está dominada por especies de Poaceae o pastos (JOSSE y NAVARRO, 2007).

2.8.4.1. Sistemas con cultivo de coca

Los suelos con cicales que se encuentra en la gran parte del territorio de la amazonia tropical, son aquellos que han sufrido un proceso de pérdida de material superficial, pérdida de nutrientes, conducidos en surcos en el sentido de la pendiente y suelos sin cobertura vegetal y pérdidas de su estructura original debido a la acción humana (BIBLIOTECA DE CAMPO, 2002).

2.8.4.2. Cultivo de café

El café se cultiva en lugares con precipitación que varía desde los 750 mm hasta 3000 mm anuales, si bien el mejor café se produce en áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros y la temperatura media anual es de 16° a 22°, pero aún más importante es la distribución de esta precipitación en función del ciclo de la planta, podemos decir que el cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano para favorecer el desarrollo de la fructificación del café.

Los mejores suelos para el cultivo del café son los francos, de buena profundidad efectiva, con estructura granular, buena aireación y permeabilidad moderada. El pH del suelo variar de 5 a 6 (SALAS, 2004).

2.8.4.3. Cultivo de cacao

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la

producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos (PROAMAZONIA, 2004).

2.8.4.4. Cultivo de cítrico

El suelo para cítricos debe ser profundo (más de 100 cm. de profundidad efectiva), pues mientras más superficial es el suelo, menor será el desarrollo de los cultivos. Debe ser permeable y de textura mediana (BONILLA, 1992.).

2.8.4.5. Cultivo de yuca

La yuca se caracteriza por producir en suelos ácidos y pobres. Muchas veces es el último cultivo que se siembra en un programa de rotación, debido a la capacidad de producir, a pesar de la falta de nutrientes de suelos empobrecidos. Las siembras consecutivas pueden inducir a que los patógenos y las plagas se incrementen progresivamente. Por esta razón es necesario dejar o rotar el terreno después de la segunda o tercera cosecha consecutiva de yuca (SEVERINO, 2004).

2.8.4.6. Cultivo de maíz

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos

profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (INTA, 1996).

2.8.4.7. Cultivo de plátano

El cultivo de plátano prospera bien en suelos aluviales a una profundidad efectiva mínimo de 60 cm con un contenido de materia orgánica de 4%, un pH que oscila entre 4.5 a 7 donde se desarrolla satisfactoriamente (CASTAÑEDA y LOLY, 1976).

2.9. Degradación

Probablemente nadie conoce la extensión y porcentaje de las áreas degradadas o destruidas en la Amazonía, pero es evidente que son ya importantes.

Esta situación se deriva de un complejo de causas entre las que podrían citarse, a título enunciativo y no enumerativo: La deforestación, el modelo de ocupación indiscriminado y masivo; el corte, tumba y quema de áreas inadecuadas para cultivos dejando expuesto el suelo a la erosión, las actividades ganaderas en zonas donde la transformación del bosque en pastizales no soporta la compactación del suelo o el mantenimiento de la calidad del pasto exógeno, la enorme utilización de pesticidas y el empleo de herbicidas para favorecer el crecimiento de la coca, eliminando malezas y otras plantas pequeñas (FAO, 2003).

2.10. Diversidad de la macrofauna en el suelo

2.10.1. Macrofauna

La macrofauna son aquellos organismos macro invertebrados que componen la fracción orgánica del suelo y se encuentran comprendidas entre 2 mm a 20 mm de longitud. La macrofauna se mueve activamente en el suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven. Forman parte de este grupo los isópodos, quilópodos, diplópodos, arácnidos, moluscos y formícidos, isópteros, coleópteros y oligoqueto (lombrices de tierra) (LINARES, 2007).

La abundancia de toda la macrofauna puede alcanzar varios millones de individuos por ha y su biomasa varias toneladas por ha. Su diversidad podría llegar a superar el millar de especies en ecosistemas complejos (como la selva tropical), aunque todavía carecemos de datos exactos sobre la diversidad específica de la macrofauna tropical edáfica en un ecosistema dado (BROWN, 2001).

La macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endógenos y anélidos, presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico, aunque miembros de una misma categoría, pueden también tener efectos distintos sobre el suelo.

Los epigeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca (macro artrópodos detritívoros, pequeñas lombrices de tierra pigmentadas), otros comen plantas vivas (larvas de

mariposas, caracoles) y otros (arañas, hormigas, ciempiés y algunos escarabajos) son predadores del resto de la fauna. La función primordial de los epigeos es fragmentar la hojarasca y promover su descomposición (BROWN, 2001).

Las prácticas de manejo del suelo, tiene un efecto negativo sobre la macrofauna, esto se debe a que las comunidades de invertebrados presentes en el suelo son muy sensibles a los cambios de la cobertura del suelo (LAVELLE *et al.*, 1992).

Cuadro 1. Clasificación funcional de los artrópodos.

FUNCIÓN	MACROFAUNA
Ingenieros del suelo	Formicidae, Oligochaeta e Isóptera
Saprófagos	Diplópoda, Isópoda, Blattaría
Predadores	Araneida, Chilopoda, Dermaptera
Herbívoros	Hemíptera, Hymenóptera, Orthóptera
Otros	Coleóptera, gastropoda, Pseudoescorpionida, Enquitreidos
Larva	Larvas de Coleóptera y Lepidóptera

Fuentes: JONES *et al.*, (1994).

2.10.2. Macrofauna y sus efectos sobre el suelo

Son importantes por su actividad en los siguientes procesos:

- Depredación de los microbios.
- Modificación de la estructura del suelo.

- Descomposición de la materia orgánica.
- Mezcla de la materia orgánica descompuesta con la tierra.
- Incrementa la formación de agregados.

Procesos que mejoran la propiedad física del suelo y definen el hábitat de otras comunidades, algunos de estos grupos de organismos son:

Cuadro 2. Clasificaciones de macrofauna del suelo.

GRUPOS
Araneida
Isópoda
Miriapoda
Hymenóptera
Coleópteros
Orthoptera
Isóptera
Gasterópoda
Blattaria
Dermáptera

Fuente: Adaptado de JONES *et al.*, (1994), CORREA y OLIVEIRA (2000).

Una actividad biológica muy intensa puede dar lugar a modificaciones significativas al suelo, de forma que su espesor sea muy considerable y esté formado casi enteramente por deyecciones y galerías rellenas.

Cuadro 3. Actividades de la fauna en el suelo.

Categoría	Ciclaje de nutrientes	Estructura del suelo
Microfauna (4 um 100 um)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan las poblaciones de bacterias y hongos. - Alteran el ciclaje de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden afectar la estructura del suelo a través de interacciones con la microflora.
Mesofauna (100 um – 2 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan las poblaciones de hongos y de la microfauna. - Alteran el ciclaje de nutrientes. - Fragmentan detritos vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Producen pelotas fecales. - Crean bioporos. - Promueven la humificación.
Macrofauna (2 mm – 20 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan los hongos y la microfauna. - Estimulan la actividad microbiana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descompone partículas orgánicas e minerales - Redistribuyen la materia orgánica y microorganismos - Promueven la humificación. - Producen pelotas fecales.

Fuente: CORREA y OLIVEIRA (2000).

Como se puede observar en la clasificación del Cuadro 3; se muestra como criterio principal el diámetro corporal, este diámetro presenta una cierta relación con el diámetro de la pipa digestiva y del dispositivo bucal estas medidas alternadamente, determina ese tipo de recurso alimenticio y que el potencial del consumo de una animal de la fauna del suelo. De tal modo, es así, con que un integrante de la micro fauna sea capaz de triturar los desechos

orgánicos, así como no es probable que un animal de la macrofauna como los diplópodos dependan solamente de los microorganismos para su dieta (BURGES, 1971).

2.10.3. Variaciones de la densidad de la macrofauna en sistemas de uso del suelo

La densidad total de macrofauna en Pucallpa, Perú, es de 382 ind./m² en un bosque primario no intervenido, y la densidad promedio de un bosque secundario es de 313 ind./m², así mismo en el sistema agroforestal varía de 512 ind./m² a 2651 ind./m², y en cultivos en un rango de 382 ind./m² a 557 ind./m². Asimismo, el mismo autor en Yurimaguas, Perú, registró 446 ind./m² en un Bosque primario y 454.6 ind./m² en promedio para el Bosque secundario (PASHANASI, 2002).

De igual manera en la región Loreto, Perú, TAPIA - CORAL (2004), registró un total de 2281 ind./m², un total de 2281 ind./m² en un Bosque Secundario, 3702 ind./m² en una plantación forestal de *Simarouba* y en la plantación de *Cedrelinga* 2176 ind./m²; el Bosque primario un Total de 2482 ind./m². MWANGI (2004) en Embu (Kenya), para el ecosistema forestal de *Calliandra* y *Leucocephala* registra 13056 ind./m² y 32643 ind./m² para el agroecosistema con cultivo de *Zea mays* L. "maíz" MARÍN (2003), en un cacaotal de Colombia encontró 1483 ind./m². En Tingo María, Perú, en terrenos degradados por el cultivo de *Eritroxylum coca* (Lamarck) "Coca", se

encontraron 800 ind./m² y luego de 4 años de haberle implantado leguminosas rastreras, la densidad de macroinvertebrados aumento a 7000 ind./ m².

2.11. Cromatografía

La cromatografía es un método que sirve para hacer análisis cualitativos de tierras y compostas y que puede ser realizado en cualquier lugar a bajo costo y de forma rápida. Permite conocer, de manera inmediata y gráfica, la salud de las tierras y la calidad de sus aspectos biológicos, físicos y químicos.

También sirve para determinar el momento en el que compostas y biofertilizantes obtienen su máximo potencial, asegurando con esto su calidad y eficiencia. El método es tan sencillo que con una práctica mínima, cualquier persona puede realizarlo (RODRÍGUEZ, 2000).

La cromatografía tiene una ventaja de ser una técnica cualitativa rápida y de fácil ejecución en el campo, donde con la experiencia vamos conociendo cada vez más el mejoramiento o empobrecimiento de nuestros suelos. Mientras que la industria siempre está con el ojo en el bolsillo del productor; el productor, con la cromatografía siempre esta con el ojo en la vida del suelo (CHACÓN, 2009).

2.11.1. Interpretación

El principio de la interpretación de la “prueba del croma” se basa en el hecho de que el humus se forma durante el composteo o génesis del suelo y que, a medida que el proceso avanza, las sustancias húmicas de peso

molecular relativamente bajo, producidas inicialmente, se polimerizan y convierten en humus maduro menos soluble y macromolecular. Los cromas se interpretan por la forma y color de las zonas central, transicional y periférica. Varios son los colores a observar: blanco, rosa, violeta, verde, amarillo y naranja; asimismo se analizan las formas tales como suave, dentado o irregular.

La prueba del croma proporciona una idea visual de la salud del suelo/composta en el momento en que se procesa la muestra. Sin embargo, deberá considerarse que el proceso de composteo y la biología del suelo son procesos dinámicos, de tal forma que los cromas hechos en diferentes épocas del año o diferentes momentos en el proceso de compostaje pueden variar enormemente. Por otro lado, debido a que los microorganismos del suelo son responsables de la humificación de la materia orgánica cruda en los suelos (o durante el proceso de composteo), la “prueba del croma” es un buen indicador de la actividad microbiana en el suelo. Las sustancias húmicas migran diferentes distancias por acción capilar dependiendo del peso molecular que posean y la afinidad con el solvente y la fase estacionaria (papel filtro). El grado de humificación que presenten es también un indicador del nivel de actividad microbiana.

Para aprender a interpretar las imágenes de la “prueba del croma” es fundamental iniciar con sustancias o muestras conocidas y gradualmente formar con éstas una colección de cromas patrón o estándares.

A continuación se detallan los puntos más importantes a considerar en un cromograma:

- Número, ancho y color de las diferentes zonas formadas, así como la regularidad o irregularidad de su forma.

- Formación de anillos entre la zona media y la zona externa.

- Color de las zonas: el color café en diferentes tonalidades distribuido en gran parte de la imagen se atribuye a una buena formación de humus coloidal; el café oscuro se relaciona con ácidos húmicos; las radiaciones de color violeta son sustancias minerales o reducción de materia orgánica. En el caso de extractos de plantas, preparaciones de vitaminas, etc. la interpretación de los colores cambia considerablemente.

- Forma de la terminación de las radiaciones (terminación en punta), número y color. Las radiaciones color violeta en la zona interna son indicadores del proceso de descomposición de minerales o mineralización. Las diferentes fases de fermentación (1 – descomposición, 2 – formación de humus, 3 – mineralización y 4 – descomposición avanzada) están claramente indicadas en los cromatogramas de suelos y compostas (RODRÍGUEZ, 2000).

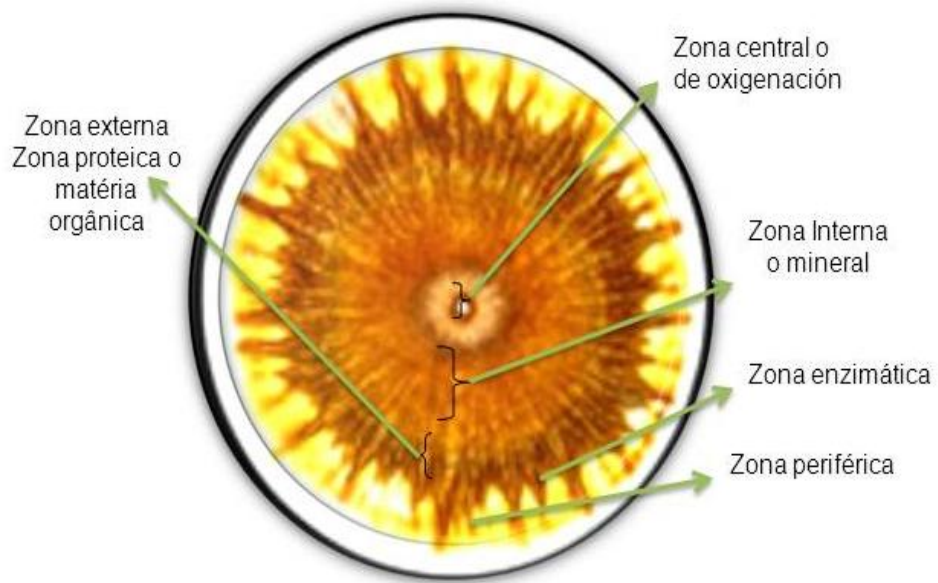


Figura 2. Zonas que presenta un cromograma.

2.11.1.1. Patrones cromatográfico de la evolución del suelo

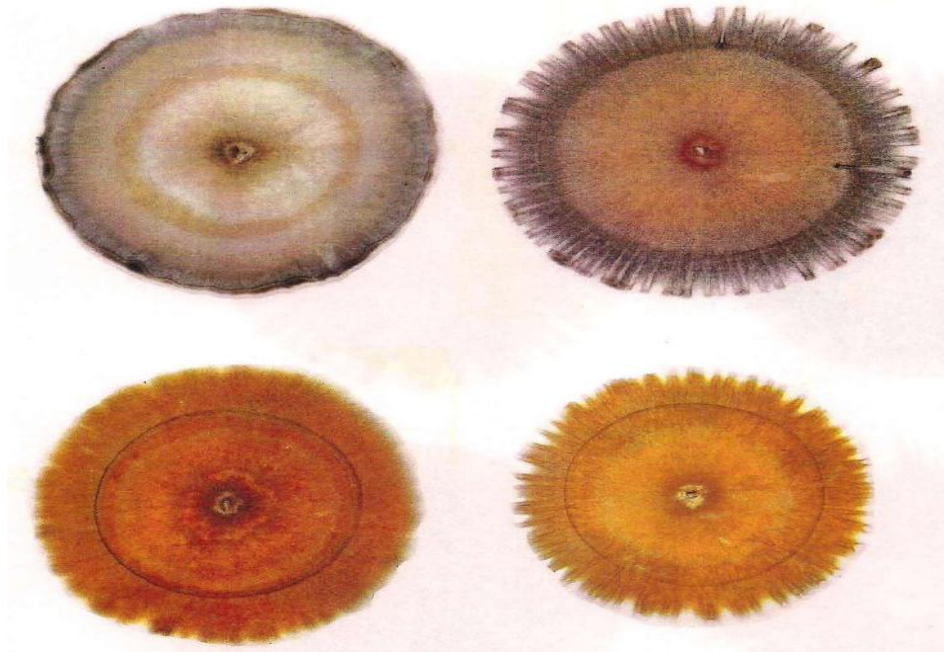


Figura 3. Fertilidad mala, actividad microbiana poca y estructura mínima (CHACÓN, 2009).

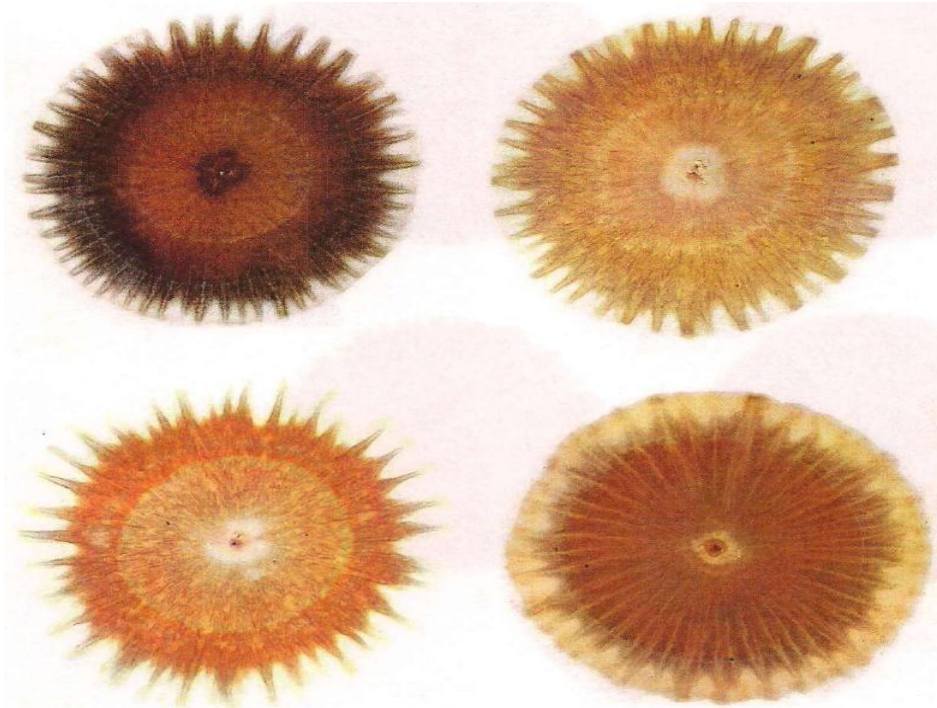


Figura 4. Situación del suelo inestable, actividad microbiológica poca y fertilidad baja/media.

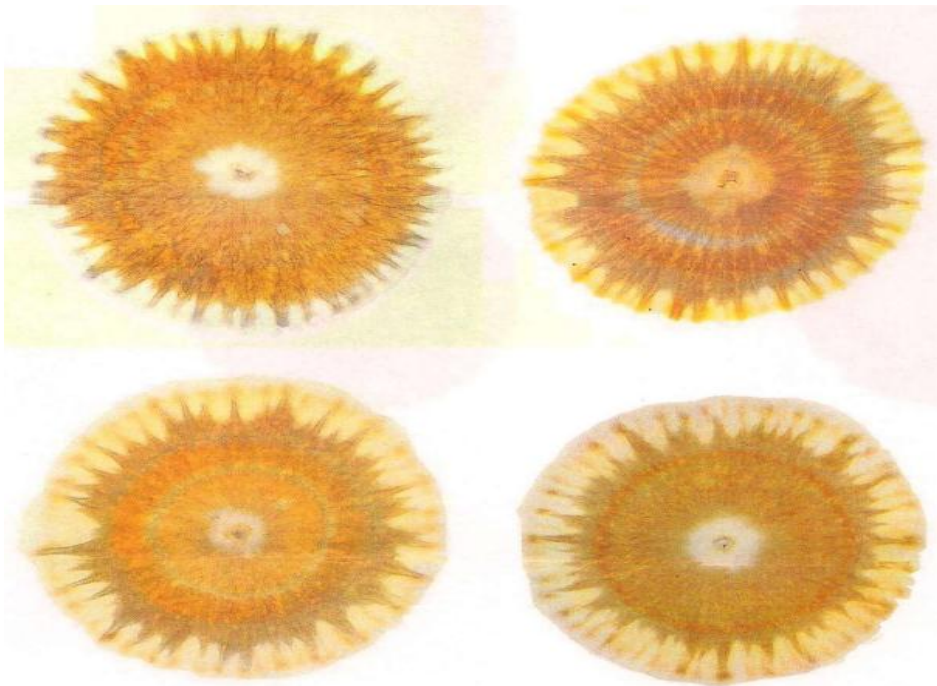


Figura 5. Actividad microbiológica desarrollada, estructura buena y fertilidad del suelo buena/muy buena.

2.11.1.2. Interpretación de algunos cromatograma

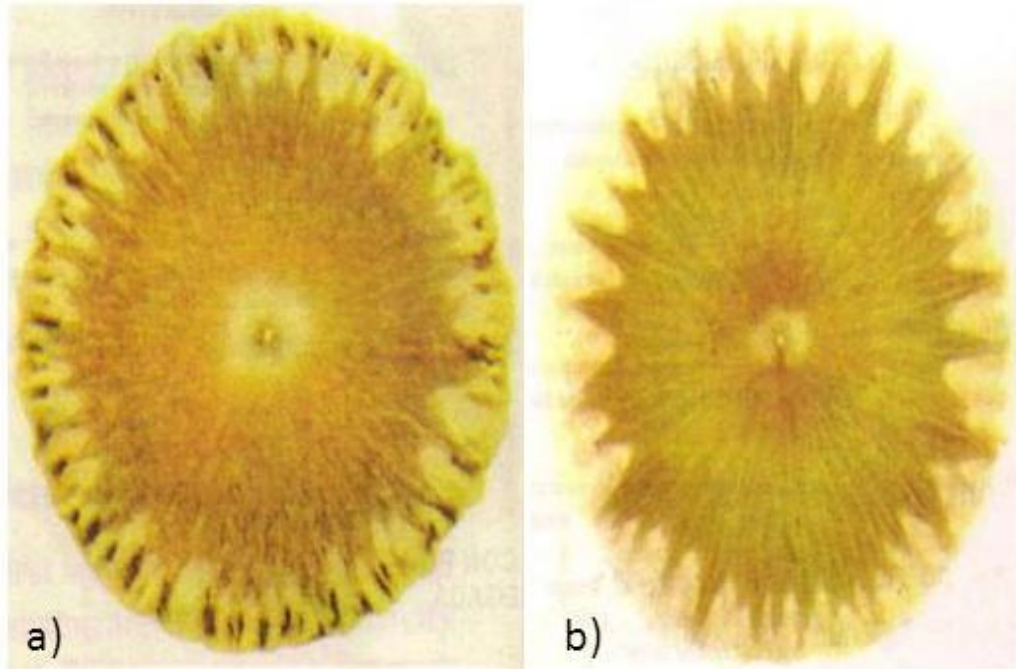


Figura 6. a) Tierra negra muy fértil/ b) Tierra de valle con poca fertilidad y anegada (PFEIFFER ,1984).

a) Un suelo negro, este es un suelo aluvial probablemente del fondo de una cuenca formada después de la era de hielo. Contiene alto contenido de materia orgánica y un inusual alto contenido de nitrógeno. No es, sin embargo estiércol o turba. La fertilidad es muy alta. El suelo está bien aireado. Principalmente se cultivan verduras ahí.

b) Una arcilla pesada, café proveniente de un prado húmedo, mal drenado en un valle. Tiene un cultivo más o menos bueno de pasto pero con muchos ácidos grasos y una población pobre de trébol. El humus crudo era ácido. Observamos la ausencia de una zona externa lo cual indicará formación de humus coloidal estable.



Figura 7. c) Tierra fértil orgánica de Pastizales/ d) Suelo bien aireado.

c) Un suelo medio pesado, bueno para pradera de pastoreo buenos pastizales, que algunas veces se encuentra anegado pero con una formación de humus razonable. Este suelo ha sido mejorado durante un periodo de 4 años desde un pH de 5,5 a 6, desde un contenido de materia orgánica de 2,8% a 4,5%, la zona perimetral del cromatograma indica el grado de formación de humus, la zona intermedia y las puntas muestran la influencia de un drenaje incompleto hacia un grado leve.

d) Un suelo bien aireado, bien drenado proveniente de la misma granja. Éste terreno siempre ha producido buenas cosechas. El color café de la zona intermedia y perimetral muestran un matiz ligeramente diferente pero muy significativo, con menos gris y más café y amarillo.

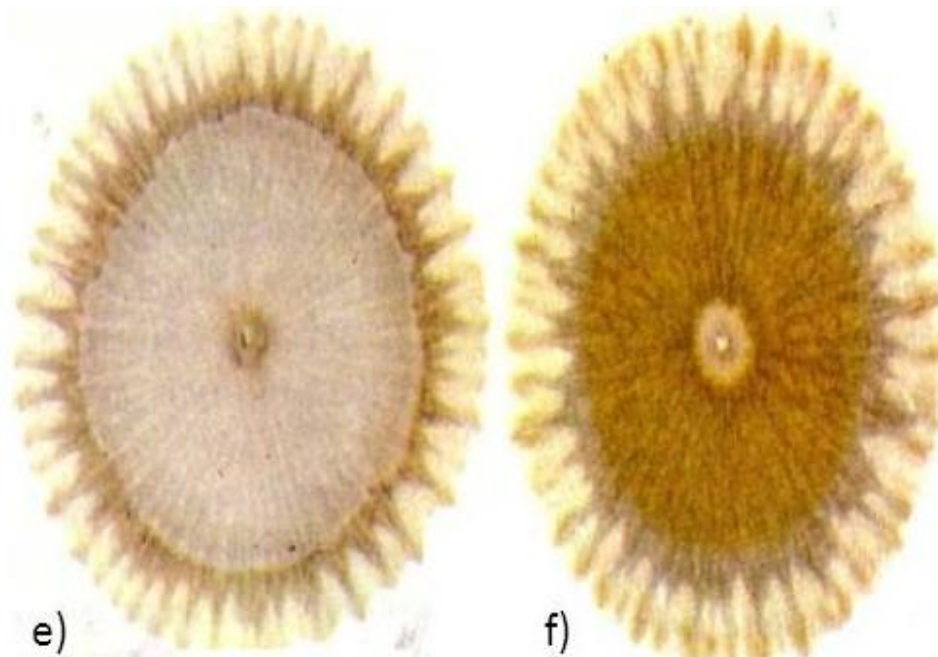


Figura 8. e) Suelo arcillosa muerta/ f) Tierra virgen muy fértil

e) Mostramos un suelo arcilloso negro y pesado. Este suelo se contrae y parte cuando está seco, pegajoso y aceitoso cuando esta mojado. Esta desprovisto de aireación y tiene muchos problemas estructurales. El análisis de los minerales disponibles es engañoso porque éste suelo obstruido era muy infértil.

Su micro flora está pobremente desarrollada. Las raíces de las plantas no podían utilizar los minerales disponibles. La usencia de los valiosos componentes húmicos se manifiesta por la falta de forma y la coloración café descolorida en el borde de la zona media del cromatograma. La zona interna es comparativa grande y casi no contiene ninguna señal de humus. La radiación capilar es de color violáceo, indicando la mineralización de éste suelo.

f) Extracto de tierra negra virgen a orillas del río. Este suelo posee un humus natural y estable. Presenta una estructura ideal y fiable además de

una fertilidad óptima. Llama la atención la zona media del cromatograma del borde café con puntos café oscuro.

La zona central se extiende, en forma de puntas, dentro de la zona periférica. El patrón de las formas radiantes es armonioso. La zona interna es café oscuro; no hay color violeta.

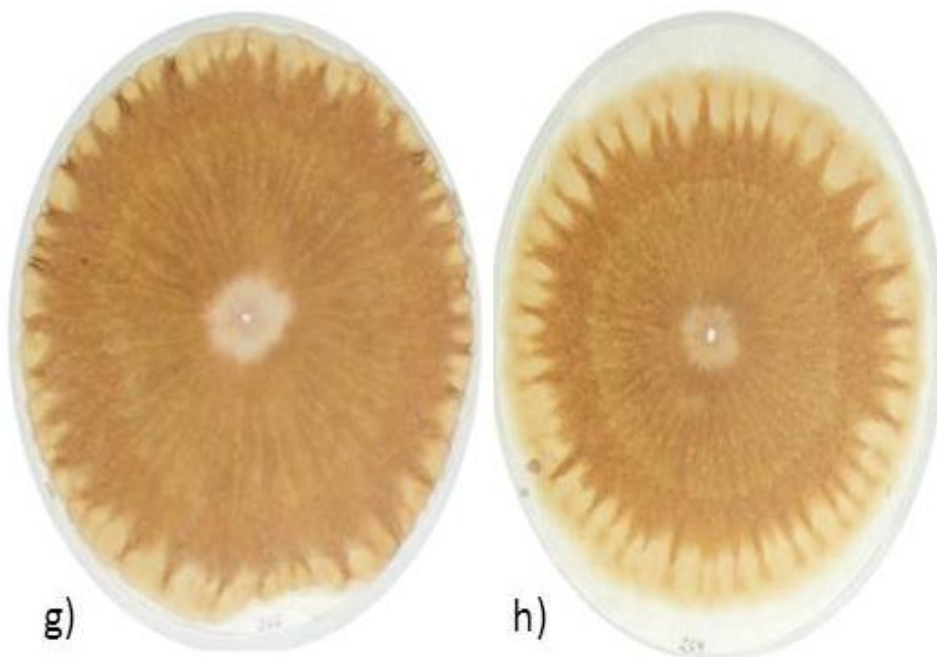


Figura 9. g) Tierra de fertilidad baja/ h) Suelo de fertilidad alta (SALAZAR, 2011).

g) La zona mineral se encuentra dissociada de la zona central, existe baja actividad microbiana, observándose poca formación de puntas y formándose nubes marcadas que indica materia orgánica siendo un suelo de baja fertilidad.

h) Suelo que presenta buena asociación entre sus zonas, con buena actividad microbiana observándose una mayor formación de puntas

externas, suelo con buena actividad y en proceso de descomposición de la materia orgánica medianamente fértil.

2.11.2. Reactivos que se utilizan en la cromatografía de suelos

Nitrato de plata (AgNO_3), se encuentra entre las sales de plata, es una de las más que se obtiene disolviendo plata pura en ácido nítrico y cristalizando la sal por evaporación. Es una sustancia blanca que funde sin descomponerse; si se la solidifica en moldes cilíndricos se fabrican barritas que tiene gran acción cáustica sobre las heridas.

La acción de la luz sobre las sales de plata: La fotografía. El ennegrecimiento de las sales de plata por la acción de la luz fue aprovechado por la fotografía. Las placas fotográficas son una película de celuloide impregnadas con sales de plata entre otras sustancias. Para obtener la fotografía se somete a la placa sensible a la luz por un tiempo muy pequeño de 1/10 a 1/25 segundos, el cual es suficiente para que se produzca sobre la película la imagen latente que se pone de manifiesto cuando se le aplica un revelador obteniendo de este modo el negativo (ARIET, 2005).

Hidróxido de sodio (NaOH), a temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%. Otro nombre común del hidróxido de

sodio es soda cáustica. El hidróxido de sodio liberado a la atmósfera se degrada rápidamente por reacciones con otras sustancias químicas, en el agua el hidróxido de sodio se separa en cationes de sodio (átomos de sodio con una carga positiva) y el anión hidróxido (átomos de hidrógeno y oxígeno cargados negativamente), lo que disminuye la acidez del agua. Si se libera al suelo, el hidróxido de sodio se separará en cationes de sodio y aniones de hidróxido cuando entre en contacto con la humedad del suelo. El hidróxido de sodio no se acumula en la cadena alimentaria (NORIEGA, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación política

La presente investigación se llevó a cabo, en el Centro Poblado de Bella – Bella alta; políticamente pertenece al distrito Mariano Dámaso Beraún, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Se ubican en las Unidades Geográficas: Longitud $76^{\circ}2'59.89''$ Oeste y una Latitud de $9^{\circ}19'3.21''$ Sur; con una altitud de 770 msnm.

3.1.3. Vías de acceso

Las vías de acceso para llegar hasta el centro poblado de Bella – Bella alta va desde la ciudad de Tingo María vía terrestre por una carretera no asfaltada, también se puede ir por vía pluvial.

3.1.4. Fisiografía

Presenta un paisaje con topografía no muy significativa, altitud de 770 msnm, pendiente que varía desde 3 a 35%, conformado por bosques secundarios, purma, y cultivos agrícolas.

3.1.5. Fauna

Se ha observado la presencia de aves, batracios, mamífero, reptiles, lepidópteros, y una gran variedad de insectos y macrofauna en el suelo en su mayor parte.

3.1.6. Características climáticas de la zona del experimento

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo de Holdridge (1982) citado por RUIZ (2008), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo pre montano sub tropical (BMH_PST) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta.

Con precipitación pluvial promedio anual 3300 mm y temperatura media anual de 25.5 °C.

3.1.7. Vegetación y usos

La vegetación que presenta la zona de estudio está marcada por los sistemas de uso de suelo, puesto que el reconocimiento de la vegetación sirvió para la clasificación de los lugares de estudio, teniendo a los siguientes sistemas de uso:

3.1.7.1. Suelos con cultivo de coca (Bella Baja– Bella Alta)

En esta zona se puede ver que la gran parte de personas se dedican al cultivo de coca (*Eritroxylum coca* L.), así mismo se encuentran

cultivos desde 1 a 8 años aproximadamente. Suelos que se encuentran degradados por el exceso de químicos que son utilizados para la hoja de coca.

3.1.7.2. Suelos con cultivos de pasto

En el área de estudio se puede ver el cultivo de pastos, se encuentran especies tales como *Brachiaria decumbens* y algunas especies de guayaba (*Psidium guajava*).

3.1.7.3. Suelos con purma

Son suelos que fueron perturbados que actualmente vienen recuperándose encontrándose una variedad de especies arbustivas como Topa (*Ochroma* sp.), Rabo de zorro (*Andropogum bicornis*), Tangarana (*Triplaris peruviana*), pona (*Socratea exorrhiza*), matico (*Piper subsilvestre*), Achiote caspi (*Bixa platycarpa* L.), Manchinga (*Brosimum rubescens* Taubert.).

3.1.7.4. Suelos del bosque secundario (Bella – Bella alta)

Presenta una vegetación muy variada propia de un bosque secundario con amplia biodiversidad de especies como: herbáceas, arbustivas, parásitas, epifitas y arbóreas las que están siendo casi en su totalidad deforestadas, quedando muy pocas áreas de protección. Caoba (*Swietenia macrophylla*), Pashaco (*Macrolobium acaciaefolium*), Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), Cetico (*Cecropia* sp.).

3.1.7.5. Suelos con cultivo de café

Suelos que se encuentran dedicados aproximadamente 7 años al cultivo de café (*Coffea arabica*) con una baja producción, encontrándose a una altitud de 700 msnm y se encuentra en el Caserío de Bella alta.

3.1.7.6. Suelos con cultivo de maíz (Bella – Bella alta)

Suelos dedicados temporalmente al cultivo de Maíz (*Zea Mays*) encontrando de 3 a 5 meses en diferente zona. Encontrándose una variedad de malezas como remolina (*Paspalum virgatum*), arrocillo (*Rodvoelia exaltata*), kudzu (*Pueraria phaseloides*), vergonzosa (*Mimosa pudica*), verdolaga (*Portucala oleracea*).

3.1.7.7. Suelos con cultivo de cacao (Bella baja– Bella alta)

Suelos dedicados aproximadamente de 25 a 45 años al cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), con una diversa variedad de especies ya que fueron extraídos muestras de diferentes zonas y propietarios.

3.1.7.8. Suelos con malezas de cashaucsha

Son suelos degradados donde se encuentra la especie cashaucsha (*Imperata brasiliensis*) cubiertos aproximadamente 10 años. Con una topografía de 45%.

3.1.7.9. Suelos con cultivo de yuca

Son suelos con cultivo de yuca (*Manihot esculenta*) temporal aproximadamente 1 año, encontrándose especies macorilla (*Pteridophyta aquilinum*) y el kudzu (*Pueraria phaseoloides*).

3.1.7.10.Suelos con cultivo de plátano

Son suelos dedicados al cultivo de plátanos (*Musa sp.*) alrededor de 1 año, encontrándose entre otros cultivos y malezas como la arrocillo (*Rodvoelia exaltata*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*), vergonzosa (*Mimosa pudica*).

3.1.7.11.Suelos con cultivos de cítricos (Bella – Bella alta)

Los cultivos de cítricos se encuentran en la zona de Bella y Bella alta, suelos dedicados aproximadamente 5 a 20 años. Malezas predominantes como mata pasto y cortadera (*Paspalum millegrana*).

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de campo

- GPS (Sistema de posicionamiento global), wincha métrica, lampas, bolsas, etiquetas de descripción del lugar, machetes, ficha de caracterización de suelos, libreta de campo, tubo muestreador, pala.

3.2.2. Materiales de laboratorio

Muestras de suelos, vasos de precipitación, jeringas descartables, baldes de plástico, fiolas, probetas, pipetas, embudos, papel filtro, lupa, bolsas de plástico, placas petri.

3.2.3. Equipos

Balanza digital, pH – metro, espectrofotómetro (lecturas de CIC), destilador, cocina eléctrica.

3.2.4. Reactivos e Insumos

Nitrato de plata al 0.5%, hidróxido de sodio al 1%.

3.3. Metodología de investigación y diseño experimental

La presente investigación tiene la característica de ser una investigación descriptiva y correlacional.

3.3.1. Coordinación y reconocimiento de las áreas en estudio

Se coordinó con los propietarios de las parcelas para la delimitación del área y la recolección de las 18 muestras de suelo en los diferentes sistemas de uso.

3.3.2. Determinación del área en estudio

Se delimitó dependiendo del área de cada predio, dentro del cual se demarcó los puntos donde se llevó a cabo el muestreo del suelo, dichos

puntos fueron determinados por el método de muestreo en zig zag. Además se llevó a cabo la ubicación del predio o parcela tomando las coordenadas con un GPS.

3.3.3. Obtención de las muestras

Las muestras de suelo para el análisis físico químico, cromatográfico se obtuvieron con un tubo muestreador mediante un muestreo superficial de 0 a 30 cm de profundidad, cada muestra contenía pesos entre 900 – 1000 g de suelo y luego se colocó en bolsas individualmente con su respectiva ficha informativa.

Los macro invertebrados del suelo fueron colectados de acuerdo a las dimensiones tomadas de 25 x 25 x 10 cm del suelo, tres repeticiones en cada sistema de uso de suelo.

3.4. Parámetros a evaluados

Con la finalidad de alcanzar los objetivos trazados en la presente investigación, se evaluaron los siguientes parámetros:

3.4.1. Análisis físico químico del suelo convencional

Las muestras de suelos fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mediante los siguientes métodos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis físico químico de suelos.

Indicadores físicos	Método de determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
pH	Método del electrométrico relación suelo agua 1:1
Aluminio intercambiable	Absorción atómica
Nitrógeno total	% M.O. x 0.045
Fósforo disponible	Método de Olsen modificado. Extracto NaHCO ₃ 0.5 M, pH 8.5
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico 6 N
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Método de Acetato de Amonio 1 N pH 7.0 (suelos con pH > 5.5).
Calcio (Ca)	Absorción atómica
Magnesio (Mg)	Absorción atómica
Potasio (K)	Absorción atómica
Sodio (Na)	Absorción atómica
Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva (CICe)	Desplazamiento con KCl 1 N (Suelos en pH) < 5.5)
Aluminio más hidrógeno	Método de Yuan
Calcio más magnesio	Método de E.D.T.A (Versenato)

Fuente: DORAN (1999).

3.4.2. Metodología para el análisis cromatográfico

El análisis cualitativo de los cromas se describió de la siguiente manera.

Cuadro 5. Características del análisis cromatográfico.

Indicadores	Zonas			
	Central o de Oxigenación	Mineral	Proteica	Actividad microbiana ó enzimática
Color	Tabla Munsell	Tabla Munsell	Tabla Munsell	Tabla Munsell
Dimensión	Cm	Cm	cm	cm
Forma de las zonas*	Regular ó Irregular	Regular ó Irregular	Regular ó Irregular	Regular ó Irregular
Presencia de anillos**	Si ó No	Si ó No	Si ó No	Si ó No
Forma de radiación***	Semidentado ó dentado	Semidentado ó dentado	Semidentado ó dentado	Semidentado ó dentado
Dimensión de la radiación	Cm	Cm	cm	cm
Número de radiación	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad

* Forma de las zonas: Regular (1) o Irregular (2).

** Presencia de anillos: Si (1) o No (2).

*** Forma de la Radiación: Semidentado (1) o Dentado (2).

3.4.2.1. Preparación de solución de nitrato de plata

La solución de nitrato de plata (AgNO_3) al 0.5% se preparó de la siguiente manera: 0.5 gramos de nitrato de plata se disuelve en 60 cm^3 de agua destilada, luego se vierte en una fiola de 100 cm^3 y se enraza a volumen con agua destilada. Luego la solución se colocó en un frasco oscuro.

3.4.2.2. Preparación de solución de soda cáustica “sosa”

La soda caustica (hidróxido de sodio) al 1%, se preparó de la siguiente manera: 1 g de hidróxido de sodio se disuelve en 60 cm^3 de agua destilada, luego se vierte en una fiola de 100 cm^3 y se enraza a volumen con agua destilada.

3.4.2.3. Preparación de la mecha o pivote

Se utilizó el papel filtro Whatman número 4 para cromatografía en el suelo. Para hacer los pivotes “cañitos o pitillos” de $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ (papel filtro número 4), con una regla y un lápiz, no rayar muy fuerte para que el grafito no quede en el recorte, de un papel sale aproximadamente de 46 a 50 pivotes. Con la ayuda de un clavo que no esté oxidado, enrollar los pivotes y reservarlo para correr, en primer lugar, la solución de nitrato de plata. Luego con la ayuda de un troquel de más o menos 2 mm de diámetro, romper el papel por el centro para dejar el espacio del pivote, aquí hacer una guía (un papel similar al tamaño del papel filtro con la guía del centro y la guía a 5 cm del centro y a 7 cm del centro) con la ayuda de una aguja marcar para saber hasta dónde corre el nitrato y hasta donde corre la muestra de suelo en “sosa” respectivamente (DELGADO, 2007).

3.4.2.4. Acondicionamiento de la placa petri y solución de nitrato de plata

Se diseñó dos placas petri una de 15 cm de diámetro y la otra de 2.5 cm, se colocó la placa pequeña dentro de la placa grande (la placa grande debe ser más alta que la pequeña), seguidamente con la ayuda de una jeringa se extrajo 3 ml de solución de nitrato de plata al 0.5% y se colocó en la placa pequeña. Tomar un papel filtro, colocar la mecha o pivote en el orificio que se hizo con el troque, acomodarlo dentro de la placa grande con la mecha en contacto con el nitrato de plata de la placa pequeña y dejar que corra hasta la marca de los 5 cm, luego retirar y con los dedos pulgar e índice tomar el pivote y desecharlo.

3.4.2.5. Protección del papel filtro con solución de nitrato de plata

En un lugar oscuro, se colocó una caja adaptada sin filtración de luz, dentro de la caja se colocó los papeles simulando un sándwich de la siguiente manera: En la parte de abajo se puso una hoja de papel bond, luego una tira doble de papel higiénico blanco, seguido se colocó el papel filtro con la solución de nitrato de plata y sobre este una tira doble de papel higiénico y luego una hoja de papel bond, quedando de esta manera el papel filtro con nitrato de plata protegido. Se puede acomodar hasta cuatro o cinco simulaciones de sándwich encima del primero. (El papel higiénico no volver a usar porque mancha los demás).

3.4.2.6. Preparación de muestras

Se tamizó las muestras de suelo en un tamiz de 2 mm de diámetro, luego se pesó 10 g y se colocó en un mortero de cerámica con el fin de fraccionar la muestra. Se pesó 5 g de muestra de suelo mullido y colocó en un vaso de polietileno, seguidamente se le añadió 50 cm³ de solución de soda caustica (hidróxido de sodio) al 1%, se mezcló con movimientos rotatorios 6 veces a un lado y 6 veces al otro y se dejó reposar. A los 15 minutos se repitió de nuevo la misma forma de mezclar y dejar reposar, a los 30 minutos otra vez se repitió lo mismo y dejó reposar por 5 horas aproximadamente.

Se extrajo 3 cm³ del sobrenadante de la muestra y colocó en la placa petri pequeña con una jeringa, en seguida el papel filtro impregnado y seco con nitrato de plata, se colocó el pivote y se puso a correr la muestra hasta la marca de los 7 cm. Manipulando cuidadosamente el papel filtro y colocando sobre una hoja de papel bond con los códigos de las muestras para no confundir con las otras muestras.

Se puso la muestra al sol por ambos lados y cuando secó se tiene la imagen que se necesitaba. Esta muestra reveló color hasta pasado los días después del revelado, se debe exponerla bien, con cuidado de que no le de sombra en ningún lado del papel (DELGADO, 2007).

3.4.3. Metodología para determinar la densidad y diversidad de la macro fauna de los diferentes sistemas de uso

3.4.3.1. Densidad (Abundancia)

Dado que para cada muestreo se utiliza un cuadro de 25 cm de lado, lo que representa 1/16 m², los datos de cada punto de muestreo son multiplicados por 16 para obtener las unidades de número de individuos por metros cuadrados (ind./m²) (CORREIA y OLIVEIRA, 2000).

3.4.3.2. Índice de diversidad de macrofauna

Riqueza de especies (S); Es el número de especies o unidades taxonómicas encontradas en los diferentes sistemas de uso del suelo (MAGURRAN, 1989; BEGON, HARPER y TOWNSEND, 1995; RAMÍREZ, 1999).

Índice de Shanon – Wiener (H); Que toma en cuenta dos aspectos de la diversidad, la riqueza de las especies y la uniformidad de la distribución del número de individuos de cada especie el valor varía de 1.5 a 3. La fórmula descrita es la siguiente (MAGURRAN, 1989; BEGON, HARPER y TOWNSEND, 1995):

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Dónde:

S= Número de especies o unidades taxonómicas

$$P_i = n_i/N$$

n_i = Abundancia de la especie i

N = Abundancia total

\ln = logaritmo natural

Índice de Equidad (J): indica la abundancia de las especies variando de 0 a 1. La fórmula para determinar el índice de equidad, es la siguiente (MAGURRAN, 1989; BEGON, HARPER y TOWNSEND, 1995).

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

Dónde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener

S = Número de especies o unidades taxonómicas

\ln = logaritmo natural

3.4.4. Análisis de datos

3.4.4.1. Regresión múltiple

Las ecuaciones múltiples que se relacionaron fueron las variables independientes: X_1 (Nitrógeno), X_2 (Fósforo), X_3 (Potasio), X_n (Magnesio, Calcio, Potasio disponible) con la variable dependiente Y (Número de radiación, tamaño de radiación y Macrofauna del suelo), esta ecuación también es fácil y

práctica para utilizar. Su uso depende del grado de correlación que exista entre variables.

$$y = a + bx_1 + cx_2 + cx_3 + \dots + dx_n \quad (1)$$

3.4.4.2. Análisis de varianza

El siguiente cuadro muestra el análisis de varianza (ANVA), de las ecuaciones que se obtuvieron en el estudio de investigación.

Cuadro 6. Análisis de varianza.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabla}
Regresión	K	$SC_{\text{Regresión}}$	$SC_{\text{Regresión}} / k$	$\frac{SC_{\text{Regresión}} / (k-1)}{SC_{\text{Residuos}} / (n-k)}$	$F(F, k-1, n-k)$
Residuos	$n - k$	SC_{Residuos}	$SC_{\text{Residuos}} / (n-k)$		
Total	$n - 1$				

n (repeticiones), k (variables), F_{tabla} (Prueba F).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Del análisis físico químico

Los cuadros 7 a 8 y Figuras 10 a 11, se muestran los resultados de análisis de los suelos (Anexo A, Cuadro 24) en el cual se muestran los datos promedios obtenidos del contenido de la materia orgánica (M.O.), pH, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio disponible (K_2O), calcio (Ca) y magnesio (Mg), para su explicación son agrupados como suelos de fertilidad media y baja.

4.1.1. Suelos de fertilidad media (Bella baja– Bella alta)

El Cuadro 7 muestra las parcelas agrupadas con fertilidad media, entre ellos se encuentran las parcelas con código 1 coca (v), 2 pasto, (v), 3 purma (v), 4 café (v), 5 Bosque (v) ,6 maíz (v), 8 Cacao (l), 9 Bosque (l), 10 Pasto (l), 12 yuca (l), 14 Platanal (osc),15 Maíz (osc), 17 cacao (san),18 Cítricos (san) pertenecientes a los siguientes agricultores: Vicente Castro Viviano, José Emiliano Barrios Chávez, Octavio Sánchez Trinidad, Alejandro Castro Sánchez y hermanos respectivamente.

Cuadro 7. Los valores de los indicadores de un suelo ideal y los resultados de los análisis de los suelos de fertilidad media, en promedio, de Bella y Bella alta del 2011 (Muestras N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9,10, 12, 14, 15, 17, 18).

Indicador	Suelo ideal	Fertilidad media
Materia orgánica (%)	3.60	2.45
pH	6.80	4.32
Nitrógeno total (%)	0.20	0.10
Fósforo disponible (ppm)	11.00	12.17
Potasio disp. (Kg-K ₂ O/ha)	350.00	418.36
Ca. (me/100 g)	10.00	4.42
Mg. (me/100 g)	1.50	0.76

Fuente: Suelo ideal (GRACEY, 2010) y elaboración propia.

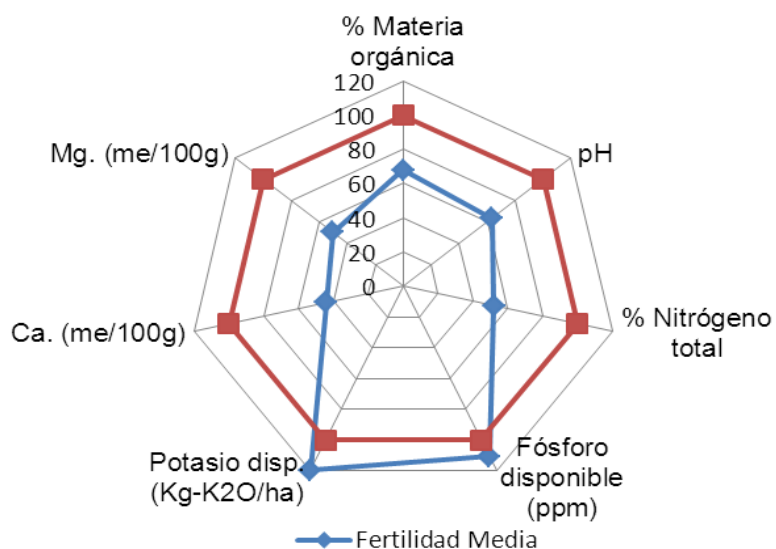


Figura 10. Diagrama de fertilidad media de los suelos en estudio.

La Figura 14 representa el promedio de los análisis de suelos en estas parcelas nos indican suelos de reacción extremadamente ácida, con un contenido medio de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio además bajo en magnesio. Lo que permite identificar como suelos de fertilidad media. Estas características son propias de los suelos de alta vegetación, que pueden ser bosques primarios o secundarios, debido a que en ciertas zonas los suelos no han sido intervenidos y no se pierden los nutrientes por lixiviación apoyados en la densa cobertura y vegetación que presentan.

Los resultados de este trabajo guardan cierta relación con lo reportado por SALAZAR (2011), donde manifiesta que los suelos de reacción ligeramente ácida, tienen un contenido alto de materia orgánica y nitrógeno, medio en fósforo, y potasio, bajo en calcio y magnesio.

4.1.2. Suelos de fertilidad baja

En el Cuadro 8 se observa a las parcelas con fertilidad baja, entre estos tenemos a las parcelas con código 7 coca (I), 11 cashaucsha (I), 13 coca (osc), 16 cítricos (osc) pertenecientes a los siguientes agricultores: José Emiliano Barrios Chávez, Alejandro Castro Sánchez y hermanos respectivamente.

Cuadro 8. Los valores de los indicadores de un suelo ideal y los resultados de los análisis de los suelos de fertilidad baja, en promedio, de Bella baja y Bella alta del 2011 (7, 11, 13,16).

Indicador	Suelo ideal	Fertilidad baja
Materia orgánica (%)	3.60	1.90
pH	6.80	4.77
Nitrógeno total (%)	0.20	0.108
Fósforo disponible (ppm)	11.00	13.36
Potasio disp. (Kg-K ₂ O/ha)	350.00	344.17
Ca. (me/100g)	10.00	3.19
Mg. (me/100g)	1.50	0.52

Fuente: suelo ideal (GRACEY, 2010) y elaboración propia.

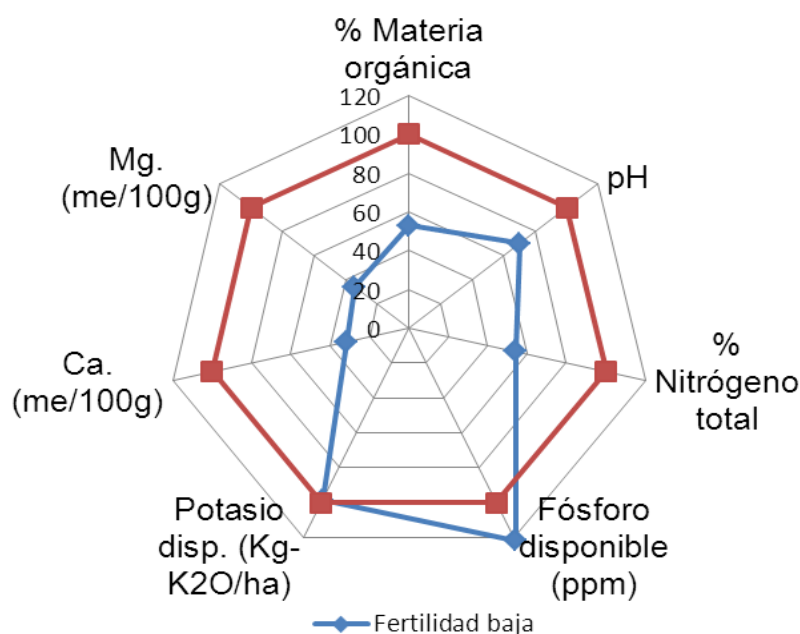


Figura 11. Diagrama promedio de fertilidad de los suelos en estudio.

La Figura 15 el resultado del análisis de suelo en estas parcelas indican que tienen un bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno son de

reacción fuertemente ácida, medio en el contenido de fósforo y potasio además son bajos en el contenido de calcio y magnesio. Las características mencionadas nos hacen definir al suelo de una fertilidad baja. Estos suelos son ácidos por la alta meteorización de los minerales que hacen cambiar la estructura de los mismos transformándolos de minerales primarios a minerales secundarios. Como consecuencia de ello los minerales arcillosos, al sufrir cambios estructurales, también se modifica la capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo general disminuyen debido, por el incremento de las cargas positivas o la disminución de las cargas negativas.

Entonces al disminuir la CIC hay poca oportunidad de que los cationes disueltos por la hidrólisis de los minerales arcillosos puedan ser retenidos en el complejo de cambio, acción que facilitará el lavado de los cationes. Esta explicación es similar a lo mencionado por SÁENZ (1996), quien indica que a menor grado de saturación de bases, más intensas serán las propiedades ácidas del suelo. Asimismo FASSBENDER (1975), reporta los elementos del suelo el Ca^{++} , Mg^{++} y el K^+ , guardan una relación directa con el pH, bajo condiciones de alta acidez disminuye rápidamente las concentraciones de Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ en los suelos produciendo deficiencia de estos elementos.

4.2. Del análisis cromatográfico

En este análisis se realizaron las lecturas de los cromas de forma cualitativa, en ellos se caracterizaron de acuerdo al color, dimensión, forma,

presencia de anillos, radiación (Anexo B, Figuras del 20 al 31) y a continuación presentamos cada uno de las características:

4.2.1. Colores de los cromas por zonas

A partir de los resultados de la lectura de los colores del cromas para cada zona, de las 18 muestras analizadas, se construyeron la tablas de frecuencia mostradas en los cuadros del 9 al 12.

Cuadro 9. Frecuencia de colores de la zona de oxigenación (zona 1) del análisis cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta 2011.

Color de la zona	Frecuencia	%
10YR 8/2 very pale brown (marrón muy pálido)	5	27.8
10YR 8/3 very pale brown (marrón muy pálido)	3	16.7
2.5Y 8/3 pale yellow (muy amarillo)	5	27.8
2.5Y 8/2 pale yellow (muy amarillo)	1	5.56
2.5Y 8/4 pale yellow (muy amarillo)	1	5.56
10R 8/2 pinkish white (rosado claro)	1	5.56
5YR 6/4 light reddish brown (marrón rojizo claro)	1	5.56
Total	18	100

En el Cuadro 9 se observa la frecuencia de colores de la zona de oxigenación. En esta zona el color que más predomina es el 10 YR (44.5%) y 2.5Y (38.92% del total), pero en diferentes tonalidades, que van desde marrón muy pálido (10 YR 8/3, 8/2) hasta el color muy amarillo (2.5Y 8/4; 8/3; 8/2). Los otros cromas presentaron diferentes colores tales como; amarillo rojizo (7.5 YR 8/3), rosado claro (10R 8/2) y marrón rojizo claro

(5YR 6/4).

Lo que nos indica que los colores de estos suelos varían en su mayoría entre marrón a amarillo o su mezcla. Estos colores pueden ser atribuidos a la presencia de materia orgánica, ya que para estos suelos fueron definidos como medio. Además este resultado nos estaría ratificando la denominación de la zona conocida con el nombre de zona oxigenación. Al respecto, RODRIGUEZ (2000) manifiesta que la primera zona llamada zona de oxigenación presenta la cualidad de que mientras más claro sea esta existe mayor oxigenación.

Cuadro 10. Frecuencia de colores en la zona mineral (zona 2) del análisis Cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta del 2011.

Color	Frecuencia	%
10YR 5/8 yellowish Brown (marrón amarillento)	4	16.67
10YR 6/6 brownish yellow (amarillo pardusco)	3	16.67
10YR 6/8 brownish yellow (marrón amarillento)	2	11.11
10YR 7/8 yellow (amarillo)	2	11.11
10YR 5/4 yellowish Brown (marrón amarillento)	1	5.56
10YR 4/6 dark yellowish brown	1	5.56
10YR 5/6 yellowish brown (marrón amarillento)	1	5.56
10R 7/2 pale red (muy rojo)	1	5.56
7.5YR 6/8 pink (rosado)	1	5.56
7.5YR 5/6 strong Brown (marrón fuerte)	1	5.56
2.5Y 6/6 olive yellow (amarillo violeta)	1	5.56
Total	18	100

En el cuadro 10 el color del croma de la zona mineral, que más sobresale es el 10 YR (77.79% del total), en diferentes tonalidades que van desde un color amarillo (10 YR 7/8) a marrón amarillento (10 YR 5/8, 5/4, 5/6, 6/8), y hasta llegar a un color amarillo pardusco (10 YR 6/6). El resto

de las muestras presentaron diferentes colores entre ellos tenemos; el rosado (7.5 YR 6/8), rojo (10 YR 7/2), marrón fuerte (7.5 YR 5/6) y violeta (2.5 Y 6/6). De estos resultados se desprenden lo siguiente:

a) La diversidad de colores en esta zona indica que se encuentra presente diferentes minerales. La diversidad de los minerales está asociado a las características climáticos en especial la precipitación, que en esta zona suele ser alto (3000 mm anual). Ellas hacen cambiar permanentemente el estado óxido reducción del suelo, hecho que hacen, que los elementos constituyentes de los minerales al cambiar el estado Redox cambie la coloración del mineral y por ende del suelo. Esta explicación es respaldada por la afirmación de BORNEMIZA (1982), considera que la dinámica de estos procesos dados (procesos en el suelo), que cuando más claro es el suelo se encuentra mayor cantidad de minerales y por lo contrario bajo contenido de Materia orgánica.

b) El color amarillo de la zona mineral del cromos nos estaría indicando la presencia de limonita, ya que estos contienen en su mayor proporción óxidos de hierro hidratados.

c) El color de la zona mineral del cromos fue rojo, este color indica que posiblemente el mineral que predomina es la hematita, encontrándose en las fracciones de arcilla, con frecuencia en suelos bien drenados, debido a que requiere condiciones oxidantes para su formación. quien ratifica lo dicho por BORNEMIZA (1982), donde menciona que estos minerales son muy soluble y abundantes en muchos ambientes tropicales se encuentran en casi todo los suelo donde existen condiciones de temperaturas altas y pH bajo que favorece la deshidratación de los geles de Fe^{3+} amorfos.

d) El color violeta en el croma de la zona mineral nos indica que se trataría de sustancias minerales por efecto de la aplicación de los fertilizantes, pesticidas. Concordando con lo reportado por RODRÍGUEZ (2000), quien menciona las radiaciones color violeta en la zona interna son indicadores del proceso de descomposición de minerales de los fertilizantes aplicados al suelo.

Cuadro 11. Frecuencia de los colores en la zona proteica (zona 3) del análisis Cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta 2011.

Color	Frecuencia	%
7.5YR 5/6 strong Brown (marrón fuerte)	4	22.22
7.5YR 4/6 strong Brown (marrón fuerte)	1	5.56
7.5YR 4/4 brown (marrón)	1	5.56
7 5YR 3/4 brown (marrón)	1	5.56
10YR 5/6 yellow brown (marrón amarillo)	2	11.11
10YR 5/6 yellowish brown (marrón amarillento)	2	11.11
10YR 5/4 yellowish brown (marrón amarillento)	1	5.56
10YR 4/3 brown (marrón)	1	5.56
10YR 4/4 dark yellowish brown	1	5.56
10YR 4/6 dark yellowish brown	1	5.56
10YR 6/8 brownish yellow (amarillo marroncillo)	1	5.56
2.5Y 4/3 olive brown (marrón violeta)	1	5.56
5YR 4/4 reddish brown (marrón rojizo)	1	5.56
Total	18	100

En el Cuadro 11, se encontró que los colores del croma en la 3 zona, denominada zona proteica, los que más inciden es el 10 YR (50.02%) y el 7.5 YR (38.9% del total del croma). Estos colores presentaron diferentes tonalidades tales como: el marrón fuerte (7.5YR 4/6, 5/6), marrón (7 5YR 3/4; 10YR 4/3), hasta marrón amarillento (10YR 5/6,5/4).

Indicándonos que está característica del croma es porque los suelos tienen un alto contenido de materia orgánica, relacionado al contenido de nitrógeno y por consiguiente el contenido de proteína. Al respecto, NAVARRO (2003) manifiesta que los ácidos húmicos y fúlvicos proporciona un color oscuro, que favorece la absorción de los rayos solares y por lo tanto un aumento de temperatura. Que actúa por lo tanto, como un moderador de las variaciones de temperatura en el suelo .

Cuadro 12. Frecuencia de colores en la zona enzimática (zona 4) del análisis cromatográfico de los suelos de Bella y Bella alta 2011.

Color	Frecuencia	%
10YR 8/6 yellow (amarillo)	5	27.78
10YR 8/4 very pale brown (marrón muy pálido)	4	22.2
10YR 7/6 yellow (amarillo)	2	11.1
10YR 7/4 very pale Brown (marrón muy pálido)	2	11.1
2.5Y 8/6 yellow (amarillo)	3	16.7
2.5Y 8/4 pale yellow (muy amarillo)	1	5.55
7.5YR 8/3 pink (rosado)	1	5.55
Total	18	100

En el Cuadro 12 el color más representativo del croma de la zona 4, denominada zona enzimática, es el 10YR (72.18% del total). Indicándonos que esta coloración es el reflejo de una alta actividad microbiana y enzimática. Las diferentes tonalidades del color del croma que varían de un color amarillo (10 YR 8/6,7/6; 2.5Y 8/6), marrón muy pálido (10YR 7/4, 8/4), el rosado (7.5YR 8/3) y muy amarillo (2.5Y 8/4), se debe a las proteínas que migraron hacia la periferia, para acumularse en

la última zona. Este resultado confirma con lo mencionado por ARIET (2005), donde indica que las sustancias húmicas migran a diferentes distancias por acción capilar dependiendo del peso molecular que posean y la afinidad con el solvente y la fase estacionaria (papel filtro).

4.2.2. Dimensiones de las zonas en los cromas

En el Cuadro 13 se aprecia las dimensiones del cromograma de cada zona. Las dimensiones para la zona 1 varían de 0.2 a 1.4 cm, de estas el 33.33% tiene 0.7 cm. Las dimensiones de la zona 2 van de 1.0 a 3.6 cm de estas el 16.67% tienen 3 cm. En la zona 3 la dimensión va de 0.5 a 1.9 cm de estas, en la zona 3, de 4 cromas miden 1.8 cm de dimensión con una frecuencia de 22.22%. Mientras que en la zona 4 la dimensión varía de 0.8 a 3.8 cm, de estas la zona 4, 5 cromas miden 1.4 cm que representa el 27.78%.

La diversificación de dimensiones en las zonas de los cromas nos estaría indicando, las variaciones de las características del suelo que presenta cada uno de los cromas.

Al respecto, MENDIETA (2011) reporta que los cromas analizados presentan distintas dimensiones en cada una de sus zonas, lo cual indica la poca homogeneidad de esta característica a pesar de que todos los suelos son de fertilidad baja, sin embargo la variabilidad encontrada puede tener relación con los porcentajes de arena, limo y arcilla (textura) tratándose de la zona de oxigenación.

Cuadro 13. Frecuencia de las dimensiones en las zonas de los cromas.

Zona 1 del cromata			Zona 2 del cromata			Zona 3 del cromata			Zona 4 del cromata		
D(cm)	F*	%	D(cm)	F*	%	D(cm)	F*	%	D(cm)	F*	%
0.2	1	5.56	1.0	1	5.56	0.5	1	5.56	0.8	1	5.56
0.3	0	0.00	2.4	2	11.11	0.7	2	11.11	0.9	1	5.56
0.4	0	0.00	2.5	1	5.56	0.8	2	11.11	1.0	1	5.56
0.5	1	5.56	2.7	1	5.56	0.9	1	5.56	1.1	1	5.56
0.6	1	5.56	2.8	1	5.56	1.0	2	11.11	1.2	1	5.56
0.7	6	33.33	2.9	2	11.11	1.3	1	5.56	1.3	2	11.11
0.8	2	11.11	3.0	3	16.67	1.4	2	11.11	1.4	5	27.78
0.9	2	11.11	3.1	2	11.11	1.6	1	5.56	1.5	1	5.56
1	2	11.11	3.2	2	11.11	1.7	1	5.56	1.6	3	16.67
1.1	1	5.56	3.3	1	5.56	1.8	4	22.22	1.7	1	5.56
1.2	0	0.00	3.4	1	5.56	1.9	1	5.56	3.8	1	5.56
1.3	1	5.56	3.6	1	5.56						
1.4	1	5.56									
Total	18	100	Total	18	100	Total	18	100	Total	18	100

Forma de las zonas: Dimensiones (Dcm), Frecuencia (F*).

4.2.3. Forma de las zonas en los cromas

En el Cuadro 14 se muestra la frecuencia de la forma en las 4 zonas del cromata, en ello se observa que la forma de la zona 1 y 4 son irregulares en un 83.3 a 94.4 5% respectivamente para cada zona. Mientras que la zona 2 y 3 presentan una forma regular con un 55.56%. Esto hace evidente que es posible tener en cuenta la zonificación del cromata para leer las características del suelo. Debido a que estas estarían reflejando la variabilidad del suelo desde el punto de vista físico, químico y biológico. Al respecto,

NORIEGA (2005) manifiesta que la variación del suelo en diferentes temporadas del año la actividad y uso del suelo, depende del tiempo que tarda en descomponerse la materia orgánica, la presencia de microorganismos en el suelo; todos ellos ocasionan cambios que perturban muchas veces la salud del suelo.

De ahí que la forma regular e irregular que presentan las zonas, es una característica que representa equilibrio de la salud del suelo siendo la forma regular de los cromas la más factible.

Cuadro 14. Frecuencia de la forma en las zonas del cromas.

Formas de las zonas	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	F*	%	F*	%	F*	%	F*	%
regular	3	16.7	10	55.56	10	55.56	1	5.56
irregular	15	83.3	8	44.44	8	44.44	17	94.44
Total	18	100	18	100	18	100	18	100

F*: Frecuencia.

4.2.4. Anillos en la zona de los cromas

En los 18 suelos analizados vía cromatografía no se encontró presencia de anillos, ya que estos fueron de fertilidad media a baja. Cabe mencionar que tanto PFEIFFER (1984), como CHACÓN (2009), reportaron que la presencia de anillos solo se observa en suelos de alta fertilidad.

4.2.5. Número y tamaño de radiación de los cromas

Cuadro 15. Número y tamaño de radiaciones que presenta el cromograma en los suelos de Bella y Bellas alta 2011.

Radiación del cromograma		
Parcela	Tamaño (cm)	Número de radiación
1	4.8	37
2	5	36
3	4.5	38
4	3.8	40
5	5.1	39
6	4.05	36
7	4.7	45
8	3.9	31
9	5	32
10	4.9	38
11	3.8	32
12	3.9	45
13	4.7	40
14	4.8	41
15	4	44
16	4.3	41
17	3.5	39
18	4.2	43
Promedio	4.39	38.72
Desviación estándar	0.50	4.25
Coficiente variación (%)	11.51	10.99

El Cuadro 15 se puede apreciar el número y tamaño de las radiaciones del análisis cromatográfico de las 18 muestras de suelo. Estas varían en: para el caso de tamaño la variación fue de 3.5 a 5.1 cm con un

promedio de 4.39% y para el caso de número de radiación que representa 38.72% con una variación de 31 a 45.

Cuadro 16. Frecuencia de Radiación en las zonas del cromas de los suelos de Bella baja y Bella alta.

Radiación del cromas					
Tamaño(cm)	Frecuencia	%	Número	Frecuencia	%
3.5	1	5.56	31	1	5.56
3.6	0	0.00	32	2	11.11
3.7	0	0.00	33	0	0.00
3.8	2	11.11	34	0	0.00
3.9	2	11.11	35	0	0.00
4	1	5.56	36	2	11.11
4.1	1	5.56	37	1	5.56
4.2	1	5.56	38	2	11.11
4.3	1	5.56	39	2	11.11
4.4	0	0.00	40	2	11.11
4.5	1	5.56	41	2	11.11
4.6	0	0.00	42	0	0.00
4.7	2	11.11	43	1	5.56
4.8	2	11.11	44	1	5.56
4.9	1	5.56	45	2	11.11
5	2	11.11			
5.1	1	5.56			
Total	18	100.00	total	18	100.00

En el Cuadro 16 se observa en los cromas las dimensiones (tamaño – número) de radiación que presenta cada uno de ellos. El tamaño de radiación se muestra 10 cromas con 55.55% quien presenta variación de 3.8 a 5.0 cm. Mientras que en el número de radiación va de 32 a 45 en un 77.77%, donde se manifiesta en 14 cromas. Debido al tamaño y número de radiación se encuentra una constante equidad que presenta los cromas. Por lo cual reporta

RODRÍGUEZ (2000), quien menciona las características que se debe considerar de un cromograma son la forma de terminación de las radiaciones (en punta), tamaño de las radiaciones que son indicadores del proceso de descomposición de minerales o mineralización.

4.3. Correlación entre los análisis físico-químico y cromatográfico

Anexo A, Cuadro 26. Se puede apreciar las correlaciones más significativas que se encontró de las 18 muestras analizadas, en ello se encuentran en correlación los siguientes:

Tamaño de radiación: aluminio

Aluminio : Fósforo (P).

:% de arena.

: % de limo.

Para poder evaluar la intensidad de relación entre los análisis físico químico, análisis cromatográfico y la macrofauna del suelo, se realizaron tres análisis sucesivos, el primero constituyó en un análisis de correlación de Pearson entre los datos obtenidos de los cromogramas (número de estrías y Tamaño de estrías) , análisis físico químico (% arena,% de limo,% de arcilla,% materia orgánica, fósforo disponible, potasio, calcio y magnesio) y la macrofauna (Nº ind./m²) determinando la densidad y diversidad. Con un nivel de confianza del 95%, de siguientes datos de análisis estadístico (18 muestras de suelo), se tomaron los datos que identificaron las variables de correlación significativa que

presentaba, y realizamos el análisis de regresión lineal múltiple entre una variable dependiente y dos a tres variables independientes.

Cuadro 17. Regresión lineal múltiple entre el tamaño de la radiación y el Aluminio.

Variable dependiente	Variables independientes	Modelo	Ecuación	r^2
y : Tamaño de la radiación	x_1 : aluminio	$y=a+bx_1$	$y = 3.940 + 0.216 x_1$	0.449

El Cuadro 17 muestra las variables y la ecuación de la regresión lineal múltiple, siendo su modelo: $y = 3.940 + 0.21 X_1$, la ecuación encontrada explica que el tamaño de la radiación responde al aumento o disminución del contenido de Aluminio (x_1) en el suelo. El coeficiente de correlación es 0,670 y el coeficiente de determinación es 0.449, se encuentra entre los rangos de moderado a alto significa que son buenas variables para estimar el Tamaño de radiaciones en la ecuación representada, lo que nos indica que la cantidad de aluminio influye sobre el tamaño de radiación del cromosoma. Si anteriormente hemos discutido que el tamaño de radiación está asociado a la meteorización de los minerales y transformación de la materia orgánica, por lo tanto resulta lógico pensar que el aluminio este controlando tanto el proceso de meteorización de los minerales como la mineralización de la materia orgánica.

A su vez es muy conocido el efecto tóxico del aluminio sobre la actividad de los organismos siendo estas muy responsables del proceso de la meteorización como mineralización. No está demás agregar lo mencionado por

CEPEDA (1999), sostiene que los óxidos de fierro y Aluminio, y algunos trazos de óxido de metálicos, son altamente resistentes a la intemperización o meteorización y permanencia en el material original.

Cuadro 18. Regresión lineal múltiple entre el Aluminio y; fósforo disponible,% de Arena y% de limo.

Variable dependiente	Variables independientes	Modelo	Ecuación	r^2
y : Aluminio	X ₁ : fósforo (d) X ₂ :% de Arena X ₃ :% de limo	$y=a+bx_1+cx_2+dx_3$	$y = 9.715 - 0.369x_1 - 0.0419x_2 - 0.044x_3$	0.517

En el Cuadro 18 se puede apreciar la ecuación de la regresión lineal múltiple encontrada para las variables relacionadas que se muestran, la ecuación corresponde al modelo $y = 9.715 - 0.369 x_1 - 0.041 x_2 - 0.044 x_3$, el cual indica que el contenido del: fósforo (x_2), % de arena (x_3) y el % de limo (x_4) en el suelo determina el contenido de aluminio del suelo. El coeficiente de correlación es 0,602 y el coeficiente de determinación de 0,517 lo que se puede ver es que hay una fuerte relación entre estas variables independientes. Esta correlación nos indica que hay una herramienta confiable y defendible para determinar las características dominantes del suelo, ya que se encuentran en una relación, donde el aumento del % de arena, % de limo hay una disminución del Aluminio o viceversa, también mientras allá aumento del % de arcilla disminuye el aluminio, y si encuentra un alto contenido del % de arena habrá un alto contenido de Aluminio.

4.4. Densidad y diversidad de la macrofauna del suelo

La densidad (ind./m²) es la abundancia de individuos presentes en el suelo. Donde la densidad total de macro invertebrados encontrados en los diferentes sistemas de uso, están ligados a las diferentes formas y/o prácticas agrícolas establecidas en dichas áreas, entre otros (Anexo A, Cuadro 27).

En el Cuadro 19 se puede apreciar los resultados correspondientes de la densidad de la macrofauna con suelos de fertilidad media, encontrando mayor abundancia en los siguientes sistemas de uso:

En suelos de purmas (muestra 03), la densidad de su población fue de 247.9 ind./m² en promedio. Por lo cual los macro invertebrados que más predomina es Hymenoptera (1808 ind./m²) y la Isóptera (80 ind./m²).

Los bosque secundarios de la muestra cinco y nueve (5; 9) e intervenido por el hombre tiene una densidad media de individuos que se encuentran en un rango de 357 a 1476 ind./m², encontrando una población total de Hymenoptera (304 a 752 ind./m²) y las Isóptera (571 ind./m²). Al respecto, PASHANASI (2002) reporta que la densidad total de macrofauna en Pucallpa, fue de 382 ind. /m² dato que corresponde a un bosque primario no intervenido, y la densidad promedio de un bosque secundario es de 313 ind./m²; así mismo en el sistema agroforestal varía de 512 ind./m² a 2651 ind./m², y en cultivos en un rango de 382 ind./m² a 557 ind./m².

En los cultivos de cacao (muestra ocho), se puede apreciar la cantidad de individuos 679 ind. /m² del total. La población total está formado por Oligochaeta (315 ind./m²), Quilópodo (144 ind./m²), larva de coleóptero (91 ind./m²), mientras que en los cultivos de platanal (muestra 14) se encontró una baja actividad de macroinvertebrados con 128 ind./m².

Cuadro 19. Determinación de la densidad (ind.m²) en los diferentes sistemas de uso en la fertilidad media.

ORDENES	Densidad (ind/m ²)de diferentes sistemas de uso de fertilidad media														Total
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15	17	18	
Quilopodos	10.7	27	21	16	21	5	144	-	11	21	-	-	32	5	313.7
Hymenoptera	144	91	1808	251	752	5	27	304	-	21	48	37	64	107	3659.0
Araneida	5.3	-	5	-	48	-	27	-	-	16	-	-	-	5	106.3
Coleóptero	10.7	32	5	10	5	-	27	-	48	27	27	-	-	-	191.7
Oligoquetos	10.7	176	37	-	21	139	315	16	171	149	27	48	80	48	1237.7
Larva	16	-	16	-	-	5	91	5	-	-	-	-	11	-	144.0
Orthoptera	-	5	-	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	15.0
Enquitreidos	-	-	11	-	21	-	-	-	-	5	5	-	-	-	42.0
Isóptera	-	-	80	5	571	11	-	16	-	11	21	-	-	-	715.0
Ácaros	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0
Quelicerados	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0
Gasterópodo	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0
Dermáptera	-	-	-	-	-	5	5	11	-	11	-	-	-	-	32.0
Isópoda	-	-	-	-	-	5	43	-	-	-	-	-	-	-	48.0
Hemíptera	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0
Blattaria	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0
Diplopoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	11.0
Total	213.4	331	1983	282	1476	191	679	357	235	261	128	85	198	165	
Nº de grupos	7	5	8	4	10	8	8	6	3	8	5	2	5	4	

1 coca (v), 2 pasto, (v), 3 purma (v), 4 café (v), 5 Bosque (v) ,6 maíz (v), 8 Cacao (l) ,9 Bosque (l), 10 Pasto (l), 12 yuca (l), 14 Platanal (osc) ,15 Maíz (osc), 17 cacao (san) ,18 Cítricos (san).

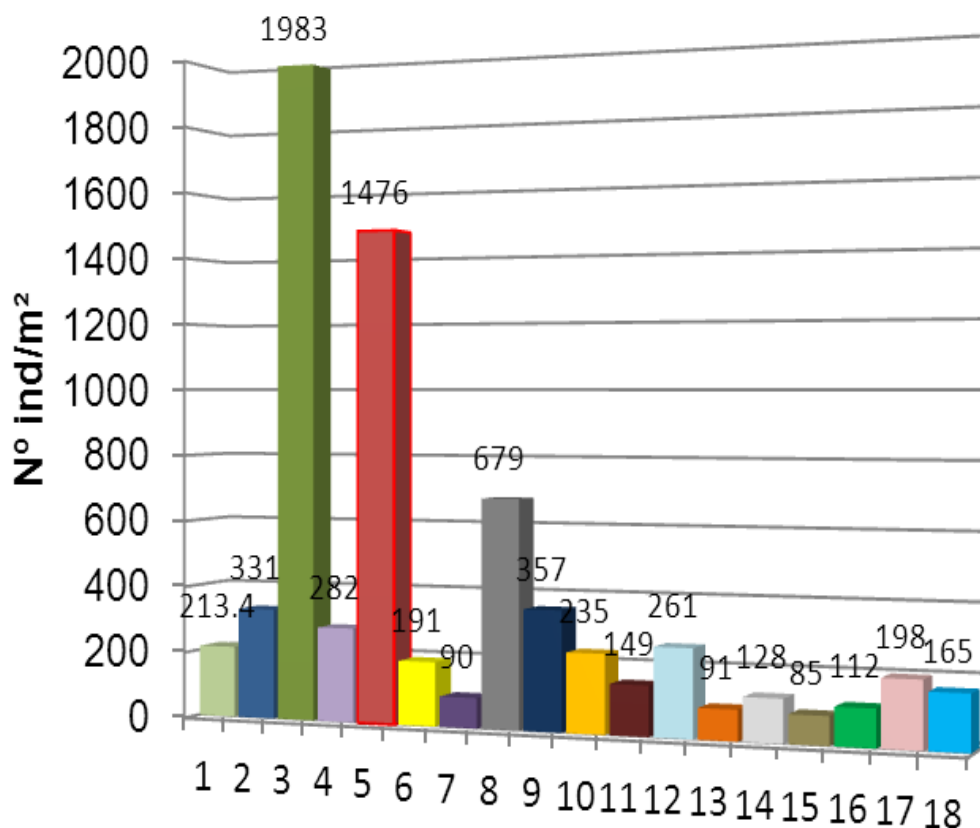
Cuadro 20. Determinación de la densidad (ind./m²) en los diferentes sistemas de uso en la fertilidad bajo del suelo de Bella Baja y Bella Alta 2011.

Densidad (ind./m ²) de fertilidad baja					
Ordenes	7	11	13	16	Total
Quilópodos	5	75	-	11	91
Hymenoptera	-	21	16	32	69
Araneida	-	5	-	-	5
Coleóptero	21	-	-	-	21
Oligochaeta	5	32	75	48	160
Isóptera	-	11	-	-	11
Quelicerados	-	5	-	-	5
Colémbolo	59	-	-	-	59
Blattaria	-	-	-	5	5
Gasterópoda	-	-	-	16	16
Total	90	149	91	112	442
Nº de grupos	5	6	2	5	

7 coca (l), 11 cashaucsha (l), 13 coca (osc), 16 cítrico (osc).

En el Cuadro 20, se muestra la densidad de macrofauna en el suelo de baja fertilidad, encontramos 3 sistemas de uso del suelo: el cultivo de coca (muestra 7 ,13), el cashaucsha (muestra 11) y cultivo de cítrico (muestra 16). En el cultivo de coca se encontró entre 90 y 91 ind./m²; 149 ind./m² para el sistema cashaucsha y 112 ind./m² en el cultivo de cítricos. El orden que predomina es los oligochaeta (160 ind./m²), mientras que en los demás sistemas hay una mínima cantidad.

En estos 3 sistemas de uso del suelo se ha podido observar que no hubo una alta actividad de macro invertebrados en este suelo, debido posiblemente a la fertilidad del suelo que este caso se reporta como suelos de baja fertilidad cuyas características es de presentar una alta acidez, bajo contenido en materia orgánica, suelos pesados. LAVELLE *et al.* (1992), afirman que las prácticas de manejo del suelo, tiene un efecto negativo sobre la macrofauna, esto se debe a que las comunidades de invertebrados presentes en el suelo son muy sensibles a los cambios de la cobertura del suelo.



1, 2, 3,... 18: Número de muestras de los diferentes sistemas de uso.

Figura 12. Densidad total por sistema de uso del suelo de Bella baja y Bella alta 2011.

Como se muestra en la Figura 16 el mayor índice de densidad fue encontrado en el sistema de uso en suelo con purmas en la muestra tres (1983 ind./m²), en Bosque cuya muestra fue el número cinco (1476 ind./m²), seguido del cultivo de cacao (muestra ocho) que presenta 679 ind./m² y con resultados más bajos los sistemas de uso del cultivo de coca de 8 años (muestra siete), coca de 1 año (muestra 13) y el cultivo de maíz que se encuentran en un rango de 85 a 91 ind./m². Los datos indican que hay una diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso. Estos resultado difieren con lo reportado por TAPIA - CORAL (2004), ellos registraron un total de 2281 ind./m² en un bosque secundario, 3702 ind./m² en una plantación forestal de *Simarouba* y en la plantación de *Cedrelinga* (tornillo) 2176 ind./m² y un bosque primario no intervenido con un total de 2482 ind./m².

4.4.1. Índice de diversidad

Los índices de Shannon – Wiener (H'), expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (MAGURAN, 1989).

El índice de diversidad es el número de especies o unidades taxonómicas encontradas en los diferentes sistemas de uso del suelo para cuantificarlos se usa el índice de Shanon – Wiener. Estos índices comparativos de riqueza de especies (S), Shannon – Wiener (H') y Equidad (J), manifiestan el grado de complejidad y diversidad entre unidades muéstrales y grupos taxonómicos.

Cuadro 21. Riqueza de especies, índice de densidad y equidad de los macro invertebrados de cada sistema de uso de fertilidad media.

MUESTRA	S	H'	J
1. COCA, 8 años (V)	7	1.657	0.851
2. PASTO, 20 años(V)	5	1.382	0.859
3. PURMA, 15 años(V)	8	0.823	0.375
4. CAFÉ, 7 años(V)	5	0.758	0.471
5. BOSQUE(V)	10	1.452	0.631
6. MAÍZ, 3 meses(V)	8	1.426	0.686
8. CACAO, 45 años(L)	9	1.685	0.767
9. BOSQUE(L)	6	0.787	0.439
10. PASTO, 15 años(L)	4	0.922	0.665
12. YUCA, 1 año(L)	9	1.886	0.859
14. PLATANAL, 1 año(OSC)	6	1.699	0.948
15. MAÍZ, 5 meses (OSC)	2	0.685	0.989
17. CACAO, 25 años(SAN)	5	1.461	0.908
18. CÍTRICOS, 20 años(SAN)	4	0.761	0.549

S : Riqueza de especie (número total de individuos por muestra).

H : Índice de diversidad de Shanon – Wiener.

J : Índice de Equidad.

En Cuadro 21 nos refiere resultados obtenidos de la macrofauna por el método del índice de Shanon - Wiener (H), donde podemos observar que hay una diversidad de especie en cada sistema, el índice de diversidad se encuentra en un nivel medio en el sistema de bosque seguido del cultivo de cacao y el nivel más bajo el cultivo de maíz. La explicación es por el manejo del sistema donde las aplicaciones de pesticida uso de fertilizantes estén contrarrestando a la población de especies, sobre ello no hay ningún índice que se repite lo que nos indica que la diversidad de especies varía con el sistema de uso del suelo.

El sistema de uso en cultivo de yuca es el más diverso, con un nivel medio de 1.886, esto debido a que la parcela de yuca debido a su edad se encontraba en la fase de cosecha y por ende presentaba vegetación competidora que le daba condiciones favorables a la diversidad media de macrofauna. El sistema de uso en el cultivo de plátano alcanzó una diversidad media (1.699), a la cual manifiesta que las condiciones de temperatura, humedad, alimentos, entre otros factores para que haya diversas especies de macrofauna son adecuadas y el menos diverso fue el cultivo anual de maíz (muestra 15) ($H = 0.685$), debido a que esta especie es exigente en luz y no tolera vegetación competidora.

En lo que respecta al índice de equidad en macrofauna dentro de sistemas de uso, la plantación de maíz con cinco meses de edad presentó más uniformidad entre el número de especies, ya que otros macroinvertebrados no son tolerantes a las condiciones edáficas de este cultivo, hace que migran o desaparezcan.

Cuadro 22. Riqueza de especies, índice de densidad y equidad de los macro invertebrados de cada sistema de uso de fertilidad baja.

MUESTRA	S	H'	J
7. COCA, 8 años(L)	5	1.088	0.676
11. CASHAUCSHA, 10 años(L)	6	1.602	0.894
13. COCA, 1 año(OSC)	2	0.611	0.881
16. CÍTRICO, 5 años(OSC)	5	1.303	0.809

S: Riqueza de especie (número total de individuos por muestra).

H: Índice de diversidad de Shanon – Wiener.

J: Índice de Equidad.

En el cuadro 22 el sistema de uso de suelos de baja fertilidad con la predominancia de la gramínea cashaucsha (muestra 11), presenta una diversidad media de $H = 1.602$, presentando una distribución uniforme, mientras el cultivo de coca (muestra 13) tiene una diversidad de $H = 0.611$ que se encuentra en un nivel muy bajo.

La diversidad y la abundancia de las comunidades de macro-invertebrados son utilizadas como indicadores de la calidad del suelo, toda vez que las lombrices de tierra y la fauna del suelo, en general influyen en la dinámica de sus procesos químicos. Sin embargo, la naturaleza y los mecanismos de las interacciones entre los macro organismos y la dinámica de los procesos químicos en los suelos de la Amazonía son aún poco conocidos y posiblemente, dependientes de las cantidades y calidades de la hojarasca depositada sobre el suelo.

4.5. Correlación entre el análisis químico físico, macro fauna y cromatografía

Realizado el análisis de correlación entre todas las variables, en especial la variable independiente (Anexo A, cuadro 28) con la dependiente no se encontró una correlación estadística significativa entre ellas, indicándonos que no existe una asociación entre los análisis fisicoquímicos y los análisis cromatográfico para el estudio. Resultado que estaría corroborando al trabajo de MENDIETA (2011), quien también no encontró correlación significativa entre el análisis cromatográfico (número de estrías, ancho de cada zona) y el análisis físico químico (% de arena, limo y arcilla; contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio).

En el mismo cuadro se observa una correlación significativa entre la variable independiente cantidad de macrofauna y las variables cantidad de aluminio, porcentaje de arena y fósforo. Realizada el modelo matemático de esta asociación, mostrada en el Cuadro 23 nos indica que la cantidad de aluminio está asociada en forma directa a la cantidad de macrofauna. De la misma manera el contenido de fósforo está asociado o influencia la cantidad de macrofauna. En el primer caso pareciera que el resultado sería ilógico porque es muy conocido que el aluminio en grandes proporciones ejerza un efecto tóxico para la vida en general. En el caso del papel del fósforo sobre la cantidad de macrofauna el resultado si tiene lógica por que a mayor contenido del fósforo del suelo debe estar asociada a una mayor cantidad de macrofauna, ya que el fósforo es un nutriente esencial que parte de un compuesto orgánico, participa en las reacciones biológicas entre otras funciones que facilita la vida.

Mientras que el contenido de arcilla correlaciona negativamente con la actividad de la macrofauna, indicándonos que a mayor cantidad de arcilla presente en el suelo afectará la cantidad de macrofauna. El papel de la arcilla sobre los microorganismos no es directo, sino indirecto ya que esta influye sobre las otras propiedades del suelo como: La textura, densidad aparente, estructura, movimiento de agua y aire, la CIC; en general a la fertilidad de los suelos. Al respecto, RAMIREZ (2000) menciona que cuanto más arenosos son los suelos más aireados son, por que las arenas desarrollan mayor macroporosidad, que facilita el drenaje. Es así como la textura influye sobre el movimiento del agua y esta afectará sobre la cantidad de macrofauna.

Cuadro 23. Regresión lineal múltiple entre la Macrofauna del suelo y; Aluminio, % de Arena y fósforo disponible.

Variable dependiente	Variables independientes	Modelo	Ecuación	r^2
y : Macrofauna del suelo	x ₁ : aluminio x ₂ : arena. x ₃ : fósforo disp.	y=a+bx ₁ +cx ₂ +dx ₃	y = 7.919 + 147.346x ₁ - 6.302x ₂ + 23.383x ₃	0.193

V. CONCLUSIONES

1. De los análisis físicos químicos de los diferentes sistemas de uso estudiados, se identificó que el 77.8% de estos suelos se encuentran en fertilidad media: 1 coca (v), 2 pasto, (v), 3 purma (v), 4 café (v), 5 Bosque (v) ,6 maíz (v), 8 Cacao (l) ,9 Bosque (l), 10 Pasto (l), 12 yuca (l), 14 Platanal (osc) ,15 Maíz (osc), 17 cacao (san) ,18 Cítricos (san). y el 22.2% corresponde a suelos de fertilidad baja: 7 coca (l), 11 cashaucsha (l), 13 coca (osc), 16 cítrico (osc).
2. En los análisis cromatográfico, se ha podido determinar 4 zonas de las cuales en la zona central o de oxigenación el color de mayor predominancia fue el marrón muy pálido (8 cromas, 44.5%); en la zona 2 ó mineral encontramos color marrón amarillento (8 cromas, 38.9%); en la zona 3 ó proteica se aprecia el color marrón fuerte (5 cromas 27.78%); en la zona 4 o enzimática fue de color amarillo (10 cromas 55.56%). Las dimensiones de los cromas fueron de 0.2 a 1.4 cm, 0.5 a 1.9 cm, 0.8 a 3.8 cm por la 1^{era}, 2^{da}, 3^{ero}, 4^{ta}, zona respectivamente.
3. Las formas que se pudo encontrar en los 18 cromas estudiadas fueron: tanto en la zona 1 y 4 presentan forma regular en un 83.3 y 94.44% respectivamente. Mientras que en la zona 2 y 3 presentan forma regular

ambos con un 55.56% del total. Con respecto a los anillos, no se presentaron en ninguna zona. Se encontró en los cromas 38.72 radiaciones.

4. No se encontró correlación significativa entre el análisis cromatográfico (número de estrías) y el análisis físico químico (% de arena, limo y arcilla; contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) ni tampoco con la macrofauna del suelo con la cromatografía.
5. En los suelos de purma, con una densidad de 1983 ind. /m². donde predomina las hymenopteras con 1808 ind./m² . mientras que en suelos de fertilidad baja, suelo de cultivo de coca muestra 5, 9 se encontró 90 y 91 ind. /m².
6. Los índices de diversidad arrojaron en los sistemas con cultivo de yuca y platanal una diversidad sobresaliente, con un nivel medio (H' : 1.669 - 1889), dando a entender que en el sistema de uso del cultivo de maíz (muestra 15) se distribuyó más equitativa.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar la investigación para encontrar más características que ayuden en la correlación de la cromatografía del suelo.
- Realizar estudios detallados sobre macrofauna en relación a la cromatografía con la finalidad de encontrar si la existencia o ausencia de similitud.
- Para considerar sistemas de uso de suelo a evaluar, se debe tratar en lo posible considerar plantaciones con edades homogéneas, para ver la sucesión poblacional de la macrofauna y de la cromatografía.

VII. ABSTRACT

Seeking to compare the technology of chromatography and physical chemical analyses for the diagnosis of the fertility of the soil in different types of systems of use in Leoncio Prado's province, Peru; there were studied a total of 18 samples of soils in the different systems of use: Culture of coca, culture of pasture, purma, secondary forest, culture of coffee, culture of maize, culture of banana and culture of citrus fruits, located in the hamlets of Bella Baja and Bella Alta. For the physical chemical analysis of soils the different methods of determination were considered to be mentioned for DORAN (1999), and for the qualitative analysis of the cromas there were used nitrate of silver and hydroxide of sodium, then we identify with the color, dimension, forms of the zones, presence of rings, size of radiation and number of radiation; to determine the density and diversity used formulae used by RAMIREZ (1999). With the results there were come to the following conclusion. One did not find significant correlation between the Chromatographic analysis (number of strias) and the physical chemical analysis (% of sand, slime and clay; content of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium) neither with the macrofauna of the soil with the chromatography. The macroinvertebrates in soils of purmas, they presented a major density (1983 ind./m²), with relevancy of the Hymenoptera (1808 ind./m²) and the Isóptera (80 ind./m²)

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, J. 2005. Criterios de calidad de suelos agrícolas. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/soil/>, documentos, 09 Oct. 2011).

ARIET, F. 2005. Manual de usos de sustancias tóxicas. [En línea]: Minambiente, (<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia17.pdf>, guía, 20 Nov. 2010).

ASTIER, C.M. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36: 605-620.

BAUTISTA, C., ETCHEVERS, B., DEL CASTILLO, R., GUTIÉRREZ, C. 2004. La calidad de los suelos y sus indicadores. [En línea]: Aeet.org, (<http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>, documentos, 30 Nov. 2009).

BEGON, M., HARPER, J.L., TOWNSEND, C.R. 1995. *Ecología. Individuos, población y comunidades*. Edición Omega, S.A. Barcelona, España. 886 p.

BIBLIOTECA DE CAMPO, 2002. *Manual Agropecuario Tecnológicas orgánicas de la granja Autosuficiente*. Fundación hogares campesinos. Bogotá, Colombia. 109 pág.

- BONILLA, L. 1992. Cultivos de cítricos, Fundación de desarrollo agropecuario, Inc. Serie cultivos, boletín técnico N° 10, Santo Domingo, República Dominicana.
- BORNEMISZA, E. 1982. Introducción a la química de suelos. Programa Regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington, EE.UU.
- BROWN, G., FRAGOSO, C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zoológica Mexicana. Número especial 1:79-110.
- BUDD, W.W. 1992. What capacity the land? *J. Soil Water Conservation* 47: 28-31.
- BUOL, S.W. 1995. Sustainability of soil use. *Annual Review of Ecology and Systematic* 26:25-44.
- BURGES, A. 1960. Biología y ecología del suelo. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 186 p.
- CASAS, R. 1983. La degradación de los suelos y la expansión de la frontera agropecuaria en el parque chaqueño occidental. Séptima reunión nacional para el estudio de las regiones áridas y semiáridas. IDIA N° 36. Buenos Aires, Argentina. 146 p.
- CASTAÑEDA Y LOLI et.al. 1976. I cursillo sobre tecnificación del cultivo de plátano. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Perú 45 p.
- CEPEDA, J. 1999. Química de suelos., Edit. Trillas, S.A de C.V., Ed. Primera. México. 167 p.

- COBERTERA, E. 1993. Edafología aplicada. Suelo, producción agraria, planificación territorial e impactos ambientales. Edic. Cátedra S.A. 325 p.
- CONAF 1999. Ciclo de vida de la vegetación. [En Línea]. Laesferaverde, (http://www.laesferaverde.cl/bo_cdv.htm, documentos, 10 Nov. 2010).
- CORREA, M.E.F., OLIVEIRA, L.C.M. 2000. De Fauna de suelo: Aspectos Gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, fev. 46 p.
- CHACÓN, M. 2009. Cromatografía de suelos. Campesinos con la gestión y manejo de la fertilidad de su suelo en sus manos. Agroambiente soluciones S.A. Costa Rica. 24 p.
- CUEVA, L. 1988. Norte Andino desarrollo rural integral y conservación de suelos. editorial hipatia S.A. Lima, Perú. 126 p.
- DELGADO, Y. 2007. Vida en el Suelo a partir de la Cromatografía. [En línea]: Coas, (<http://www.coas.com.mx/cms/coas/cromatografia.html>; documentos, 15 Nov. 2010).
- DORAN, J.W., PARKIN, B.T. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Wisconsin, EE.UU.
- FAO. 2003. El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Boletín de suelos de la FAO. N2 51. 253 p.
- FASSBENDER, H. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. Turrialba, instituto, interamericano de ciencias agrícolas de la OEA . Edit. Matilde de la cruz. 398 p.

- FERNANDEZ, L., ROJAS, N. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicados a la remediación de sitios contaminados. Edit. Van Dyck. México. [En línea]: Relascmex, (http://relascmex.files.wordpress.com/2011/09/manu_al-analisis-de-suelos.pdf, documento, 5 Oct. 2011).
- FOTH, H. 1990. Fundamentos de la ciencia del suelo. Edit. Continental. Ed. CECSA. México. 433 p.
- GRACEY, J. 2010. La mesofauna y macrofauna en relación a las propiedades físicas y químicas del suelo de ex cocal y bosque secundario en el sector los milagros. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 70 p.
- GUERRERO, A. 1996. El suelo, abonos y la fertilización de los cultivos. 2º reimpresión. Edit. Aedos S.A. Barcelona, España.
- HÜNNEMEYER, A.J., DE CAMINO, R., MÜLLER, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. San José, Costa Rica. M Araya. p. 19 - 27.
- INTA, R. 1996. Cultivos de Maíz, estudiantes ingeniera agronómica [En línea]: Aeiagro, (<http://aeiagro.galeon.com/aficiones1544291.html>, documentos, 4 Dic. 2011).
- JALISCO, L. 1999. Principales tipos de vegetación, inducido en el municipio de Atotonilco el Alto. [En Línea]: Conabio, (http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/doctos/tipos.html, documentos, 29 Set. 2008).

- JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69:373-386.
- JOSSE, C., NAVARRO, G. 2007. Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo. Nature Serve. Arlington, Virginia, EE.UU. [En Línea]: Natureserve, (http://www.natureserve.org/aboutUs/latinamerica/pubs/sistemas_span.pdf, documentos, 15 Ene. 2011).
- LAVELLE, P. 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. En: *Myths and Science of Soils of the Tropics*. SSSA Special Publication. Madison Wisconsin, EE.UU. p. 157-185.
- LINARES, D. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco - Perú. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p.
- MARÍN, E. 2003. Efecto de la labranza sobre los macro invertebrados del suelo en vertisoles de un área colombiana. Londria, Colombisa. Embrapp soja. 237 p.
- MAGURAN, A. E. 1989. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones VEDRA. Barcelona, España. 200p.
- MENDIETA, E. 2011. Técnicas de diagnóstico de la fertilidad de suelo en el cultivo de cacao orgánico. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 55 p.

- MWANGI, M. 2004. Soil invertebrate macrofauna composition within agroforest and forested ecosystems and their role in litter decomposition in embu, Kenya. 466 p.
- MURO, J. 1973. Potencialidad agrícola de los suelos de la selva Peruana. Universidad Nacional Agraria la Molina, 28 de setiembre.
- NAVARRO, G., NAVARRO, B. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2 ed. Madrid, España. Mundi-prensa. 486 p.
- NORIEGA, A. 2005. Manual de seguridad de sustancias tóxicas. [En Línea]: Cvs, (<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq122.pdf>; documentos, 16 Nov. 2010).
- OBREGÓN, R. 1986. Fertilidad natural de los suelos de la provincia de Leoncio Prado - Huánuco, Facultad de Ciencias Agrarias". Tesis Ing. Agrónomo. Huánuco, Perú. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- PARR, J.F. 1992. Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. *American J. of Alternative Agriculture* 7: 5-11.
- PASHANASI, B. 2002. Estudio cuantitativo de la macrofauna del Suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. Rev. Per. Folia amazonica. Lima, Perú. 12(1): 1-2.
- PFEIFFER, E. 1984. Chromatography Applied To Quality Testing. Wyoming, Rhode Island. 44 p.

- PROAMAZONIA. 2004. Manual del cultivo de cacao. Edit. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.
- RAMIREZ, J. 2000. Propiedades físicas y químicas del suelo. [En línea]: USDA (http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024153344_Caracteristicas%20del%20suelo%20propiedades%20fisico-quimicos.pdf, documentos, 18 de Ene. 2010).
- RODRIGUEZ, V. 2000. Cromas, una interesante mirada a la vida de suelos y cultivos. [En línea]: Innovakglobal, (http://www.innovakglobal.com/periodicos/periodico_innovak_abril09.pdf, documentos, 16 Nov. 2009).
- RUIZ, S. 2008. Cuantificación de microorganismos en cinco tipos de suelos del bosque reservado de la universidad nacional agraria de la selva (BRUNAS). Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 97 p.
- SAENZ, A. 1996. Suelos tropicales. Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. Serie textos nº 150.
- SALAS, L. 2004. Características Peculiares del Café. [En línea] (<http://caféperuano.galeon.com/productos1115094.htm>, documentos, 5 dic 2009).
- SALAZAR, R. 2011. Uso de dos técnicas para determinar la fertilidad del suelo en cultivo de café orgánico del Sector Pusapno, Distrito de Chontabamba, Provincia de Oxapampa. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 67 p.

- SALINAS. J., VALENCIA. C, 1983. Guía de estudio Oxisoles y Ultisoles en América Tropical , distribución importancia y propiedades físicas. Cali-Colombia Serie 2-3.
- SEVERINO, J. 2004. El cultivo de la yuca. [En línea]: Sica, (<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/ing%20rizzo/perfilesproductos/yuca.pdf>, documentos, 10 nov. 2009).
- TAPIA – CORAL, S.C .2004. Macroinvertebrados de Suelo y estoques de carbono y nutrientes en diferentes tipos de vegetación de tierra firme en la Amazonia peruana. Manaus, Brasil. Instituto Nacional de pesquisas de la Amazonia – INPA. Univerisdad federal de amazonas- UFAM.
- THOMPSON, L.M., TROEH, F.R. 1998. Los suelos y su fertilidad. 4 ed. Barcelona, España. Reverte S.A. 649 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. 1983. Técnica del elemento faltante. Facultad de agronomía. Tingo María, Leoncio Prado. 37 p.

ANEXOS

Anexo A. Datos obtenidos en campo definitivo.

Cuadro 24. Análisis del suelo.

Número de Muestra		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K ₂ O	CAMBIABLES						Cmol(+)/kg				
Laborat.	Campo	Arena	Limo	Arcilla	Textura	1:1	%	%	ppm	kg/ha	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	%	%	%
		%	%	%																Bas. Camb.	Ac. Camb.
M1	coca (1año)	25.0	48.0	27.0	franco arcilloso	3.74	2.9	0.13	8.9	433.2	--	3.91	0.81	0.00	0.00	3.80	1.20	9.72	48.56	51.44	39.09
M2	pasto (20años)	15.0	46.0	39.0	franco arcilloso	4.61	1.9	0.09	9.8	372.5	--	4.98	0.84	0.00	0.00	2.40	0.84	9.06	64.24	35.76	26.49
M3	Purma	23.00	44.00	33.00	franco arcilloso	3.63	1.66	0.07	10	347.3	--	3.10	0.52	0.00	0.00	3.80	1.30	8.72	41.51	58.49	43.58
M4	café (7años)	12.60	49.60	37.80	franco arcilloso	3.75	2.62	0.12	8.5	485.2	--	3.84	0.64	0.00	0.00	3.60	1.20	9.28	48.28	51.72	38.79
M5	Bosque	30.60	37.60	31.80	franco arcilloso	3.40	3.33	0.15	10.2	428.2	--	3.96	0.71	0.00	0.00	4.30	1.40	10.37	45.03	54.97	41.47
M6	maiz (3meses)	24.60	41.60	33.80	franco arcilloso	4.41	2.85	0.13	11.6	555.4	--	5.54	1.04	0.00	0.00	1.60	0.70	8.88	74.10	25.90	18.02
M7	coca (5años)	36.60	31.60	31.80	franco arcilloso	3.64	2.38	0.11	9.6	323.5	--	1.86	0.31	0.00	0.00	3.60	1.16	6.93	31.31	68.69	51.95
M8	cacao (45año)	34.60	31.60	33.80	franco arcilloso	5.18	3.09	0.14	14.9	268.2	--	5.36	0.95	0.00	0.00	0.20	0.05	6.56	96.19	3.81	3.05
M9	Bosque	40.60	25.60	33.80	franco arcilloso	3.37	1.43	0.06	12.6	536.9	--	2.57	0.45	0.00	0.00	3.80	1.65	8.47	35.66	64.34	44.86
M10	Pasto	36.60	35.60	27.80	franco arcilloso	4.84	1.66	0.07	16.3	382.6	--	5.24	0.94	0.00	0.00	2.40	0.25	8.83	69.99	30.01	27.18
M11	cashacsha	34.50	21.60	43.90	arcilla	6.68	0.71	0.03	20.5	477.1	4.17	2.86	0.47	0.67	0.17	0.00	0.00	----	100.00	0.00	0.00
M12	yuca (1año)	34.50	27.60	37.90	franco arcilloso	4.42	2.38	0.11	10.7	582	--	3.77	0.57	0.00	0.00	1.50	0.60	6.44	67.39	32.61	23.29
M13	coca (1año)	30.50	37.60	31.90	franco arcilloso	3.78	3.09	0.14	11	309.8	--	3.12	0.44	0.00	0.00	3.40	1.70	8.66	41.11	58.89	39.26
M14	platanal (1año)	44.50	31.60	23.90	franco	4.08	4.52	0.20	13	339.4	--	5.44	0.87	0.00	0.00	1.50	0.65	8.46	74.59	25.41	17.73
M15	maiz (5meses)	44.50	33.60	21.90	franco	4.80	2.62	0.12	14.3	343.7	--	5.15	0.62	0.00	0.00	0.50	0.25	6.52	88.49	11.51	7.67
M16	citrico (2años)	44.50	33.60	21.90	franco	4.98	1.43	0.06	14.7	266.3	--	4.91	0.85	0.00	0.00	0.20	0.10	6.06	95.05	4.95	3.30
M17	cacao (25años)	42.50	35.60	21.90	franco	4.90	1.9	0.09	14.3	325.3	--	4.43	0.75	0.00	0.00	0.20	0.10	5.48	94.52	5.48	3.65
M18	citrico (20años)	60.50	21.60	17.90	franco arenoso	5.31	1.43	0.06	15.3	457.4	--	4.61	0.87	0.00	0.00	0.35	0.05	5.88	93.20	6.80	5.95

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, UNAS.

Cuadro 25. Indicadores biológicos y químicos de un suelo ideal Vs. Las parcelas de estudio

Indicador	Suelo ideal	Par. 1	Par. 2	Par. 3	Par. 4	Par. 5	Par. 6	Par. 7	Par. 8	Par. 9	Par. 10	Par. 11	Par. 12	Par. 13	Par. 14	Par. 15	Par. 16	Par. 17	Par. 18
% Materia orgánica	3.6	2.90	1.9	1.66	2.62	3.33	2.85	2.38	3.09	1.43	1.66	0.71	2.38	3.09	4.52	2.62	1.43	1.90	1.43
	100%	80.56	65.52	87.37	157.83	127.10	85.59	83.51	129.8	46.28	116.0	42.77	335.2	129.8	146.2	57.96	54.58	132.87	75.26
pH	6.8	3.74	4.61	3.63	3.75	3.40	4.41	3.64	5.18	3.37	4.84	6.68	4.42	3.78	4.08	4.80	4.98	4.90	5.31
	100%	55.00	123.26	78.74	103.31	90.67	129.71	82.54	142.3	65.06	143.6	138.0	66.17	85.52	107.9	117.6	103.7	98.3	108.3
% Nitrógeno total	0.2	0.13	0.01	0.07	0.12	0.15	0.13	0.11	0.14	0.06	0.07	0.03	0.11	0.14	0.20	0.12	0.06	0.09	0.06
	100%	65.00	4.50	1196.58	171.43	125.00	86.67	84.62	127.2	42.86	116.6	42.86	366.6	127.2	142.8	60.00	50.00	150	66.67
Fósforo disponible (ppm)	11	8.90	9.8	10	8.5	10.2	11.60	9.60	14.90	12.60	16.30	20.50	10.70	11.00	13.00	14.30	14.70	14.3	15.30
	100%	80.91	110.11	102.04	85.00	120.00	113.73	82.76	155.2	84.56	129.3	125.7	52.20	102.8	118.1	110.0	102.8	97.2	106.9
Potasio disp. (Kg-K ₂ O/ha)	350	433.0	372.51	347.32	485.18	428.18	555.44	323.46	268.1	536.8	382.5	477.1	581.9	309.8	339.3	343.7	266.3	325.31	457.3
	100%	123.71	86.03	93.24	139.69	88.25	129.72	58.23	82.91	200.1	71.26	124.7	121.9	53.23	109.5	101.2	77.48	122.15	140.5
Ca. (me/100g)	10	3.91	4.98	3.10	3.84	3.96	5.54	1.86	5.36	2.57	5.24	2.86	3.77	3.12	5.44	5.15	4.91	4.43	4.61
	100%	39.10	127.37	62.25	123.87	103.13	139.90	33.57	288.1	47.95	203.8	54.58	131.8	82.76	174.3	94.67	95.34	90.2	104.0
Mg. (me/100g)	1.5	0.81	0.84	0.52	0.64	0.71	1.04	0.31	0.95	0.45	0.94	0.47	0.57	0.44	0.87	0.62	0.85	0.75	0.87
	100%	54.00	103.70	61.90	123.08	110.94	146.48	29.81	306.4	47.37	208.8	50.00	121.2	77.19	197.7	71.26	137.1	88.2	116.0

Fuente: Elaboración propia.

* Parcela

Cuadro 26. Características de los cromas de centro poblado de Bella Baja – Bella Alta.

	Zona				Dimensión				Forma				Presencia de anillos			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	reddish yellow 7.5YR 8/3	pink 7.5RY 6/8	strong brown7.5YR 4/6	yellow 10YR 8/6	1.4	3	1.07	1.45	R	R	R	I	NO	NO	NO	NO
2	very pale brown10YR 8/3	yellow 10YR 7/8	strong brown7.5YR 5/6	yellow 10YR 7/6	0.73	3	1.4	1.1	I	R	R	I	NO	NO	NO	NO
3	very pale brown10YR 8/3	yellowish brown10YR 5/8	strong brown7.5YR 5/6	yellow 10YR 8/6	0.82	2.5	1.6	1.2	I	R	R	I	NO	NO	NO	NO
4	very pale brown10YR 8/2	yellowish brown10YR 5/4	brown 7.5RY 3/4	yellow 10YR 7/6	0.2	3.1	0.9	1.4	I	R	R	I	NO	NO	NO	NO
5	pale yellow 2.5Y 8/4	dark yellowish brown10YR4/6	brown 10RY 4/3	yellow 2.5Y 8/6	0.75	2.8	1.83	0.8	I	R	I	I	NO	NO	NO	NO
6	very pale brown10YR 8/2	brownish yellow10YR 6/6	yellow brown 10YR 5/6	very pale brown 10YR7/4	1.1	1	1.8	1.4	I	R	I	I	NO	NO	NO	NO
7	pale yellow 2.5Y 8/3	yellowish brown 10YR 5/6	olive brown 2.5Y 4/3	yellow 2.5Y 8/6	0.6	2.9	1.9	1.3	I	R	R	I	NO	NO	NO	NO
8	pale yellow 2.5Y 8/2	brownish yellow10YR 6/6	yellow brown 10YR 5/6	very pale brown 10YR8/4	0.9	3	0.8	1.6	I	I	R	I	NO	NO	NO	NO
9	pale yellow 2.5Y 8/3	strong brown7.5YR 5/6	reddish brown 5YR 4/4	yellow 10YR8/6	1	2.4	1.8	1.3	R	R	I	I	NO	NO	NO	NO
10	very pale brown 10YR 8/2	brownish yellow10YR 6/8	strong brown 7.5YR 5/6	very pale brown 10YR 7/4	0.7	3.4	1.3	3.8	I	I	R	I	NO	NO	NO	NO
11	pinkish white 10R 8/2	pale red 10R 7/2	strong brown 7.5YR 5/6	pink 7.5YR 8/3	0.7	2.4	1.4	1.4	I	I	I	I	NO	NO	NO	NO
12	very pale brown 10YR 8/3	brownish yellow 10YR 5/6	yellowish brown 10YR5/6	very pale brown 10YR 8/4	1	3.2	0.7	1.7	I	I	I	I	NO	NO	NO	NO
13	pale yellow 2.5Y 8/3	olive yellow 2.5Y 6/6	yellowish brown 10YR5/4	pale yellow2.5Y 8/4	0.7	2.7	1.8	1	I	R	R	I	NO	NO	NO	NO
14	light reddish brown 5YR 6/4	yellowish brown 10YR 5/8	dark yellowish brown 10YR4/4	yellow 10YR 8/6	0.45	3.13	1.65	0.9	I	R	R	I	NO	NO	NO	NO
15	very pale brown 10YR 8/2	brownish yellow 10YR 6/6	dark yellowish brown 10YR4/6	yellow 10YR 8/6	0.93	3.2	0.78	1.58	I	I	I	I	NO	NO	NO	NO
16	very pale brown 10YR 8/2	brownish yellow 10YR 6/8	yellowish brown 10YR5/6	very pale brown 10YR 8/4	0.73	3.63	0.73	1.4	I	I	I	I	NO	NO	NO	NO
17	pale yellow 2.5Y 8/3	yellow 10YR 7/8	brownish yellow 10YR6/8	very pale brown 10YR 8/4	0.7	2.93	0.53	1.63	I	I	I	I	NO	NO	NO	NO
18	pale yellow 2.5Y 8/3	yellowish brown 10YR 5/8	brown 7.5RY 4/4	yellow 2.5Y 8/6	1.3	3.3	0.95	1.43	R	R	R	R	NO	NO	NO	NO

Fuente: (Elaboración propia).

Cuadro 27. Determinación de la riqueza de especies, índice de diversidad y equidad de la macrofauna del suelo en las 18 parcelas de centro poblado de Bella Baja y Bella Alta.

1. COCA (V)												
	M1	M2	M3				Prom. 1	Prom. 2	Pi	LN Pi	PiLN Pi	Pi ²
Quilópodos	1	1		16	16	0	1	11	0.048	-3.045	-0.145	0.002
Hymenoptera	7	1	19	112	16	304	9	144	0.429	-0.847	-0.363	0.184
Blattaria	3	-	-	48	0	0	3	16	0.143	-1.946	-0.278	0.02
Araneida	1	-	-	16	0	0	1	5	0.048	-3.045	-0.145	0.002
Coleóptero	2	-	-	32	0	0	2	11	0.095	-2.351	-0.224	0.009
Oligoquetos	2	-	-	32	0	0	2	11	0.095	-2.351	-0.224	0.009
Larva	3	-	-	48	0	0	3	16	0.143	-1.946	-0.278	0.02
							21	213	S=7		-1.657	0.247
2. PASTO (V)												
Oligoquetos	4	18	11	64	288	176	11	176	0.42	-0.867	-0.364	0.177
Quilópodos	4	1	-	64	16	0	3	27	0.096	-2.348	-0.224	0.009
Hymenoptera	2	9	6	32	144	96	6	91	0.217	-1.53	-0.331	0.047
Coleoptero	-	6	-	0	96	0	6	32	0.229	-1.473	-0.338	0.053

Cuadro 28. (Continuación...)

Orthoptera	-	1	-	0	16	0	1	5	0.038	-3.264	-0.125	0.001
							26	331	S=5		-1.382	0.287
3.PURMA (V)												
Oligoquetos	2	-	5	32	0	80	4	37	0.025	-3.707	-0.091	0.001
Hymenoptera	32	3	304	512	48	4864	113	1808	0.793	-0.232	-0.184	0.629
Quilopodos	4	-	-	64	0	0	4	21	0.028	-3.573	-0.1	0.001
Enquitreidos	2	-	-	32	0	0	2	11	0.014	-4.266	-0.06	0
Coleóptero	-	-	1	0	0	16	1	5	0.007	-4.959	-0.035	0
Isóptera	-	-	15	0	0	240	15	80	0.105	-2.251	-0.237	0.011
Larva	-	-	3	0	0	48	3	16	0.021	-3.861	-0.081	0
Araneida			1	0	0	16	1	5	0.007	-4.959	-0.035	0
							143	1984	S=8		-0.823	0.642
4. CAFÉ (V)												
Hymenoptera	14	33	-	224	528	0	24	251	0.797	-0.227	-0.181	0.635
Isóptera	1	-	-	16	0	0	1	5	0.034	-3.384	-0.115	0.001
Quilópodos	3	-	-	48	0	0	3	16	0.102	-2.286	-0.232	0.01
Coleóptero	-	2	-	0	32	0	2	11	0.068	-2.691	-0.182	0.005

Cuadro 29. (Continuación...)

							30	283	S=4	-0.711	0.651	
5. BOSQUE (V)												
Hymenoptera	40	18	83	640	288	1328	47	752	0.445	-0.81	-0.36	0.198
Isóptera	2	89	16	32	1424	256	36	571	0.338	-1.086	-0.367	0.114
Araneida	-	9	-	0	144	0	9	48	0.085	-2.463	-0.21	0.007
Quilopodos	-	3	1	0	48	16	2	21	0.019	-3.967	-0.075	0
Ácaros	-	3	-	0	48	0	3	16	0.028	-3.562	-0.101	0.001
Enquitreidos	-	2	2	0	32	32	2	21	0.019	-3.967	-0.075	0
Quelicerados	-	3	-	0	48	0	3	16	0.028	-3.562	-0.101	0.001
Larva	-	3	1	0	48	16	2	21	0.019	-3.967	-0.075	0
Gasterópoda	-	1	-	0	16	0	1	5	0.009	-4.66	-0.044	0
Coleóptero	-	-	1	0	0	16	1	5	0.009	-4.66	-0.044	0
							106	1477	S=10	-1.452	0.322	
6. MAÍZ (V)												
Oligoquetos	14	12	-	224	192	0	13	139	0.591	-0.526	-0.311	0.349
Larva	1	-	-	16	0	0	1	5	0.045	-3.091	-0.141	0.002
Isóptera	1	1	-	16	16	0	1	11	0.045	-3.091	-0.141	0.002

Cuadro 30. (Continuación...)

Hymenoptera	1	-	-	16	0	0	1	5	0.045	-3.091	-0.141	0.002
Dermáptera	1	-	-	16	0	0	1	5	0.045	-3.091	-0.141	0.002
Isópoda	-	1	-	0	16	0	1	5	0.045	-3.091	-0.141	0.002
Coleóptero	-	3	-	0	48	0	3	16	0.136	-1.992	-0.272	0.019
Quilopodos	-	-	1	0	0	16	1	5	0.045	-3.091	-0.141	0.002
							22	192	S=8		-1.426	0.38
7. COCA (L)												
Coleóptero	1	3	-	16	48	0	2	21	0.133	-2.015	-0.269	0.018
Colémbolo	11	-	-	176	0	0	11	59	0.733	-0.31	-0.227	0.538
Quilopodos	-	1	-	0	16	0	1	5	0.067	-2.708	-0.181	0.004
Oligoquetos	-	-	1	0	0	16	1	5	0.067	-2.708	-0.181	0.004
							15	91	S=4		-0.857	0.564
8. CACAO (L)												
Oligoquetos	16	19	24	256	304	384	20	315	0.343	-1.07	-0.367	0.118
Quilopodos	6	4	17	96	64	272	9	144	0.157	-1.852	-0.291	0.025
Coleóptero	2	1	2	32	16	32	2	27	0.029	-3.538	-0.103	0.001
Araneida	-	3	2	0	48	32	3	27	0.044	-3.133	-0.137	0.002

Cuadro 31. (Continuación...)

Isópoda	-	2	6	0	32	96	4	43	0.07	-2.663	-0.186	0.005
Dermáptera	-	1	-	0	16	0	1	5	0.017	-4.049	-0.071	0
Larva	-	17	-	0	272	0	17	91	0.297	-1.216	-0.36	0.088
Hymenoptera	-	2	3	0	32	48	3	27	0.044	-3.133	-0.137	0.002
							57	677	S=8		-1.651	0.24
9. BOSQUE (L)												
Hymenoptera	55	2	-	880	32	0	19	304	0.826	-0.191	-0.158	0.682
Dermáptera	1	1	-	16	16	0	1	11	0.029	-3.541	-0.103	0.001
Isóptera	3		-	48	0	0	2	16	0.065	-2.73	-0.178	0.004
Oligoquetos	1	1	1	16	16	16	1	16	0.043	-3.135	-0.136	0.002
Larva	-	1	-	0	16	0	1	5	0.022	-3.829	-0.083	0
Orthoptera	-	-	1	0	0	16	0	5	0.014	-4.234	-0.061	0
							23		S(6)		-0.719	0.69
10. PASTO (L)												
Coleóptero	4	5	-	64	80	0	3	48	0.205	-1.587	-0.325	0.042
Oligoqueto	-	7	25	0	112	400	11	171	0.727	-0.318	-0.232	0.529
Orthoptera	-	-	1	0	0	16	0	5	0.023	-3.784	-0.086	0.001

Cuadro 32. (Continuación...)

Quilopodos	-	-	2	0	0	32	1	11	0.045	-3.091	-0.141	0.002
							15	235	S(4)		-0.783	0.573
11. CASHAUCSHA (L)												
Quilopodos	5	3	6	80	48	96	5	75	0.368	-0.999	-0.368	0.136
Hymenoptera	1	3	-	16	48	0	2	21	0.158	-1.846	-0.291	0.025
Isóptera	1	1	-	16	16	0	1	11	0.079	-2.539	-0.2	0.006
Araneida	1	-	-	16	0	0	1	5	0.079	-2.539	-0.2	0.006
Oligoquetos	-	4	2	0	64	32	3	32	0.237	-1.44	-0.341	0.056
Quelicerados	-	1	-	0	16	0	1	5	0.079	-2.539	-0.2	0.006
							13	149	S(6)		-1.602	0.235
12. YUCA (L)												
Quilopodos	4	-	-	64	0	0	4	21	0.178	-1.727	-0.307	0.032
Oligoquetos	10	2	16	160	32	256	9	149	0.415	-0.88	-0.365	0.172
Coleóptero	2	2	1	32	32	16	2	27	0.074	-2.603	-0.193	0.005
Dermáptera	-	2	-	0	32	0	2	11	0.089	-2.42	-0.215	0.008
Araneida	-	1	2		16	32	2	24	0.067	-2.708	-0.181	0.004
Isóptera	-	1	1	0	16	16	1	11	0.044	-3.114	-0.138	0.002

Cuadro 33. (Continuación...)

Enquitreidos	-	-	1	0	0	16	1	5	0.044	-3.114	-0.138	0.002
Hymenoptera	2	-	2	32	0	32	2	21	0.089	-2.42	-0.215	0.008
							23	269	S(8)		-1.752	0.233
13. COCA (OSC)												
Oligoquetos	4	10	-	64	160	0	7	75	0.7	-0.357	-0.25	0.49
Hymenoptera	-	3	-	0	48	0	3	16	0.3	-1.204	-0.361	
							10	91	S(2)		-0.611	0.49
14. PLATANAL (OSC)												
Coleóptero	3	2	-	48	32	0	3	27	0.172	-1.758	-0.303	0.03
Hymenoptera	4	5	-	64	80	0	5	48	0.31	-1.17	-0.363	0.096
Oligoquetos	2	3	-	32	48	0	3	27	0.172	-1.758	-0.303	0.03
Enquitreidos	-	1	-	0	16	0	1	5	0.069	-2.674	-0.184	0.005
Isóptera	-	4	-	0	64	0	4	21	0.276	-1.288	-0.355	0.076
							15	128	S(5)		-1.509	0.237
15. MAÍZ (OSC)												
Oligoquetos	5	4	-	80	64	0	5	48	0.563	-0.575	-0.324	0.316
Hymenoptera	6	1	-	96	16	0	4	37	0.438	-0.827	-0.362	0.191
							8	85	S(2)		-0.685	0.508

Cuadro 34. (Continuación...)

16. NARANJAL (OSC)												
Hymenoptera	6	-	-	96	0	0	6	32	0.308	-1.179	-0.363	0.095
Blattaria	1	-	-	16	0	0	1	5	0.051	-2.97	-0.152	0.003
Gasterópoda	2	1	-	32	16	0	2	16	0.077	-2.565	-0.197	0.006
Oligoquetos	-	9	-	0	144	0	9	48	0.462	-0.773	-0.357	0.213
Quilopodos	-	2	-	0	32	0	2	11	0.103	-2.277	-0.234	0.011
							20	112	S(5)		-1.303	0.327
17. CACAO (SAN)												
Oligoquetos	3	6	6	48	96	96	5	80	0.278	-1.281	-0.356	0.077
Hymenoptera	6	3	3	96	48	48	4	64	0.222	-1.504	-0.334	0.049
Quilopodos	-	6	-	0	96	0	6	32	0.333	-1.099	-0.366	0.111
Diplopoda	-	2	-	0	32	0	2	11	0.111	-2.197	-0.244	0.012
Larva	-	1	1	0	16	16	1	11	0.056	-2.89	-0.161	0.003
							18	197	S(5)		-1.461	0.253

Cuadro 35. (Continuación...)

18. CÍTRICOS (SAN)												
Oligoquetos	2	7	-	32	112	0	5	48	0.17	-1.773	-0.301	0.029
Hymenoptera	-	20	-	0	320	0	20	107	0.755	-0.281	-0.212	0.57
Quilopodos	-	1	-	0	16	0	1	5	0.038	-3.277	-0.124	0.001
Araneida	-	1	-	0	16	0	1	5	0.038	-3.277	-0.124	0.001
							27	165	S(4)		-0.761	0.601

Fuente: Elaboración propia.

Shannon - Wiener (H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i = -0.761$ nats/individuo.

$$H_{\text{máx}} = \ln S = 1.386$$

$$\text{Equidad (E): } E = H'/H_{\text{máx}} = 0.549$$

Cuadro 36. Resultados de las correlaciones entre el análisis físico químico, Cromatográfico y macrofauna del suelo.

		Correlaciones													
		Macro fauna	tamaño	números	N	P	K	MO	Ca	Mg	Al	Ar	Lim	Arci	
Macrofauna	Correlación de Pearson	1	,227	-,193	,004	-,280	-,068	,022	-,048	-,090	,420	-,307	,269	,188	
	Sig. (bilateral)		,365	,443	,987	,261	,789	,930	,849	,722	,082	,215	,280	,456	
tamaño	Correlación de Pearson		1	-,053	,174	-,357	-,089	,205	-,057	-,059	,670**	-,122	,180	-,011	
	Sig. (bilateral)			,836	,489	,146	,724	,414	,823	,815	,002	,630	,476	,965	
números	Correlación de Pearson			1	,215	-,296	-,089	,206	-,200	-,189	,011	,300	-,030	-,458	
	Sig. (bilateral)				,391	,232	,724	,411	,425	,452	,966	,226	,905	,056	
N	Correlación de Pearson				1	-,474*	-,161	,997**	,428	,215	,227	-,170	,334	-,114	
	Sig. (bilateral)					,047	,525	,000	,077	,393	,366	,499	,175	,651	
P	Correlación de Pearson					1	-,113	-,454	,018	,164	-,754**	,587*	-,695**	-,145	
	Sig. (bilateral)						,655	,058	,942	,516	,000	,010	,001	,566	
K	Correlación de Pearson						1	-,166	-,238	-,064	,182	-,172	-,113	,417	
	Sig. (bilateral)							,511	,342	,801	,471	,494	,655	,085	
MO	Correlación de Pearson							1	,420	,227	,234	-,142	,316	-,140	
	Sig. (bilateral)								,083	,364	,350	,574	,201	,581	
Ca	Correlación de Pearson								1	,571*	-,209	-,299	,412	,005	
	Sig. (bilateral)									,013	,404	,228	,089	,983	
Mg	Correlación de Pearson									1	-,387	,064	,207	-,351	
	Sig. (bilateral)										,113	,799	,409	,154	
Al	Correlación de Pearson										1	-,553*	,522*	,294	
	Sig. (bilateral)											,017	,026	,237	
Ar	Correlación de Pearson											1	-,798**	-,703**	
	Sig. (bilateral)												,000	,001	
Lim	Correlación de Pearson												1	,133	
	Sig. (bilateral)													,599	
Arci	Correlación de Pearson													1	
	Sig. (bilateral)														
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 37. Análisis de varianza entre tamaño de radiaciones y aluminio.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F tabulado	Sig.
Regresión	1	1.946	1.946	13.060	.002a
Residual	16	2.383	1.149		
Total	17	4.329			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 38. Análisis de varianza entre el Aluminio: fósforo, arena, limo.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F tabulado	Sig.
Regresión	3	25.132	8.377	7.084	0.004
Residuos	14	16.557	1.183		
Total	17	41.689			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 39. Análisis de varianza entre la macrofauna: Aluminio, arena y fósforo.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F tabulado	Sig.
Regresión	3	864992.86	288330.953	1.112	0.377
Residuos	14	3631130.03	259366.431		
Total	17	4496122.89			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B. Panel fotográfico

Figura 13. Suelo con pastizal, purma, bosque secundario y cultivo de café.



Figura 14. Suelo con cultivo de maíz, cacao, yuca y malezas de cashaucsha.



Figura 15. Cultivo de plátano, cítricos, coca y muestreo de suelos.



Figura 16. Secado de la muestra y recolección de muestra para identificación de la macro fauna.



Figura 17. Muestras para la identificación de macro fauna e identificación de macro fauna.



Figura 18. Identificación de la macro fauna y un orthoptera



Figura 19. Oligochaeta



Figura 20. Materiales de laboratorio para la preparación de la Cromatografía.



Figura 21. Papel filtro # 4 e impregnando con Nitrato de plata.



Figura 22. Muestras para corridas y corridas de cromas.



Figura 23. Cromas de las muestras 1 y 2.



Figura 24. Cromas de las muestras 3 y 4.



Figura 25. Cromas de las muestras 5 y 6.



Figura 26. Cromas de las muestras 7 y 8.

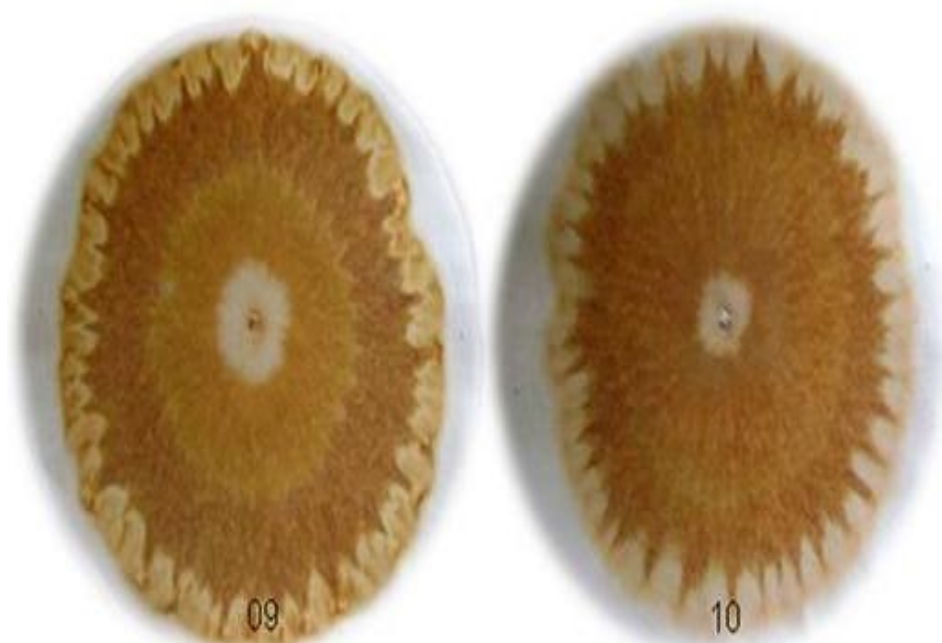


Figura 27. Cromas de las muestras 9 y 10.

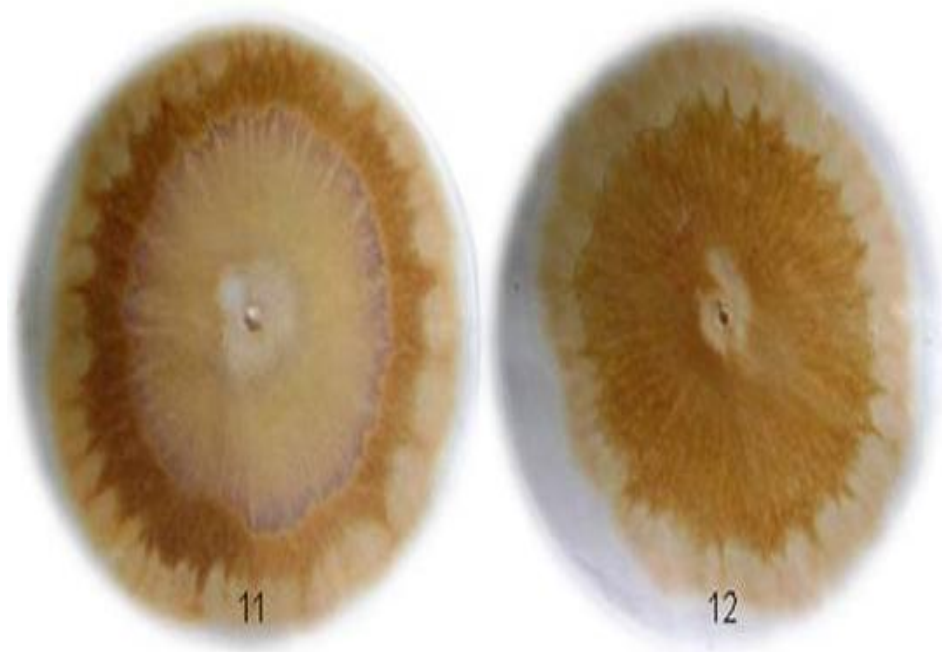


Figura 28. Cromas de las muestras 11 y 12.



Figura 29. Cromas de las muestras 13 y 14.

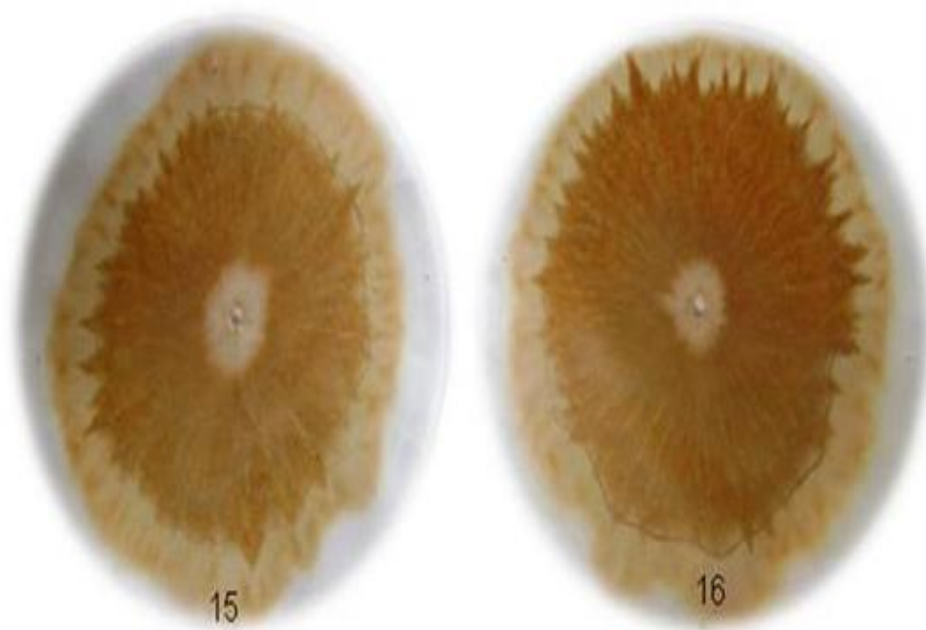


Figura 30. Cromas de las muestras 15 y 16.

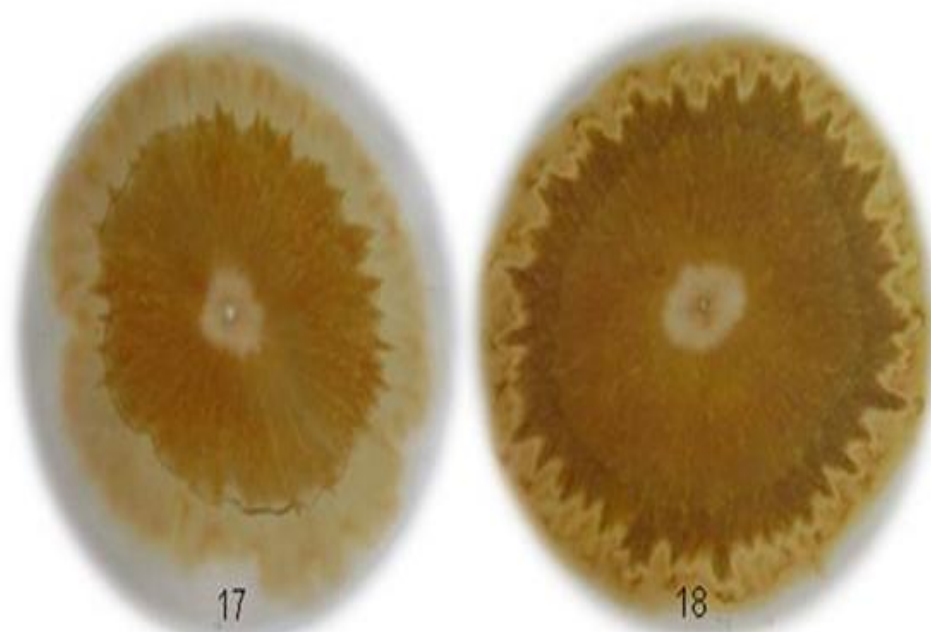


Figura 31. Cromas de las muestras 17 y 18.

PLANOS