

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



LA MESOFAUNA Y MACROFAUNA EN RELACION A LAS
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DE EX COCAL Y
BOSQUE SECUNDARIO EN EL SECTOR DE LOS MILAGROS

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

GRACEY CORONADO, Jorge Rómulo

Promoción: 2007 – I

JUVENTUD UNASINA FORJADORA DEL CAMBIO PARA LA SOSTENIBILIDAD DE
NUESTRA MADRE TIERRA

Tingo María – Perú

2010



P34

G79

Gracey Coronado, Jorge R.

La Mesofauna y Macrofauna en Relación a las Propiedades Físicas y Químicas del Suelo de ex Cocal y Bosque Secundario en el Sector de los Milagros. Tingo María 2010

76 h.; 26 cuadros; 35 fgrs.; 31 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

MESOFAUNA / MACROFAUNA / PROPIEDADES FISICAS -QUIMICAS

/ BOSQUE SECUNDARIO / CALIDAD - SUELO / METODOLOGÍA /

TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de marzo de 2010, a horas 06:00 p.m. en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“LA MESOFAUNA Y MACROFAUNA EN RELACIÓN CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DE EX COCAL Y BOSQUE SECUNDARIO EN EL SECTOR DE LOS MILAGROS”

Presentado por el Bachiller: **Jorge Rómulo, GRACEY CORONADO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"BUENO"**.

En consecuencia la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 27 de Abril de 2010

.....
Ing. MSc. **JOSE LEVANO CRISOSTOMO**
Presidente

.....
Blgo. MSc. **LUIS A. VIVAR LUQUE**
Vocal



.....
Blga. **MARIELA MORILLO ALVA**
Vocal

.....
Blgo. M.Sc. **EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE**
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, Guillermo y Nancy; con todo el amor y cariño del mundo, mi eterno agradecimiento por su apoyo moral y abnegado sacrificio que hicieron posible mi formación profesional.

A mis hermanos: Alan, Jesús y Billy, con mucho cariño y gratitud, pensar en ellos representó estímulo indeclinable de superación.

A mi Abuelo, Pedro Solón Coronado quien es mi inspiración y ejemplo de superación y a mi abuela que con su sabiduría me incentivo a luchar por lo que quiero, Griselda De La Cruz (que en paz descansa y desde el cielo guía mis pasos).

A Elia quien me da fuerza y amor para seguir esforzándome.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, ser omnipotente por iluminar y guiar mi camino a cada paso que doy.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Alma Mater, en especial a los profesores de la facultad de Recursos Naturales Renovables, por permitirme la culminación de mi carrera profesional.
- Al Blgo.M.Sc. Edilberto Chiquilín Bustamante, asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional.
- Al Ing.M.sc. Hugo Huamaní Yupanqui, Co-Asesor del presente trabajo, por su colaboración, orientación y consejos en la ejecución del presente trabajo de tesis.
- A mis compañeros de estudio, amistades y todas las personas que de una y otra manera colaboraron durante la ejecución del presente trabajo.
- A mis amigos, Rosario Salazar, Eduardo Camayo, Glen Potokar, Maria Ofelia Hosokay, Michel Campos, Jacky Ríos por su amistad y comprensión.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Suelos.....	4
2.2. Calidad del suelo.....	4
2.3. Indicadores de la calidad del suelo.....	6
2.3.1. Indicadores físicos.....	7
2.3.2. Indicadores químicos.....	7
2.3.3. Indicadores biológicos.....	8
2.4. Diversidad de mesofauna y macrofauna en el suelo.....	8
2.4.1. Mesofauna.....	8
2.4.2. Macrofauna.....	10
2.4.2.1. Macrofauna y sus efectos sobre el suelo.....	11
2.5. Características de los suelos en dos sistemas.....	14
2.5.1. Suelos de bosque.....	14
2.5.1.1. Tipos de bosque.....	16
1. Bosque secundario.....	16
2.5.2. Características de los suelos ex cicales.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21

3.1. Ubicación de la zona en estudio.....	21
3.1.1. Lugar de ejecución.....	21
3.1.1.1. Ubicación política.....	21
3.1.1.2. Ubicación geográfica con coordenadas UTM.....	22
3.1.2. Características ambientales de la zona del experimento.....	22
3.1.2.1. Suelos.....	23
3.1.2.2. Fisiografía.....	23
3.1.2.3. Geomorfología.....	24
3.1.2.4. Accesibilidad.....	24
3.2. Metodología.....	24
3.2.1. Unidades de estudio.....	24
3.2.1.1. Bosque secundario.....	24
3.2.1.2. Ex cocal.....	25
3.2.2. Ejecución del trabajo.....	26
3.2.2.1. Muestreo de suelos.....	26
3.2.2.2. Determinación de las propiedades físicas y químicas.....	27
3.2.2.3. Muestreo de la fauna en el suelo.....	27
1. Macrofauna y mesofauna.....	27
3.2.2.4. Conteo y estructura de la comunidad del suelo.....	30
3.2.2.5. Diversidad de especies.....	31
3.2.2.6. Nivel de fertilidad del suelo.....	32
3.2.2.7. Análisis estadístico de los datos.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33

4.1. Indicadores físicos.....	33
4.1.1. Textura del suelo.....	33
4.1.2. Densidad aparente.....	34
4.1.3. Densidad real.....	36
4.1.4. Temperatura del suelo.....	37
4.1.5. Resistencia a la penetración.....	39
4.1.6. Humedad.....	40
4.1.7. Espacio poroso.....	41
4.2. Indicadores químicos.....	43
4.3. Indicadores biológicos.....	45
4.3.1. Densidad de la macrofauna en los dos tipos de suelos.....	45
4.3.2. Densidad de la mesofauna en los dos tipos de suelos.....	50
4.3.3. Diversidad de especies.....	53
4.3.4. Biomasa de la macrofauna en los dos tipos de suelos.....	55
4.4. Nivel de fertilidad en los dos tipos de suelos.....	56
4.5. Relación entre los indicadores físicos, químicos y biológicos.....	58
4.5.1. Modelo.....	58
4.5.2. Simulación del Modelo.....	59
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	67
VII. ABSTRACT.....	68
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
IX. ANEXO.....	76
1. Cuadros.....	77

2. Metodología de modelos de regresión múltiple.....	81
El modelo de regresión múltiple.....	81
Variable dependiente.....	82
Variables independientes.....	82
Variables independientes dicotómicas.....	82
Variables independientes físicos.....	83
Variables independientes químicos.....	83
El modelo.....	85
La prueba de BREUSCH-PAGAN.....	88
Probabilidad (P).....	90
3. Fotografías.....	91

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Actividades de la fauna en el suelo.....	13
2. Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo.....	29
3. Texturas encontradas en los dos tipos de suelos.....	34
4. Densidad aparente (g/cm ³).....	35
5. Densidad real (g/cm ³).....	36
6. Temperaturas encontradas	38
7. Resistencia a la penetración.....	39
8. Porcentaje de humedad.....	40
9. Porcentaje de espacio poroso.....	42
10. Propiedades químicas de los dos tipos de suelos.....	44
11. Densidad de la macrofauna en los dos tipos de suelos.....	45
12. Densidad de la mesofauna en los dos tipos de suelos.....	50
13. Diversidad de la macrofauna por Simpson y Shannon – Wiener.....	54
14. Diversidad de la mesofauna por Simpson y Shannon – Wiener.....	54
15. Valores de los indicadores para obtener un índice de calidad De suelo.....	56
16. Datos obtenidos en campo y promedios de resistencia a la	

penetración de los dos tipos de suelos.....	77
17. Datos para determinar la densidad aparente y real de los dos tipos de suelos.....	77
18. Número de individuos de la macrofauna encontrados en los dos tipos de suelos.....	77
19. Número de individuos de la mesofauna encontrados en los dos tipos de suelos.....	78
20. Densidad de la macrofauna en los dos tipos de suelos.....	78
21. Densidad de la mesofauna en los dos tipos de suelos.....	79
22. Macrofauna y diversidad de especies en el bosque secundario por el método de Simpson y Shannon – Wiener.....	79
23. Macrofauna y diversidad de especies en el ex cocal por el método de Simpson y Shannon – Wiener.....	80
24. Mesofauna y diversidad de especies en el ex cocal por el método de Simpson y Shannon – Wiener.....	80
25. Mesofauna y diversidad de especies en el ex cocal por el método de Simpson y Shannon – Wiener.....	81
26. Crecimiento de los organismos vivos.....	85

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Tamaño de la fauna edáfica.....	14
2. Mapa departamental y provincial del lugar de ejecución del trabajo de investigación.....	22
3. Bosque secundario.....	25
4. Ex cocal.....	26
5. Diseño experimental del método TSBF.....	28
6. Método de muestreo para la mesofauna y macrofauna en suelos de bosque secundario y ex cocal.....	28
7. Densidad aparente en los dos tipos de suelo.....	35
8. Densidad real en los dos tipos de suelo.....	37
9. Temperatura en los dos tipos de suelo.....	38
10. Resistencia a la penetración en los dos tipos de suelo.....	40
11. Porcentaje de humedad en los dos tipos de suelo.....	41
12. Porcentaje de espacio poroso en los dos tipos de suelo.....	42
13. Densidad de la macrofauna en los dos tipos de suelo.....	46
14. Individuos de la macrofauna en los dos tipos de suelo.....	46
15. Individuos del grupo Hymenóptera (a) y Oligochaeta (b).....	47

16. Individuos del grupo Isópoda (c) y Isóptera (d).....	47
17. Individuos del grupo Chilopoda (e) y Aranae (f).....	48
18. Individuos del grupo Coleóptera (g) y Larva (h).....	48
19. Densidad de la mesofauna en los dos tipos de suelo	51
20. Individuos de la mesofauna en los dos tipos de suelo.....	52
21. Individuos del grupo Acari (a) y Collembola (b).....	52
22. Individuos del grupo Diplura (c) y Protura (d).....	53
23. Biomasa de la macrofauna en los dos tipos de suelo.....	55
24. Sistema de referencia de un suelo ideal.....	57
25. Crecimiento de los organismos, según, tipo de terreno y espacio- efecto total.....	60
26. Crecimiento de los organismos, según, aspectos físicos y químicos- efecto parcial.....	63
27. Crecimiento de los organismos vivos, según, aspectos físicos y químicos-efecto parcial.....	90
28. Hojarasca del bosque secundario.....	91
29. Extracción de muestra de suelo de ex cocal.....	91
30. Medición de la temperatura del suelo.....	92
31. Medición de la resistencia a la penetración.....	92
32. Muestreo para (D.A y D.R).....	93
33. Recolección de Muestra de suelo.....	93
34. Área de Ex cocal.....	94
35. Área de Bosque Secundario.....	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo desde el 01 de abril al 30 de septiembre del 2008 en dos unidades experimentales representadas por un bosque secundario y un ex cocal que se encuentran ubicadas dentro del caserío Los Milagros – Aucayacu, del distrito José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

El estudio realizado lleva por título “La Mesofauna y Macrofauna como indicadores de la calidad del suelo en suelos de ex cocal y bosque secundario en el sector de Los Milagros”, cuyos objetivos fueron: el de cuantificar los indicadores biológicos en los dos tipos de suelos mencionados, Determinar la diversidad de la mesofauna y macrofauna que se comportan como indicadores, Establecer las características edáficas en suelos de ex cocal y bosque secundario y Relacionar la presencia de los indicadores biológicos con la productividad de los suelos de ex cocales y bosques secundarios.

Para los métodos aplicados se han utilizado indicadores físicos, para el cual tenemos el método del hidrómetro de bouyoucos, Métodos directos del termómetro y el penetrómetro. Los indicadores químicos presentan métodos como el de Walkley y black (materia orgánica), potenciómetro (reacción del suelo), método de Yuan (aluminio intercambiable), Kjeldahl (Nitrógeno total), Olsen (Fósforo disponible), Acido sulfúrico (potasio

disponible), Acetato (Bases cambiables y CIC) y los indicadores biológicos tienen métodos como el método directo por conteo (Número de individuos, densidad y biomasa), Método de Simpson y Shannon – Winner (diversidad de especies).

El conteo de la mesofauna se realizó en gabinete, la extracción de individuos fue realizada utilizando el embudo de Berlesse.

Los resultados de este estudio nos indican que los suelos de bosque secundario poseen mayores condiciones para poder albergar organismos del suelo, es decir poseen mayor diversidad, a diferencia de un suelo ex cocal que carece de organismos por presentar condiciones que dificultan su hábitat pero que sin embargo estas condiciones no impiden que los organismos se encuentren presentes y que estos sean la causa de que se reinicien el proceso de regeneración de estos suelos.

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad; ya que es un recurso esencial para la producción agraria que, sin embargo, sufre serios procesos de degradación que amenazan la sostenibilidad de la agricultura.

Los procesos de deterioro del suelo son aquellos que rebajan la capacidad actual y potencial del suelo para producir cualitativa y/o cuantitativamente los bienes o servicios que van a ser de amplio beneficio para la sociedad; sin embargo, la calidad de los suelos está estrechamente relacionada con los procesos de sucesión ecológica; la degradación de los ecosistemas por regla general trae consigo una disminución en la calidad de los suelos y una regresión en la sucesión vegetal; por ello, el estudio de la calidad del suelo, referido a sus condiciones para producir cosechas está orientado a sus características físicas, químicas y biológicas.

Los tipos o sistemas de uso de los suelos ocasionan diferentes grados de perturbación, que al afectar sus características físicas, químicas y biológicas, tendrán efectos sobre la degradación y erosión parcial o total de los suelos. Estas características físicas, químicas y biológicas del suelo son las

que van a brindar las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos; los que a su vez, tienen influencia directa o indirecta sobre la aireación, conservación de la humedad, resistencia a la erosión, disponibilidad en cantidad y calidad de los nutrientes, entre otros.

Bajo estas consideraciones con la pretensión de aportar información para el desarrollo de una agricultura sostenible además de contribuir al conocimiento actual del papel que desempeñan las propiedades biológicas en la calidad del suelo, y que de esta manera beneficie a los que labran la tierra, al ambiente y la diversidad del suelo, ha motivado el desarrollo del presente estudio.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar la mesofauna y macrofauna en relación a las propiedades físicas y químicas del suelo de ex cocal y bosque secundario en el sector de Los Milagros

1.1.2. Específicos

- Identificar los indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad de los suelos.
- Determinar la diversidad de la mesofauna y macrofauna que se comportan como indicadores.

- Relacionar la presencia de los indicadores biológicos con los indicadores físicos y químicos de los suelos exocales y bosques secundarios.

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).

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 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.

La preocupación por la calidad del suelo no es nueva. En el pasado, este concepto fue equiparado con el de productividad agrícola por la poca diferenciación que se hacía entre tierras y suelo. Tierras de buena calidad eran aquellas que permitían maximizar la producción y minimizar la erosión. Para clasificarlas se generaron sistemas basados en esas ideas (DORAN y PARKIN, 1994).

El concepto de calidad del suelo ha estado asociado con el de sostenibilidad, pero éste 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).

2.3. 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 *et al.*, 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.

Los indicadores del suelo deberían permitir: (a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; (b)

analizar los posibles impactos antes de una intervención; (c) monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y (d) ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible (BAUTISTA *et al.*, 2004).

2.3.1. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, textura, porosidad, humedad, capa arable, densidad aparente, densidad real, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad (HÜNNEMEYER *et al.*, 1997).

2.3.2. Indicadores químicos

Los indicadores químicos de calidad del suelo incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos, propuso como indicadores el contenido de materia

orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K) disponible. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) son factores importantes en términos de producción de cultivos (ACEVEDO *et al.*, 2005).

2.3.3. Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos integran los diferentes factores que afectan la calidad del suelo. Generalmente se refieren a la abundancia y subproductos de los organismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. También se consideran como indicadores biológicos la población de lombrices de tierra y el rendimiento de los cultivos. 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).

2.4. Diversidad de mesofauna y macrofauna en el suelo

2.4.1. Mesofauna

La mesofauna del suelo presenta un diámetro corporal entre 100 um a 2 mm y entre ellas comprende los Ácaros, Colémbolos, Miriapodos,

Arácnidos y diversos insectos, algunos Oligoquetos y los Crustaceos. Para (BRECHELT, 2007); considera a la mesofauna a aquellos organismos del tamaño siguiente 0,6 – 10,4 mm y a la macrofauna de 10,4 mm a más. Son características terrestres las actividades tróficas de estos animales, de tal manera influyen en el consumo de los microorganismos y de la microfauna así como la descomposición del material vegetal.

Los animales de la macrofauna o megafauna de diámetro corporal en el suelo comprenden entre 2 mm y 20 mm; pueden pertenecer a casi todas las ordenes encontradas en la mesofauna excepto Ácaros, Colémbolos, Proturos y Dipluros sobre 20 mm de diámetro corporal, de los invertebrados del suelo pertenecen a la categoría de megafauna compuesta para una cierta especie de Oligoquetos, Diplopodes, Quilopodes y de Coleópteros.

Estas categorías tienen como función principal la descomposición de restos vegetales y animales, la modificación de la estructura del suelo con la actividad de producir poros y la producción de coprolitos.

El hecho de que la fauna del suelo pueda contener una gran variedad de formas, funciones y tamaños, tienen tentativas diversas de clasificación y agrupación. Por una parte existen investigaciones sobre la estructura y el comportamiento de las poblaciones en relación a los factores microambientales, y por otra, consideraciones del efecto de estas poblaciones sobre el microambiente particularmente relacionadas con la circulación de materia y energía por el sistema suelo-vegetación (BURGUES, 1960).

En términos más sencillos supone un estudio de la acción en una comunidad compleja. La composición biológica del suelo es de particular importancia por los procesos de descomposición de la materia orgánica y de la relación trófica del suelo. La cantidad de materia orgánica y de relación trófica del suelo. La cantidad de materia orgánica muerta es atacada (bajo diversas fases en las que entran la microflora, microfauna y mesofauna) y por lo tanto parcialmente descompuesta.

Las bacterias y hongos atacan directamente o por medio de la microfauna y mesofauna los restos vegetales descomponiéndolos y haciéndolos de esta manera asimilables para las plantas; la mesofauna controla la población microbiana alimentándose de ella pero también favoreciendo su diferenciación algunos ejemplares de mesofauna controlan la población zoológica de menor tamaño en resumen cumplen una función importante en el suelo (CORREIA y DE OLIVEIRA, 2000).

2.4.2. 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) (RAMIREZ y TRUJILLO, 2003).

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 *et al.*, 2000).

La macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endógeos y anécicos, 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 *et al.*, 2000).

2.4.2.1. Macrofauna y sus efectos sobre el suelo

Son importantes por su actividad en los siguientes procesos: 1. Depredación de los microbios, 2. Modificación de la estructura del suelo, 3. Descomposición de la materia orgánica, 4. Mezcla de la materia orgánica descompuesta con la tierra. 5. Incrementa la formación de agregados; procesos

que mejoran la propiedades físicas del suelo y definen el habitat de otras comunidades, algunos de estos grupos de organismos son: Arácnida, Isópoda, Miriápoda, Hymenoptera, Coleóptera y Gasterópoda. Una actividad biológica muy intensa puede dar lugar a modificaciones significativas del epipedión, de forma que su espesor sea muy considerable y esté formado casi enteramente por deyecciones y galerías rellenas. Para designar a los suelos con este tipo de horizonte (normalmente un epipedión móllico) se usa el elemento formador de gran grupo Verm- (como en Verudoll o Vermustoll).

Como se puede observar en la clasificación del Cuadro 1. 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 microfauna sea capaz de triturar los desechos orgánicos, así como no es probable que un animal de la macrofauna como los diplopodes dependan solamente de los microorganismos para su dieta (BURGES, 1971).

Cuadro 1. Actividades de la fauna en el suelo

Categoría	Ciclaje de nutrientes	Estructura del suelo
- Microfauna (4 μ – 100 μ)	<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 μ – 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: CORREIA, (2000).

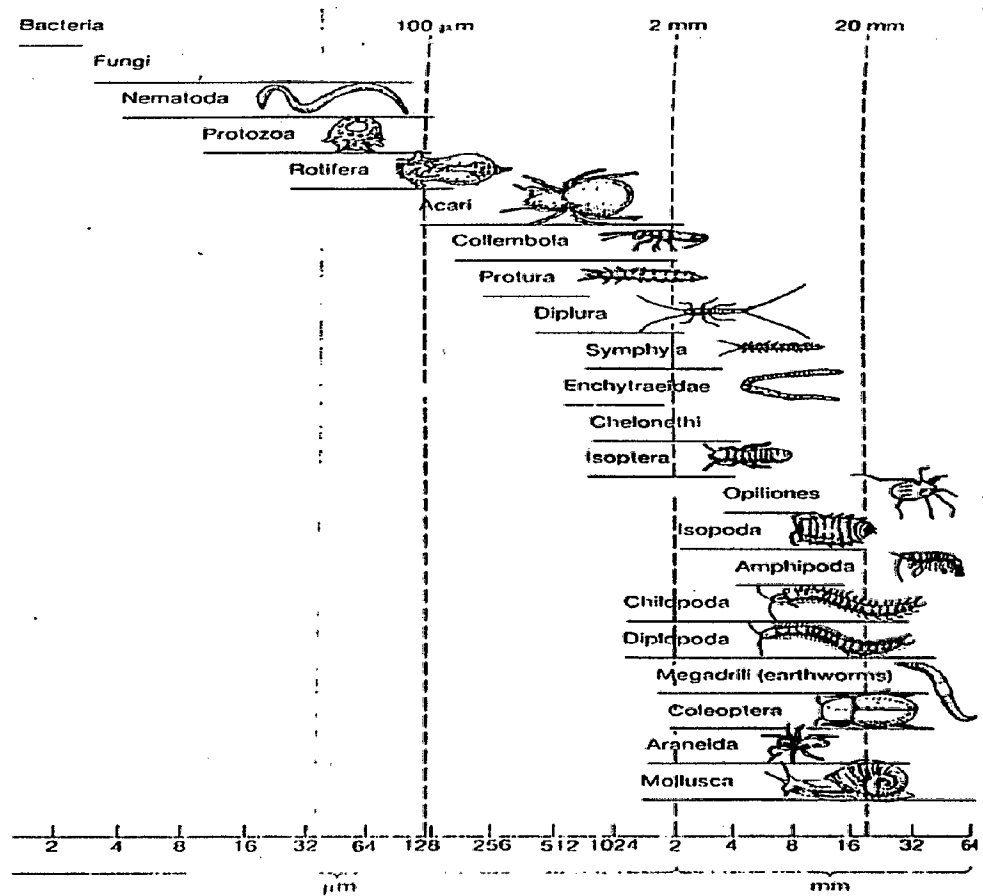


Figura 1. Tamaño de la fauna edáfica

2.5. Características de los suelos en dos sistemas

2.5.1. Suelos de bosque

Los bosques son ecosistemas imprescindibles para la vida. Son el hábitat de multitud de seres vivos, regulan el agua, conservan el suelo y la atmósfera y suministran multitud de productos útiles.

La vida humana ha mantenido una estrecha relación con el bosque. Muchas culturas se han apoyado en productos que obtenían del bosque: madera para usarla como combustible o en la construcción, carbón vegetal

imprescindible en la primera industria del hierro, caza, resinas, frutos, medicinas, etc.

Pero a la vez producir más alimentos exigió talar bosques para convertirlos en tierras de cultivo y en muchas épocas se consideraba que los bosques eran fuente de enfermedades, refugio de bandoleros y que dificultaban la defensa, por lo que se talaron grandes extensiones alrededor de las ciudades. También la construcción de barcos y las primeras ferrerías supusieron la destrucción de muchas arboledas (WCMC, 2007).

Se estima que hace unos 10 000 años, cuando terminó el último periodo frío, los bosques ocupaban entre el 80 y el 90 % de la superficie terrestre, pero a partir de entonces la deforestación ha sido creciente y en la actualidad los bosques cubren entre un 25 % y un 35 % de la superficie terrestre, según cuál sea el criterio con el que se determine qué es bosque y qué no lo es.

Desde hace dos siglos han surgido movimientos conservacionistas para proteger bosques y otros ecosistemas naturales y hoy día se abre paso con fuerza una nueva actitud de defensa y uso racional de este valor natural (WCMC, 2007).

Los árboles son extremadamente importantes en la formación de los suelos. Sus raíces se entierran y fragmentan la roca madre formando partículas de suelo más pequeñas, y sus hojas cuando caen contribuyen a aumentar la riqueza en nutrientes del suelo. Las ramas de los árboles

amortiguan las lluvias fuertes, y sus raíces proveen una estructura de apoyo; estos dos factores ayudan a evitar la erosión. A pesar de permanecer constantemente bajo la sombra, el suelo del bosque es un sitio en donde se llevan a cabo interacciones importantes y relaciones complejas. El suelo del bosque es uno de los principales sitios de descomposición, proceso de suma importancia para la continuidad del bosque como un todo. También es hogar de miles de plantas y animales, y provee soporte para los árboles que son responsables de la formación del dosel. El estrato del suelo es la región del bosque que se exploró por primera vez y ha sido la más intensamente estudiada (ODUM, 1972).

2.5.1.1. Tipos de bosques

En la Tierra se encuentran muy distintos tipos de bosques según las latitudes y altitudes. Bosques de coníferas como los de la taiga, selvas tropicales o bosques de árboles de hoja caduca como los de la zona templada. Algunos son bosques cerrados porque las copas de los árboles están juntas unas con otras, formando una cubierta o dosel arbóreo casi continuo; mientras que otros son bosques abiertos, cuando quedan espacios libres entre árbol y árbol (WCMC, 2007).

1. Bosques secundarios

Los bosques secundarios en la actualidad han tomado interés en la investigación, debido a que son vegetación leñosa que se establece luego que el suelo ha sido abandonado por acción de la agricultura migratoria (TCA,

1999), en su mayoría pasan por varias fase de sucesión vegetal, llamado en la zonas como purmas.

Quizás sea la composición florística uno de los rasgos más llamativos, puesto se expresa generalmente la cantidad de especies vegetales, así como número de individuos que está representado cada especie (BUENDIA, 1996).

La sucesión de las especies pioneras de una asociación son las primeras en establecerse, porque presentan características de colonizadoras, como tal son de rápido crecimiento, invierten alta energía en la producción de biomasa, consecuentemente abundante producción anual de semillas y la elevada capacidad de disposición colonizadora. Conocidos como especies de estrategia de vida "r", las mismas se establecen en condiciones hostiles y en ambientes altamente perturbados.

A medida que la sucesión avanza es conocido que la diversidad suele ser alta en comunidades más viejas y bajas en las de nuevo establecimiento (ODUM, 1983).

Los estudios realizados sobre la composición florística de los bosques tropicales, precisan un registro de 101 especies de árboles mayores de 10cm de dap (diámetro altura del pecho). En cambio los inventarios forestales realizados por la ONERN en el año 1982 y 1988 y el ex Instituto Forestal (INFOR) en el año 1985, encontraron entre 195 y 92 especies.

Evaluando bosques primarios en la zona de Atalaya registra 389 árboles/ha, mayores de 10 cm de dap (diámetro altura del pecho), resaltando especie para brinzales y latizales *Virola sebifera* "cumala blanca", *Protium trifoliolatum* "copal", *Chrysophyllum peruvianum* "caimitillo", *Ocotea grandifolia* "moena blanca", *Inga semialata* "shimbillo", *Theobroma sp* "café caspi" (ARCE, 2000).

2.5.2. Características de los suelos ex cicales

Los suelos ex cicales son aquellos que generalmente han sufrido un proceso de pérdida de material superficial, pérdida de nutrientes y pérdida de su estructura original debido a la acción humana.

La degradación de los agregados del suelo, su transporte y/o disposición en otros sitios es un fenómeno que ocurre normalmente y de manera continua; sin embargo, la intervención del ser humano ha hecho que estos procesos ocurran más rápido, y de una manera drástica que dificulta el equilibrio y recuperación de estos suelos, que bien tratados, podrían continuarse usando por mucho tiempo y con rendimientos aceptables (BIBLIOTECA DE CAMPO, 2002).

En el Alto Huallaga 194 000 has son consideradas aptas para cultivos en limpio, 59 000 has para cultivos permanentes, 418 000 has para pastos, 737 000 has aptos para forestales y 1 966 000 has de tierras de protección. En esta región las tierras de uso agrícola están ubicadas en proporción, laderas (colinas) con pendientes que superan el 30% (suelos con

aptitud forestal y de protección) la opción de los cultivos anuales no es recomendada.

En esta parte del Alto Huallaga, la mayoría de los suelos han sido y son erosionados mediante las prácticas de la agricultura migratoria, básicamente por el cultivo de la coca, deforestación (tala indiscriminada de bosques) por la plantación de cultivos anuales como la “yuca”, “maíz”, “papaya”, conducidos en surco en el sentido de la pendiente y suelos sin cobertura vegetal.

Estos suelos ocupan más del 50% de esta zona (ZAVALA *et al.*, 1985). Estos suelos son ácidos con alta saturación de aluminio y bajo contenido de fósforo son las especies de *Pteridium aquilinum* “Macorilla”, *Andropogon bicornis* “Rabo de Zorro”, *Imperata brasiliensis* “Cashruesha o Chicula” (HUAMANI *et al.*, 1998).

Estudios realizados por la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) evidencian que la erosión en los cultivos de coca llega a las 40 toneladas por hectárea, por lo cual se habrían perdido durante el año 2006, alrededor de 680 mil toneladas de suelo fértil, lo que significa la degradación anual de más de 680 has por lo que en uno años más estas tierras ya no servirán para la agricultura.

Cada año son deforestadas entre 200 mil y 300 mil has en el país y cita números de INRENA y DEVIDA para asignarle a la coca “Entre el 26 % y 27 % de todo lo que se ha deforestado, porcentaje que se dispara en las

cuencas cocaleras de las cuales las zonas más afectadas son las de Tingo María, el Valle del Río Apurímac y Ene como también el Valle del Monzón” (INFOREGION, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona en estudio

3.1.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos unidades experimentales dentro del caserío Los Milagros – Aucayacu a altitud de 636 msnm.

3.1.1.1. Ubicación política

Departamento : Huánuco

Provincia : Leoncio Prado

Distrito : José Crespo y Castillo

Sector : Los Milagros - Aucayacu

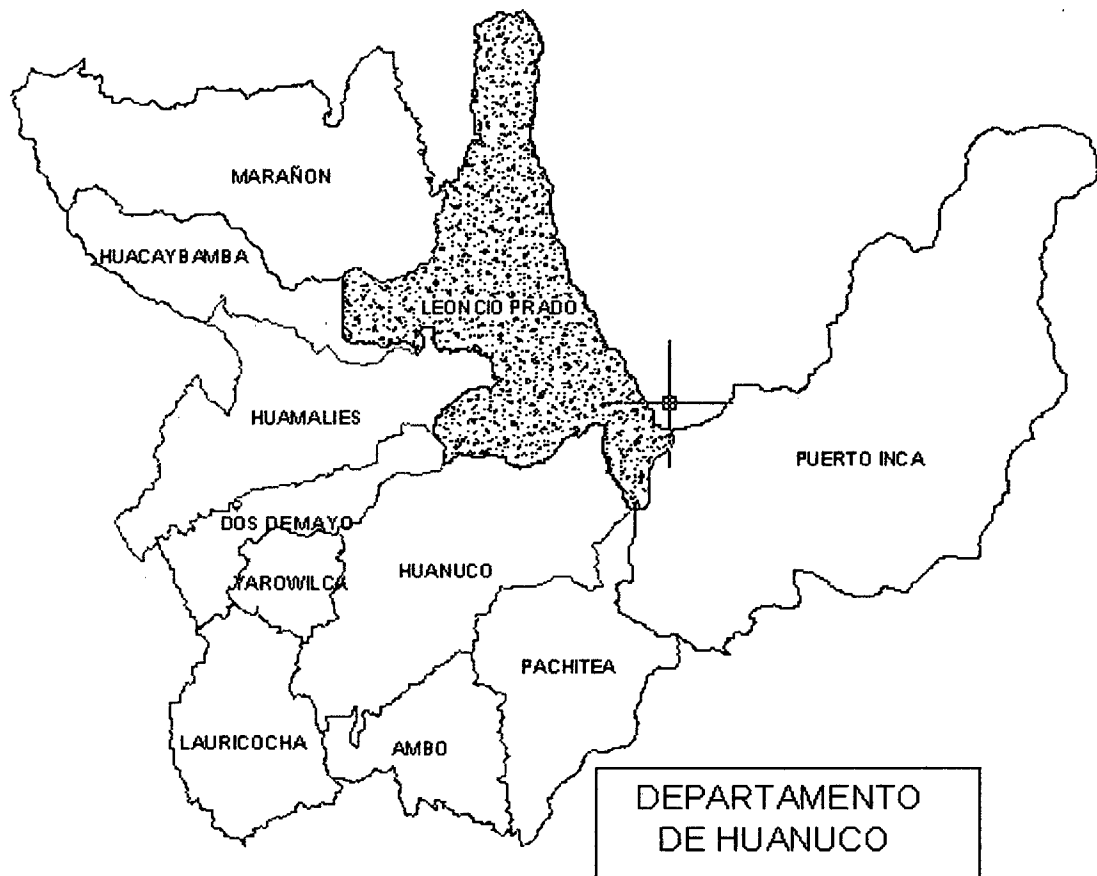


Figura 2. Mapa departamental y provincial del lugar de ejecución del trabajo de investigación

3.1.1.2. Ubicación geográfica con coordenadas UTM

Este : 0398860

Norte : 8997650

3.1.2. Características ambientales de la zona de estudio

La zona de investigación de acuerdo al mapa ecológico y el sistema de Holdridge, corresponde a la formación de bosque muy húmedo pre -

montano tropical (Bmh – PT), donde se desarrollan y cultivan especies de gran valor alimenticio, medicinales y comerciales, caracterizados por presentar las siguientes características climáticas (VILLOTA, 1991).

Humedad relativa	:	80%
Temperatura media anual	:	24 °C.
Precipitación	:	3300 mm

3.1.2.1. Suelos

Los suelos que presenta la zona de estudio, son suelos desarrollados a partir de las rocas sedimentarias donde predominan las areniscas, ubicadas en terrazas medias, moderadamente profundos, con perfiles tipo A (B) C, color varía de marrón, de textura media (franca arenosa), de drenaje y permeabilidad moderada, son de reacción moderadamente ácida a neutra, con bajo contenido de materia orgánica en la superficie y en los horizontes inferiores.

3.1.2.2. Fisiografía

Se caracteriza por su topografía plana con pendientes que varían entre 8 a 20%, las mismas que están conformadas por colinas y pendientes pronunciadas.

3.1.2.3. Geomorfología

Está representado por llanuras aluviales y fluviales, constituido en la margen derecha del Río Tulumayo. Comprende secuencias litológicas principalmente de naturaleza sedimentaria.

3.1.2.4. Accesibilidad

La vía de acceso principal a la zona de trabajo es a través de la carretera Fernando Belaunde Terry, vía asfaltada Tingo María – Aucayacu, a 30 minutos de recorrido en vehículo motorizado.

3.2. Metodología

3.2.1. Unidades de estudio

Se determino dos unidades de estudio las cuales fueron:

3.2.1.1. Bosque secundario (BS)

Esta área presenta un bosque en recuperación. En esta área predominan especies como *Schizolobium sp.*, *Cecropia sp.*, *Ochroma sp.*, *Nectandra sp.*, *Theobroma subincatum Mart*, *Trema micrantha (L) Blume.*, *Croton lechleri Muell-Arg*, *Ficus insipida Willd*, *Mezilaurus synandra*, *Triplaris peruviana*, *Erytrina falcata Benth.*, *Euphorbiaceae*, *Moreaceae*, especies que representan un Bosque Secundario. Fisiográficamente es una zona montañosa con una pendiente de 15 %.



Figura 3. Bosque secundario (BS).

3.2.1.2. Ex cocal (EC)

Suelo de textura superficial arcillosa; sin vegetación y rodeados por áreas preservadas donde ocurre crecimiento normal del pasto, cultivos y bosques. Desde el punto geomorfológico, dichas áreas ocupan posiciones en las vertientes, con pendientes entre 15 % y 28 %.

El material en su superficie es duro, similar a un pavimento lo que indica que es compacto y restrictivo para la penetración del agua y las raíces. Esto queda confirmado por las características químicas como acidez, baja infiltración básica.

Este suelo por presentar especies vegetales propias de un suelo con lavado de nutrientes, tratándose de un terreno Ex cocal en total estado de

degradación, presenta cárcavas, las especies predominantes son: *Pteridium aquilinum* "Macorilla"; *Andropogon bicornis* "Rabo de Zorro", *Imperata brasiliensis* "Cashruesha o Chicula".



Figura 4. Ex cocal (EC).

3.2.2. Ejecución del trabajo

El presente trabajo de investigación se realizó desde el 01 de abril al 30 de septiembre del 2008, para su realización se llevó a cabo las siguientes labores de campo:

3.2.2.1. Muestreo de suelos

Se ubico y georeferenció las áreas de los dos diferentes sistemas el cual fue de 0,25 ha.

Con ayuda de un GPS digital y la carta nacional, para realizar el muestreo correspondiente se utilizó el método al azar, con la ayuda de un tubo muestreador, extrayendo 10 muestras en cada uno de los dos sistemas.

3.2.2.2. Determinación de las propiedades físicas y químicas

Tomadas las muestras de suelo de los diferentes sistemas de uso, algunas propiedades se determinaron *in situ* y los otros fueron llevados al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectivo análisis.

3.2.2.3. Muestreo de la fauna en el suelo

1. Macrofauna y mesofauna

Para este muestreo de la fauna del suelo, se tomaron 3 muestras de cada sistema de uso del suelo. El método de muestreo utilizado fue el recomendado por el Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (LAVELLE, 1984) (Figura 5).

El monolito tendrá la siguiente dimensión: 25 x 25 x 10 cm. De cada estrato se colectarán los macroinvertebrados y se depositarán en soluciones de alcohol al 80%, para insectos de cuerpo endurecido y en formol del 4-10% las larvas e insectos de cuerpo no endurecido (DECAËNS *et al.*, 1994).

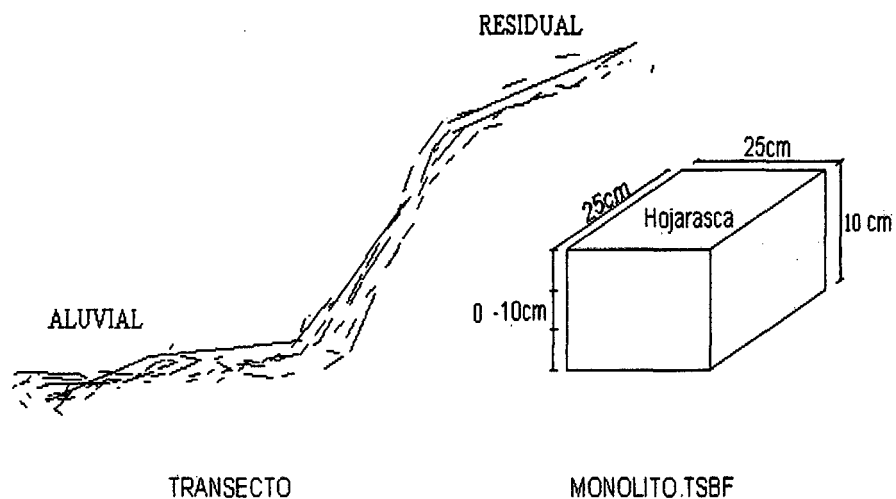


Figura 5. Diseño esquemático del método de muestras de suelo

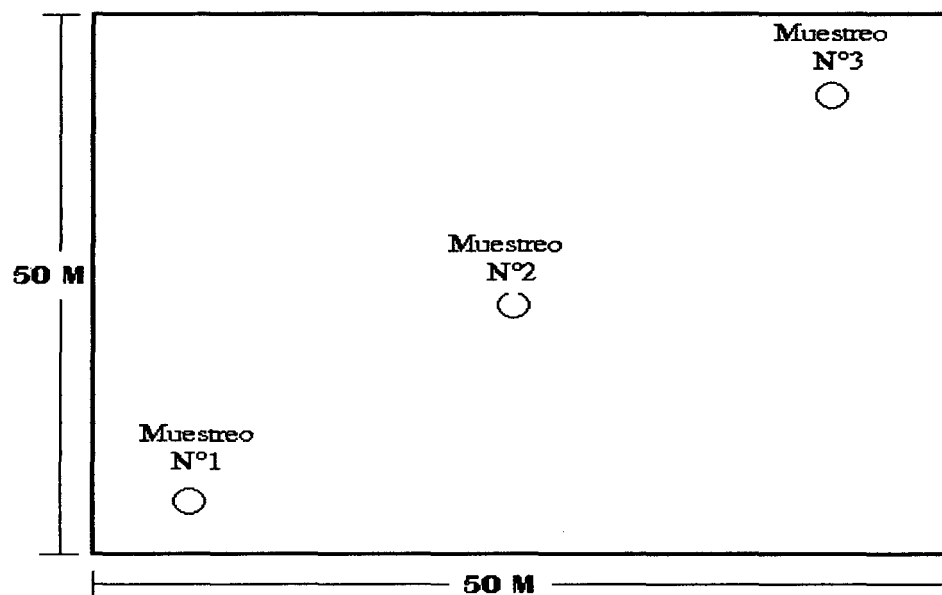


Figura 6. Método de muestreo para la mesofauna y macrofauna en suelos de bosque secundario y ex cocal.

Para evaluar la mesofauna y macrofauna como indicador biológico tenemos el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo

Propiedades del suelo	
Indicadores físicos	Método de su determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco
Densidad real	Por volumen, peso húmedo y seco
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)
Humedad	Peso húmedo y seco
Porosidad	Densidad aparente, densidad real
Indicadores químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Aluminio intercambiable	Método de Yuan
Nitrógeno Total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del Acido sulfúrico
Bases Intercambiable.	Método del Acetato
CIC	Método del Acetato
Indicadores biológicos	
Densidad de la macrofauna	Método directo por conteo TSB (1990).
Biomasa de la macrofauna	Método directo por conteo TSB (1990).
Diversidad de especies	Método de Simpson y Shannon - Winner

Fuente: DORAN y LINCOLN (1999); MOSCATELLI *et al.* (2000); ACEVEDO *et al.* (2005)

3.2.2.4. Cuento y estructura de la comunidad del suelo

El conteo de la macrofauna se realizó *in situ* y de manera directa. De los organismos colectados; se cuantificó la biomasa (g/m^2) y densidad (individuos/m^2) de todos los macroinvertebrados por medio de estereoscopio y una balanza de precisión. Los valores de biomasa fueron multiplicados por un valor de corrección (19 % para las lombrices, 9 % hormigas, 11 % escarabajos, 6 % arañas y 13 % para el resto de macroinvertebrados) debido a la pérdida de peso durante la fijación en alcohol y formol (DECAENS *et al.*, 1994).

- Mediante las claves de identificación, se determinó el grupo taxonómico, se contabilizó el número de individuos de cada unidad taxonómica por monolito, se sumó el total de individuos por taxón y calculó el porcentaje de abundancia o densidad relativa promedio de cada unidad taxonómica en cada sistema de uso.
- Se elaboró una gráfica de porcentajes de abundancia.
- Se pesó para determinar la biomasa de la macrofauna en los diferentes sistemas de uso.

El conteo de la mesofauna se realizó en gabinete, la extracción de individuos fue realizada utilizando el embudo de Berlesse, posteriormente los individuos extraídos se colocaron en recipientes de vidrio con una solución de alcohol y formol al 5%, para su conservación y conteo, utilizando un

estereoscopio, se prosiguió a la cuantificación e identificación de mesofauna existente en cada estrato y uso del suelo, identificándolas a nivel de órdenes.

3.2.2.5. Diversidad de especies

Para determinar el índice de diversidad de especies se utilizó los índices de Simpson y Shannon Wiener.

Shannon - Wiener (H'):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i.$$

Equidad (E): $E = H'/H_{\text{máx.}}$

$$H_{\text{máx}} = \ln(S)$$

Simpson (D):

$$D = \sum (p_i)^2$$

$$\text{Entonces } D = 1 - \sum (p_i)^2$$

Donde:

S = Cantidad de especies

p_i = Promedio de individuos de las especies (n_i) ,con respecto al total de individuos (N).

H' = Números de Hill abundantes (nats/indiv).

$H_{\text{máx.}}$ = Números de Hill muy abundantes (nats/indiv).

3.2.2.6. Nivel de fertilidad del suelo

Para determinar el nivel de fertilidad del suelo de los diferentes sistemas de uso, se realizó con la evaluación de los parámetros más relevantes tanto de sus características físicas como químicas.

3.2.2.7. Análisis estadístico de los datos

Para determinar la relación que existe entre las propiedades físicas y químicas del suelo con la mesofauna y macrofauna se utilizó el análisis estadístico de regresión múltiple en el programa E Views 3.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores físicos

4.1.1. Textura del suelo

La textura del suelo de los dos tipos de suelos del caserío los Milagros mostrados en el Cuadro 3, son Franco Arenosos; tanto en el Bosque Secundario y el ex cocal. Posiblemente por la naturaleza del material parental ya que el suelo se formó a partir de las rocas sedimentarias donde predominan las areniscas que pueden reconocerse fácilmente al tacto por ser áspero como una lija, porque su aspecto es el de una arena de playa cuyos granos están cementados o en su defecto como consecuencia de que las arcillas se hayan perdido por efecto de la erosión.

Según CASAS (1983), hay que considerar en primer término la roca madre; el suelo tendrá indiscutiblemente una tendencia congénita a ser arcilloso, limoso, arenoso, según que la roca sea arcillosa, limosa, o arenosa, en el caso de rocas sedimentarias y sedimentos, o bien que sea capaz de producir esos elementos en el curso de su alteración, si se presenta al estado de roca consolidada y coherente.

Cuadro 3. Texturas encontradas en los dos tipos de suelos

Análisis de suelos		
Análisis mecánico	Bosque secundario	Ex cocal
Arena (%)	51,00	53,0
Limo (%)	38,00	33,00
Arcilla (%)	11,00	15,00
Textura	Fo,Ao	Fo,Ao

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Fo,Ao= Franco Arenoso

4.1.2. Densidad aparente

La densidad aparente (Cuadro 4), de los dos tipos de suelo fueron de $1,693 \text{ g/cm}^3$ y $1,866 \text{ g/cm}^3$, para los suelos de bosque secundario y suelos ex cocal respectivamente. Estos resultados están en el rango establecido por la mayoría de los investigadores, USDA (1999). Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre $1,0$ y $1,7 \text{ g/cm}^3$ y valores mayores a $1,7 \text{ g/cm}^3$ pueden afectar el crecimiento radicular.

Según INGARAMO *et al.* (2003), con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Según CUEVA (1988), los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que

presenta el suelo y de la especie de que se trate. El hecho que los suelos del ex cocal tengan mayor densidad obedece a que este suelo tiene mayor cantidad de arena, por lo tanto tendrán mayor peso y este está relacionado directamente a la densidad. Mientras tanto, los suelos de bosque, por tener mayor cantidad de limo favorecen a la formación de mayor microporos, haciendo incrementar el volumen del suelo y por lo tanto disminuyen la densidad.

Cuadro 4. Densidad aparente (g/cm^3)

Indicador	Bosque secundario	Ex cocal
Densidad aparente (promedio)	1,693	1,866

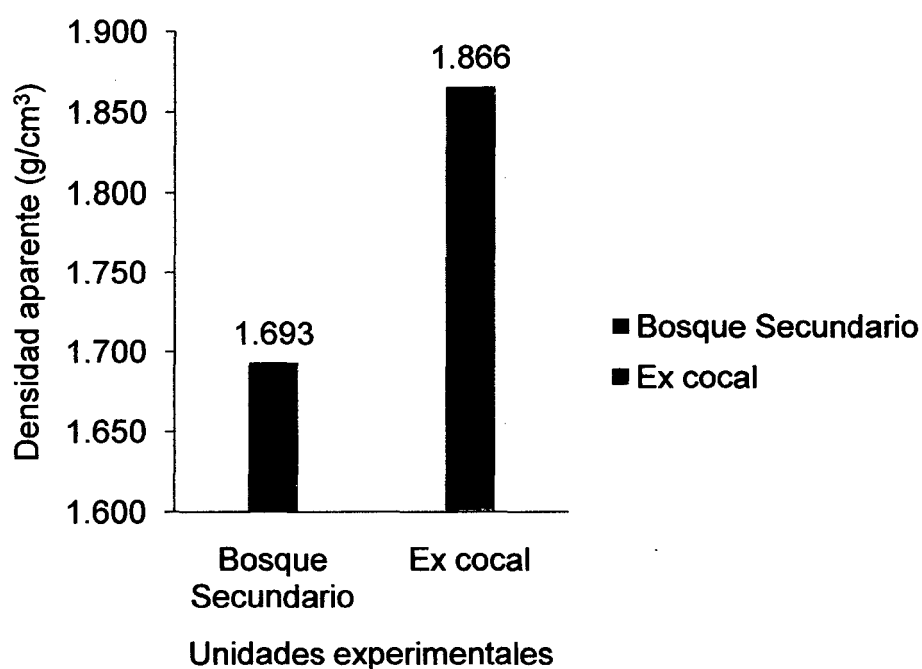


Figura 7. Densidad aparente en los dos tipos de suelo

4.1.3. Densidad real

La densidad real de los dos tipos de suelos respectivamente fue de 2,822 g/cm³ para los suelos de bosque secundario y 2,488 g/cm³, para suelos de ex cocal.

HÜNNEMEYER *et al.* (1997) menciona, que la DR es un valor estable (en tanto no se puede modificar el volumen de los sólidos), en tanto que la DA es más variable (debido a la inestabilidad de la soltura de los suelos).

Según BAUTISTA *et al.* (2004), la composición mineral es más o menos constante en la mayoría de los suelos, por tanto se estima que la densidad real de un suelo varía presentando valores entre 2,6 a 2,7 g/ cm³ para todos los suelos.

En tanto que la densidad aparente depende del grado de soltura o porosidad del suelo, es un valor más variable que depende además de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura.

Cuadro 5. Densidad real (g/cm³)

Indicador	Bosque secundario	Ex cocal
Densidad real (promedio)	2,822	2,488

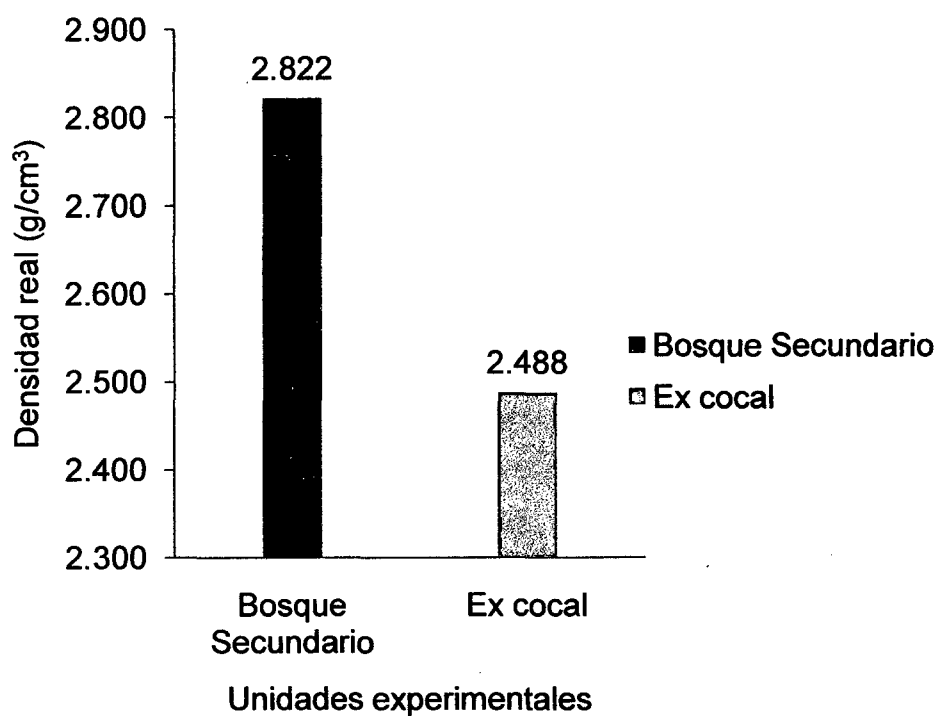


Figura 8. Densidad real en los dos tipos de suelo

4.1.4. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo (determinadas con el termómetro), de los dos tipos de suelo como se muestra en el Cuadro 6, encontramos que el ex cocal tuvo la mayor temperatura de suelo con 25,8 °C y el bosque secundario con menor temperatura con 21,6 °C. Este resultado confirma con lo dicho por DURÁN (1996), La temperatura del suelo se incrementa cuando los mismos permanecen descubiertos por falta de una cobertura, viva o muerta y lo normal es que los promedios diarios sean de más de 20 °C, a lo que se une una alta radiación solar, los suelos descubiertos absorben mayor calor, porque están en contacto directo con el sol, estos elementos ejercen una gran acción degradativa natural sobre los suelos, mientras que los suelos del bosque crean

otros microclimas más templadas que ayudan a mantener la humedad del suelo; por efecto de la sombra, disminuye la temperatura, reduce la evaporación de agua del suelo, en consecuencia, aumenta la infiltración. Con estas condiciones también se favorece una mayor actividad biológica, las temperaturas de los suelos cubiertos suelen ser más frescos y estables (HUERTAS, 2007).

Cuadro 6. Temperaturas encontradas

Indicador	Bosque Secundario	Ex Cocal
Temperatura del suelo (promedio)	21,60	25,80

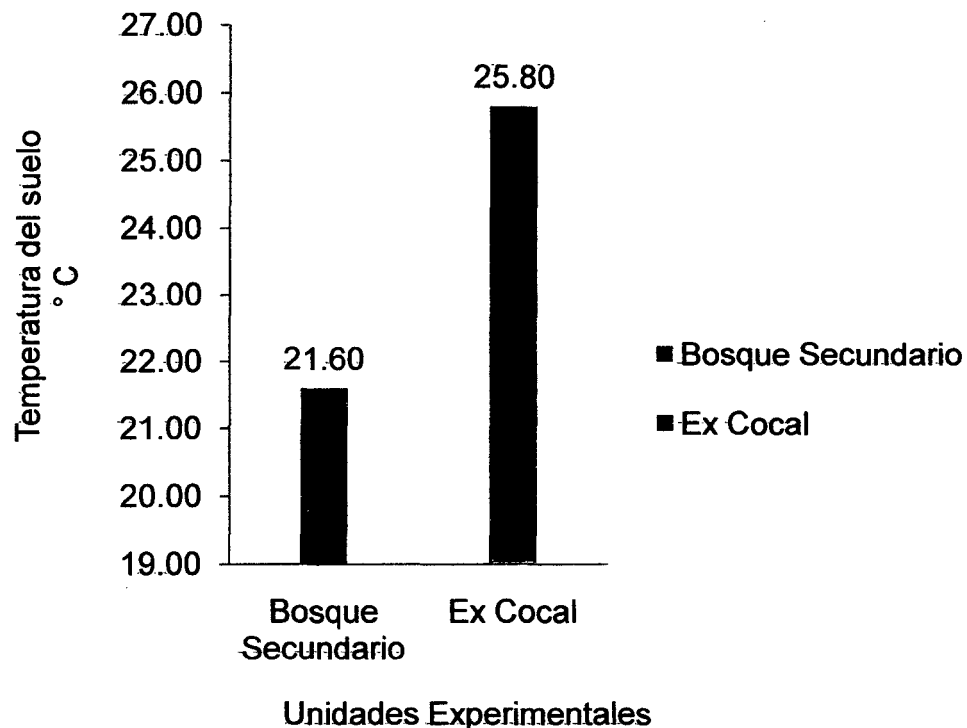


Figura 9. Temperatura en los dos tipos de suelo

4.1.5. Resistencia a la penetración

De los dos tipos de suelo, (Cuadro 7 y Figura 10), encontramos que en el ex cocal se obtuvo mayor resistencia con 2,978 Kg/cm² y con menor resistencia el bosque secundario con 1,690 Kg/cm². Era de esperar que en los suelos expuestos al sol, caso del suelo ex cocal, hacen que el agua se evapore rápidamente dejando un suelo seco, compacto afectando a la estructura del suelo motivo por el cual en los suelos ex cicales la resistencia a la penetración fue más elevada. La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él, la resistencia a la penetración ha demostrado la utilidad del penetrómetro para localizar de manera muy precisa estratos compactados dentro de la capa arable, en un terreno en donde ya se había reportado el problema de compactación. Para estudios sobre calidad física del suelo en donde no se tiene información previa y sobre todo cuando los estudios implican superficies mayores, es conveniente que los datos del penetrómetro vayan acompañados de información complementaria, principalmente humedad, textura, materia orgánica y densidad aparente (CASANOVA, 1991).

Cuadro 7. Resistencia a la penetración.

Indicador	Bosque Secundario	Ex cocal
Resistencia a la penetración (promedio)	1,690	2,978

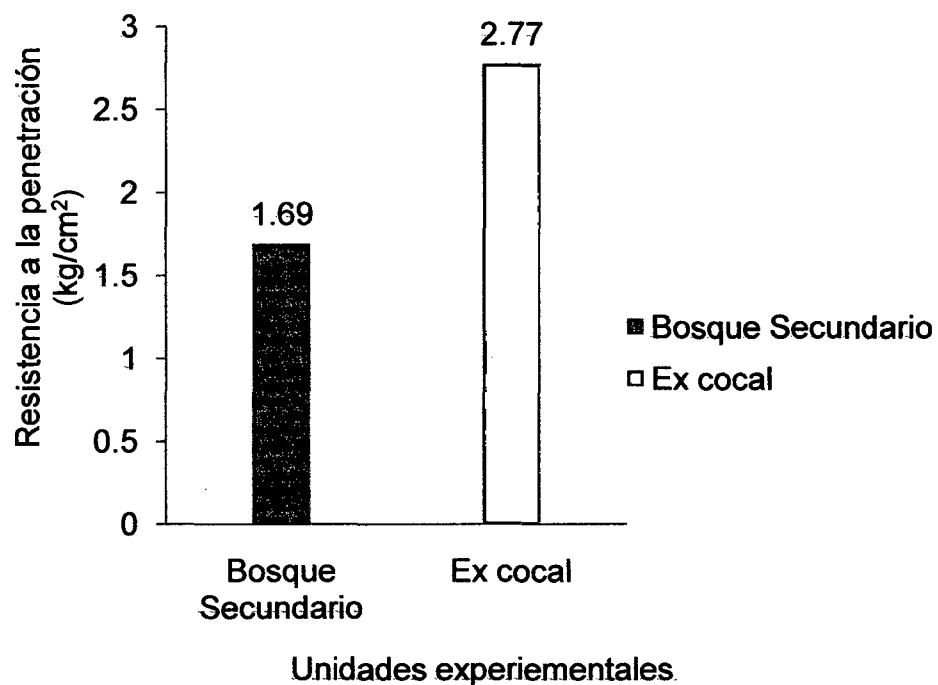


Figura 10. Resistencia a la penetración en los dos tipos de suelo

4.1.6. Humedad

El porcentaje de humedad de los dos tipos de suelo como se muestra en el Cuadro 8, puede observarse que en el ex cocal se obtuvo un porcentaje de 12,614% y con menor porcentaje al bosque secundario con 10,162 %.

Cuadro 8. Porcentaje de humedad

Indicador	Bosque Secundario	Ex cocal
% de Humedad	10,162	12,614

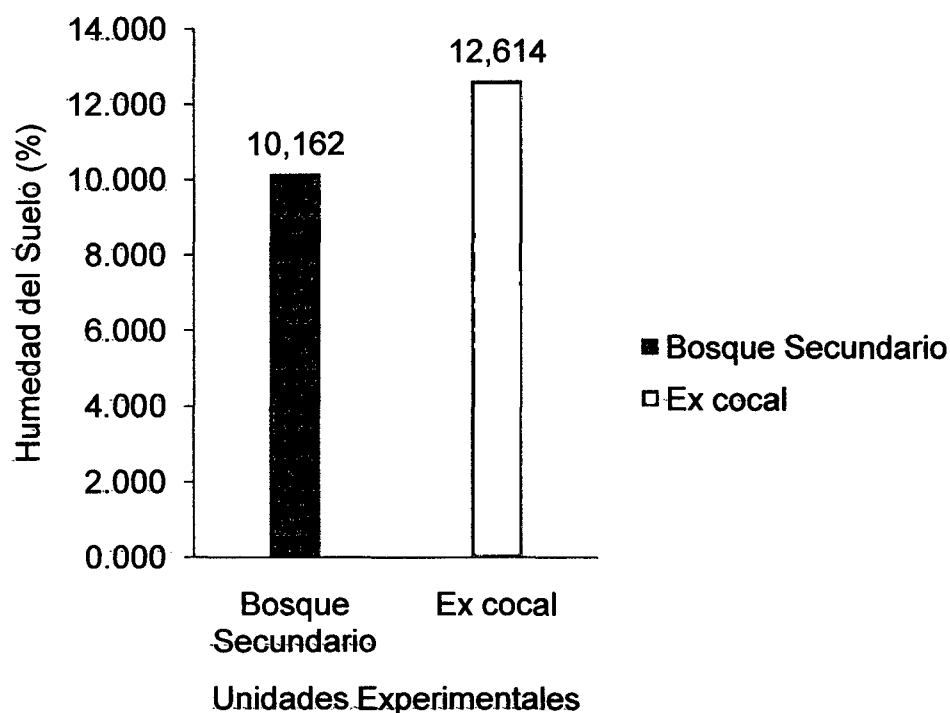


Figura 11. Porcentaje de humedad en los dos tipos de suelo

4.1.7. Espacio poroso.

Para el porcentaje de espacio poroso de los dos tipos de suelo obtuvimos los siguientes datos; 40 % que corresponde al suelo del bosque secundario y con menor porcentaje al ex cocal con 25 % respectivamente. Esto demuestra que esta característica física del suelo está íntimamente relacionado con la resistencia a la penetración, a medida que aumenta la resistencia a la penetración y la densidad aparente, el porcentaje de poros disminuye.

Según HÜNNEMEYER *et al.* (1997), cuando el suelo es compactado, se reduce o se destruye el sistema de macroporos presente en el suelo. Los macroporos son importantes para el movimiento del agua y el aire.

en el suelo y sin ellos se presentan condiciones anaeróbicas en la etapa de crecimiento. Al ocurrir condiciones anaeróbicas en el suelo, se reduce el oxígeno disponible, trae como consecuencia reducción en la desnitrificación, pérdida de nutrimentos en las raíces y cambios en el metabolismo de las plantas.

Cuadro 9. Porcentaje de espacio poroso

Indicador	Bosque	Ex cocal
	Secundario	
% de espacio poroso (promedio)	40	25

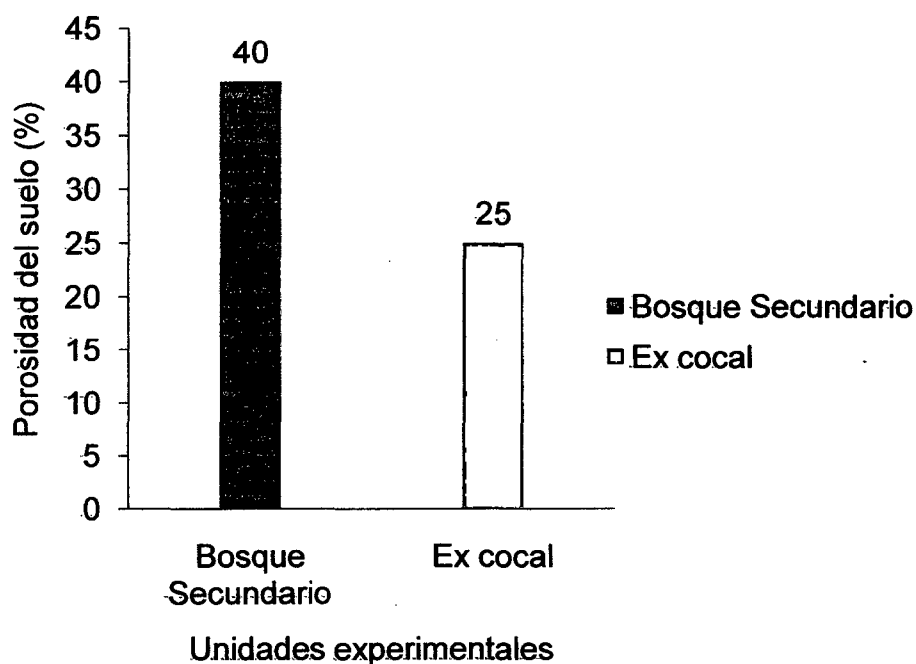


Figura 12. Porcentaje de espacio poroso en los dos tipos de suelo.

Según CASANOVA (1991), la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en

una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas y está en función a la cantidad de arcilla, porque estas partículas tienen mayor actividad físico químico, es decir tiene más cargas positivas o negativas de acuerdo a la meteorización de los minerales, como el agua es dipolar en ambas cargas se adsorben. También menciona que el contenido de agua es un factor muy asociado al grado de compactación de los suelos. Los suelos en estado natural presentan más o menos resistencia de acuerdo a la mayor o menor presencia de humedad.

4.2. Indicadores químicos

Los indicadores químicos de las dos unidades en estudio (Cuadro 10) en el cual podemos observar el pH del suelo, Contenido de Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Aluminio, Hidrógeno, Capacidad de Intercambio Catiónico, Bases Cambiables y Ácidos Cambiables. Los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones de diferente tipo que afectan las relaciones suelo-planta-organismos, la calidad y disponibilidad de agua, la capacidad amortiguadora y nutrimentos del suelo son factores que varían en diferentes usos del suelo.

El desarrollo de tales indicadores debe hacerse con base en las funciones del suelo que se evalúan; considerando aquellas propiedades edáficas sensibles a los cambios de uso del suelo (CASAS, 1983).

Cuadro 10. Propiedades químicas de los dos tipos de suelos

Análisis de suelos		
Indicadores	Bosque secundario	Ex cocal
pH	6,5	3,8
M.O (%)	5,4	1,7
Nitrógeno (N %)	0,24	0,08
Fósforo (P ppm)	11,3	8,4
K ₂ O (kg/ha)	305	254
Ca. (me/100g)	3,8	1,3
Mg. (me/100g)	2	0,4
Al (me/100g)	0	3,2
H (me/100g)	0	1,5
ClCe (me/100g)		6,4
Bas.Cam (%)	100	26,56
Ac.Camb (%)	0	73,44

M.O= Materia Orgánica, Bas. Cam= Bases, Cambiables, Ac. Camb.=Acidez Cambiable

Indudablemente los suelos del bosque presentan mayores condiciones para albergar mayor diversidad ya que el contenido de nutrientes de manera general es mayor. Así: En relación a la reacción del suelo, el pH del suelo de bosque secundario es de reacción ligeramente ácida, con alto de materia orgánica y nitrógeno, medio en fósforo y potasio y alto en el porcentaje de saturación de bases cambiables por lo tanto podemos saber que este suelo es de mediana fertilidad. Mientras que los suelos ex cocal presenta una reacción fuertemente ácida, bajo en materia orgánica, nitrógeno y potasio, medio en fósforo y alto en porcentaje de acidez cambiabile indicándonos, de acuerdo a los análisis químico, que se trata de suelos infértiles.

4.3. Indicadores biológicos

4.3.1. Densidad de la macrofauna en los dos tipos de suelos

La densidad de la macrofauna en las unidades experimentales (Figura 13), encontramos que el suelo del bosque secundario presentó la más alta densidad de población (224 Ind./m²) y en el ex cocal la más baja densidad con (123 Ind./m²), como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 11. Densidad de la macrofauna (2 mm – 20 mm) en los dos tipos de suelos

Grupo Taxonómico	Bosque Secundario	Ex cocal	Densidad por grupo	
			Total	%
Hymenóptera (hormigas)	133	85	219	63,08
Oligochaeta (lombriz)	5	0	5	1,54
Isópoda (cochinilla)	21	0	21	6,15
Isóptera (termita)	0	16	16	4,62
Chilopoda (ciempiés)	27	0	27	7,69
Aranea (arañas)	16	11	27	7,69
Coleóptera (escarabajo)	11	11	21	6,15
Larva	11	0	11	3,08
Total (Ind./m²)	224	123	347	100,00

Fuente: Elaboración propia.

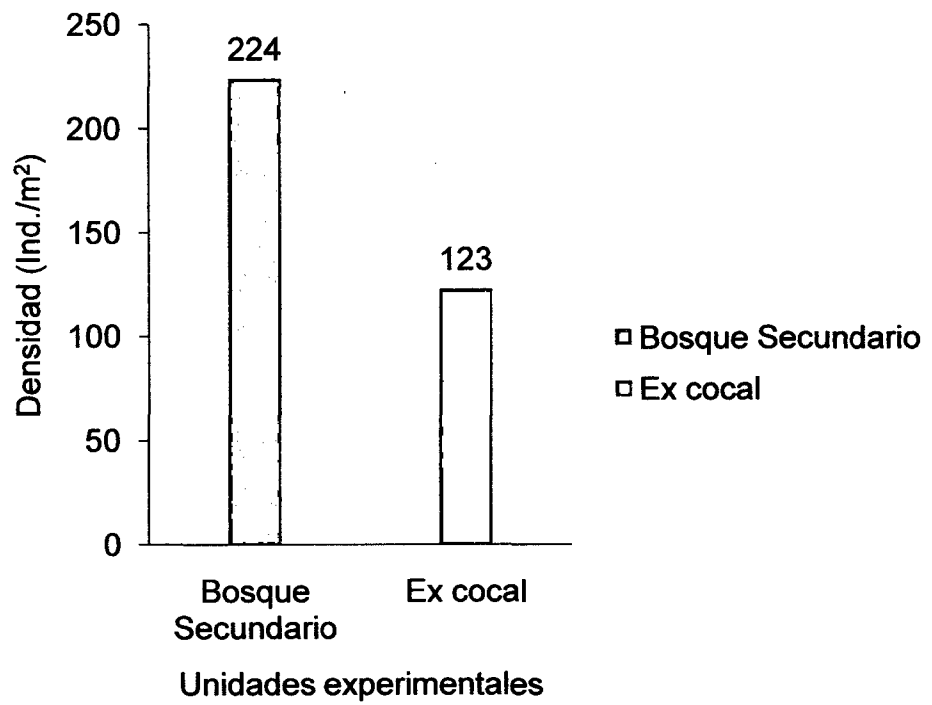


Figura 13. Densidad de la macrofauna en los dos tipos de suelo.

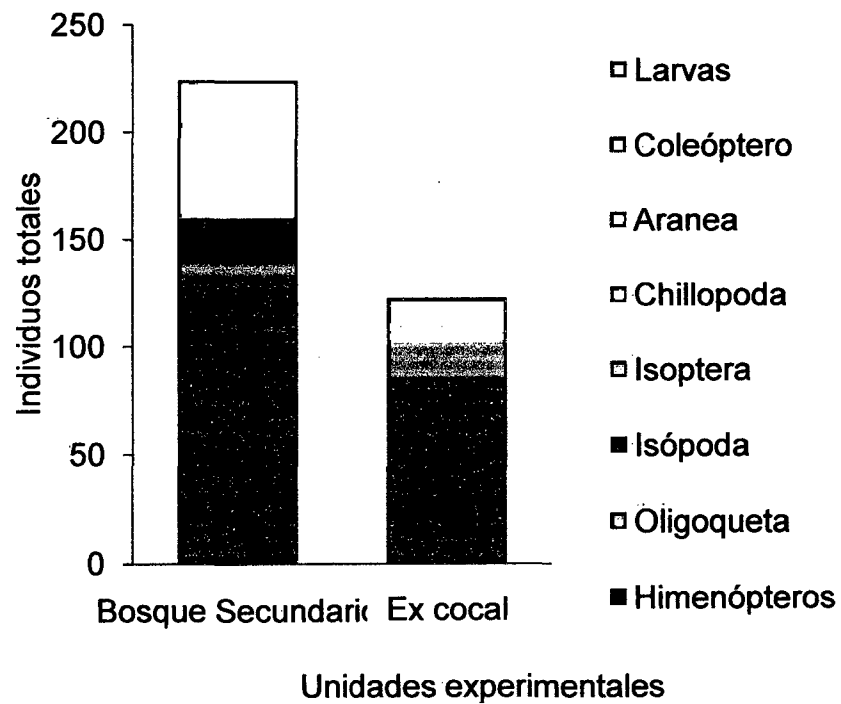


Figura 14. Individuos de la macrofauna en los dos tipos de suelo.

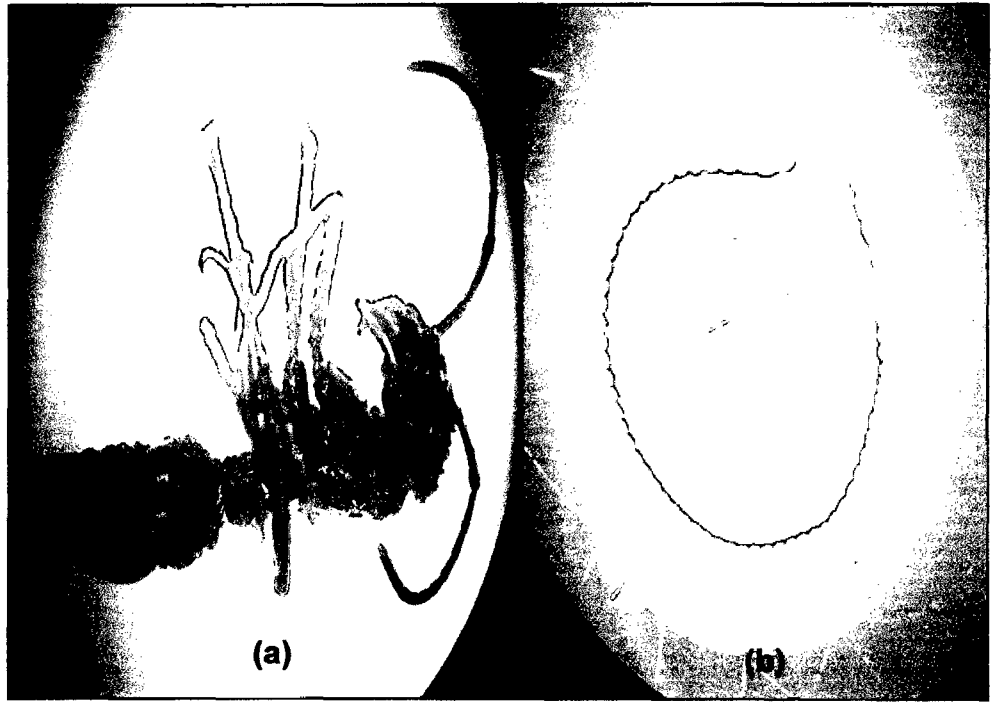


Figura 15. Individuo del grupo himenóptera (a) y oligochaeta (b)

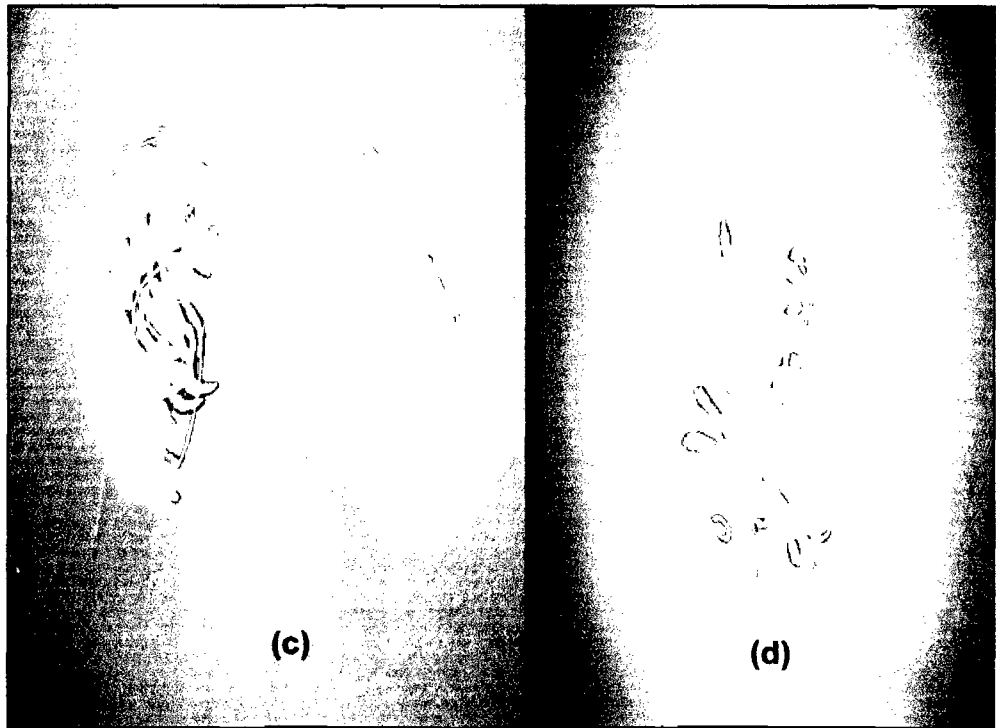


Figura 16. Individuo del grupo Isópoda (c) y isóptera (d)

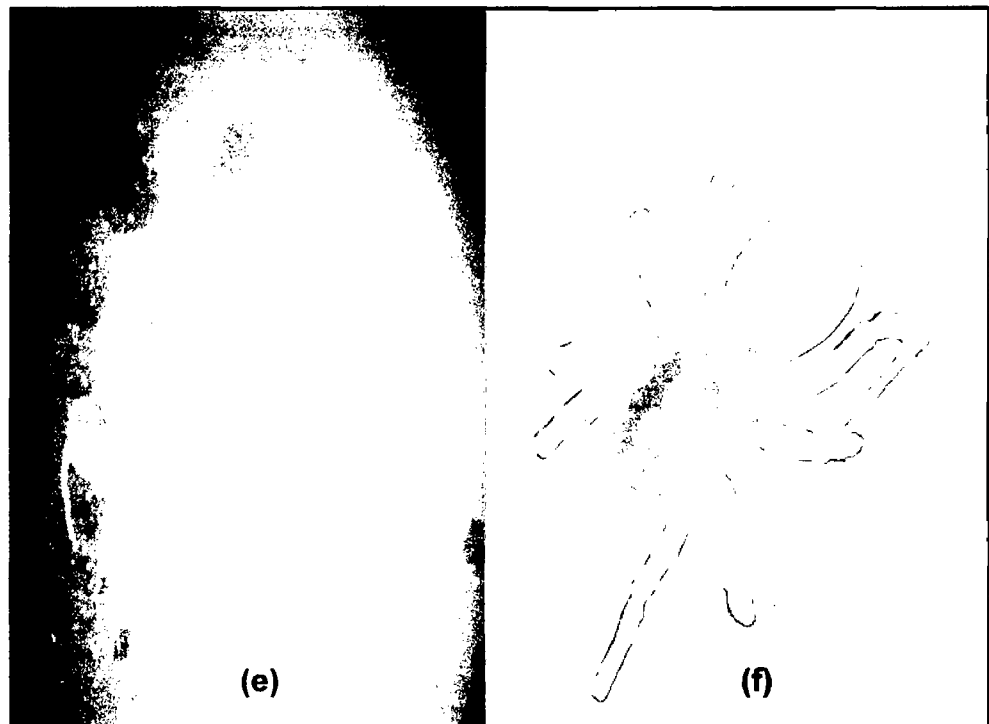


Figura 17. Individuos del grupo chilopoda (e) y aranea (f)

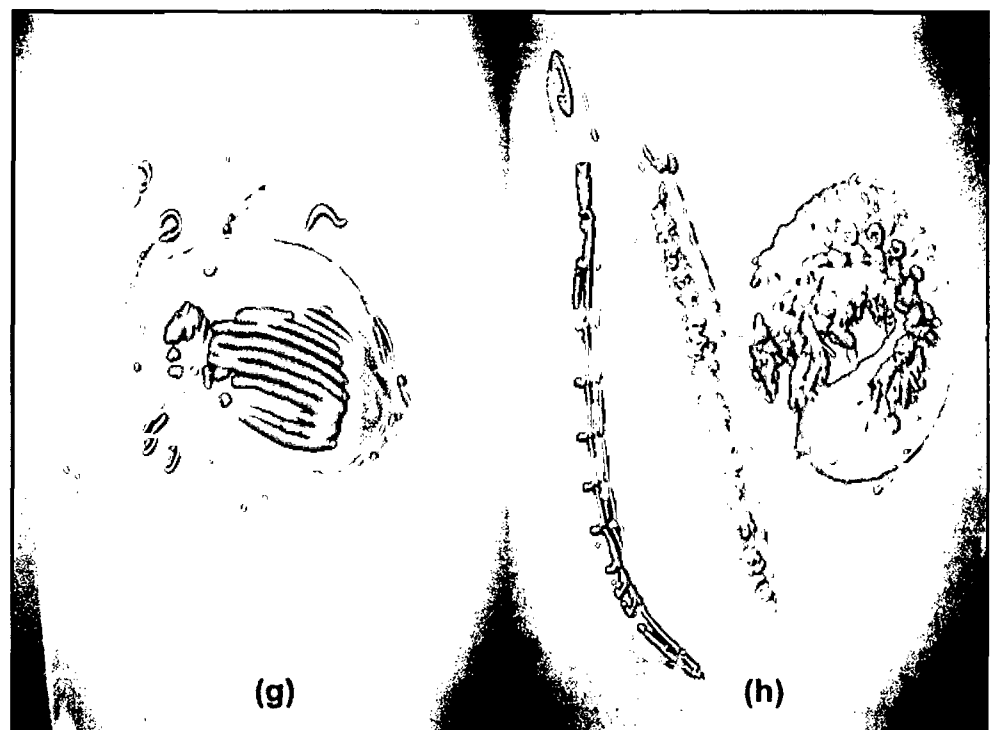


Figura 18. Individuos del grupo coleóptera (g) y larva (h)

En el caserío los Milagros – Aucayacu, se encontró alta riqueza taxonómica (8 grupos taxonómicos) y la comunidad de Hymenoptera constituyeron el mayor componente de la densidad en las dos unidades de estudio con (63,08 %), seguido por Chilopoda (7,69 %), Aranea (7,69 %), Isópoda (6,15 %), Coleópteros (6,15 %), Isóptera (4,62) y con menor porcentaje las lombrices (1,54 %).

La mayor densidad de macrofauna observada en el suelo de bosque está relacionada no solo a la fertilidad del suelo, es decir en suelos fértiles alberga mayor cantidad de especies, sino también a las condiciones físicas que este suelo ofrece, tal es el caso de la temperatura y densidad aparente que fueron óptimas para el desarrollo de los organismos. La fuente de carbono y energía, para la vida de los macroorganismos, proviene de la materia orgánica que en los suelos de bosque es 5,4 %. En los suelos del Bosque Secundario predominaron las Hymenopteras, Isópoda, Chilopoda y Aranea; Por otro lado en el suelo ex cocal predominó el grupo Hymenoptera. Este resultado nos indica que las hormigas siempre están en los suelos sean estos fértiles o no.

Según PRICE (1973), el aporte de diferentes especies vegetales en la composición de la hojarasca y las condiciones que presentan un suelo de bosque considerado un ecosistema estable, conservado y poco perturbado contribuyen a la presencia de mayor número de individuos en el suelo a diferencia de un sistema perturbado.

4.3.2. Densidad de la mesofauna en los dos tipos de suelos

La densidad de la mesofauna en los suelos como se muestra en la Figura 19, encontramos que el suelo del Bosque Secundario presentó la más alta densidad de población con (1607 Ind./m²) y en el Ex cocal la más baja densidad con (352 Ind./m²). La mesofauna del suelo interviene en procesos decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo como son la descomposición de la materia orgánica, la aceleración y reciclaje de los nutrientes y la mineralización del fósforo y el nitrógeno (SOCARRÁS, 1999).

La presencia y el balance de algunos grupos de individuos, constituyen indicadores biológicos de estabilidad y fertilidad del suelo, por ser muy mencionado como: Utilización de la mesofauna como indicador biológico en áreas sensible a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas del medio edáfico, que provoca variaciones en su densidad y diversidad (SOCARRÁS, 2002).

Cuadro 12. Densidad de la mesofauna (100μ – 2mm) en los dos tipos de suelos

Grupo Taxonómico	Bosque Secundario	Ex cocal	Densidad por grupo	
			Total	%
Acari	861	181	1042	53,20
Collembola	408	91	499	25,46
Diplura	165	59	224	11,44
Protura	173	21	194	9,90
Total (Ind./m ²)	1607	352	1959	100,00

Fuente: Elaboración propia.

En el caserío los Milagros – Aucayacu, se encontraron (4 grupos taxonómicos) y las comunidades de Acari constituyeron el mayor componente de la densidad en las dos unidades de estudio con (53,2 %), seguido por los Collembola (25,46 %), Diplura (11,44 %) y Protura con menor porcentaje (9,9 %). En los suelos del Bosque Secundario predominaron los Acari al igual que en el Ex cocal.

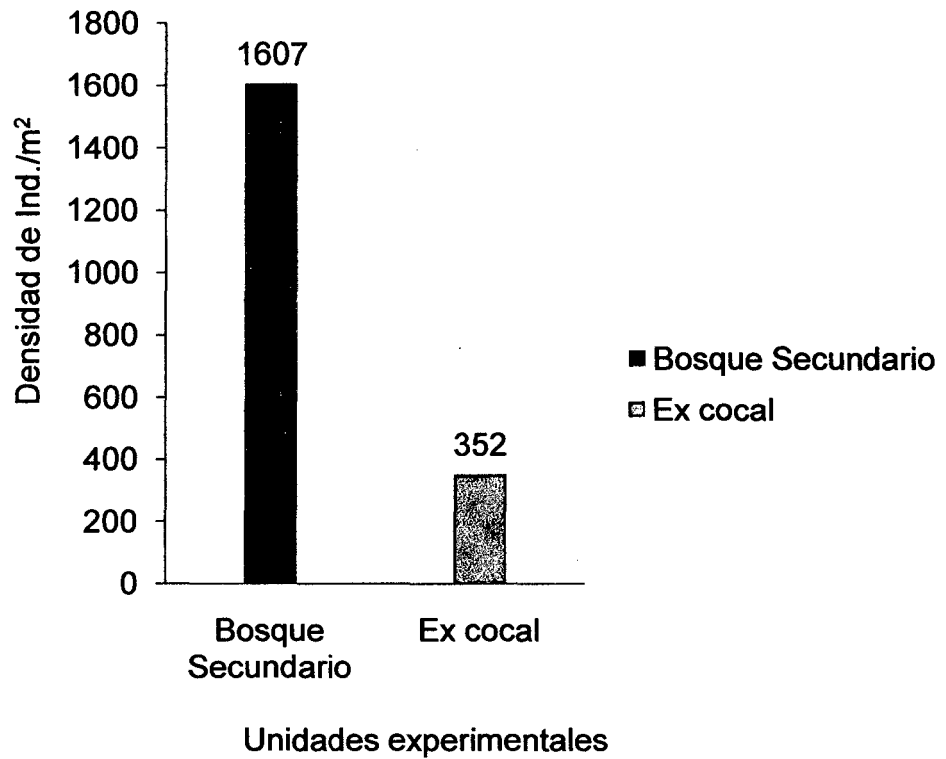


Figura 19. Densidad de la mesofauna en los dos tipos de suelo.

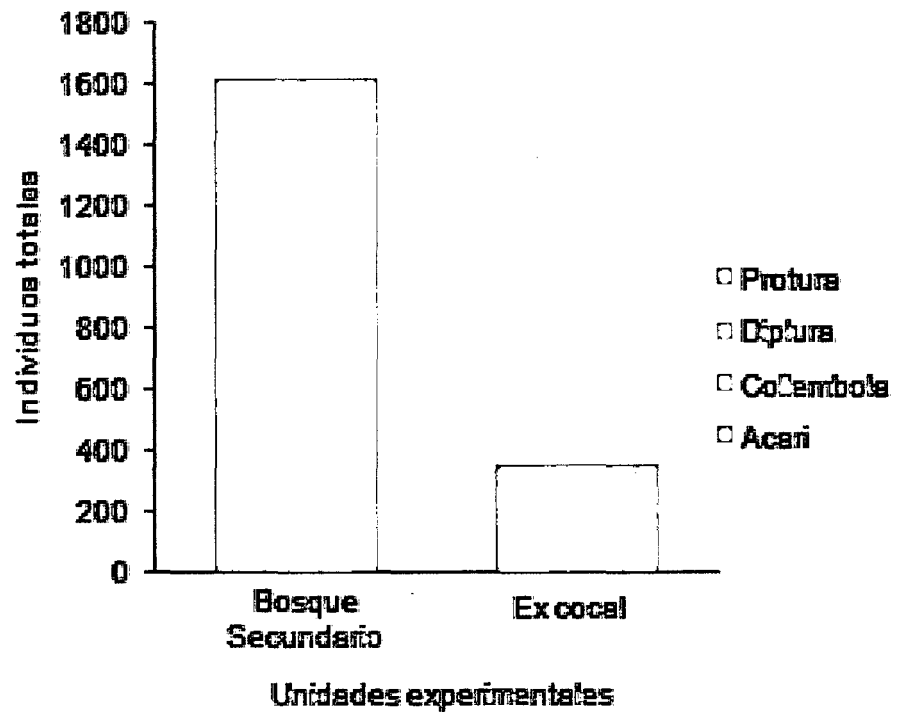


Figura 20. Individuos de la mesofauna en los dos tipos de suelo.

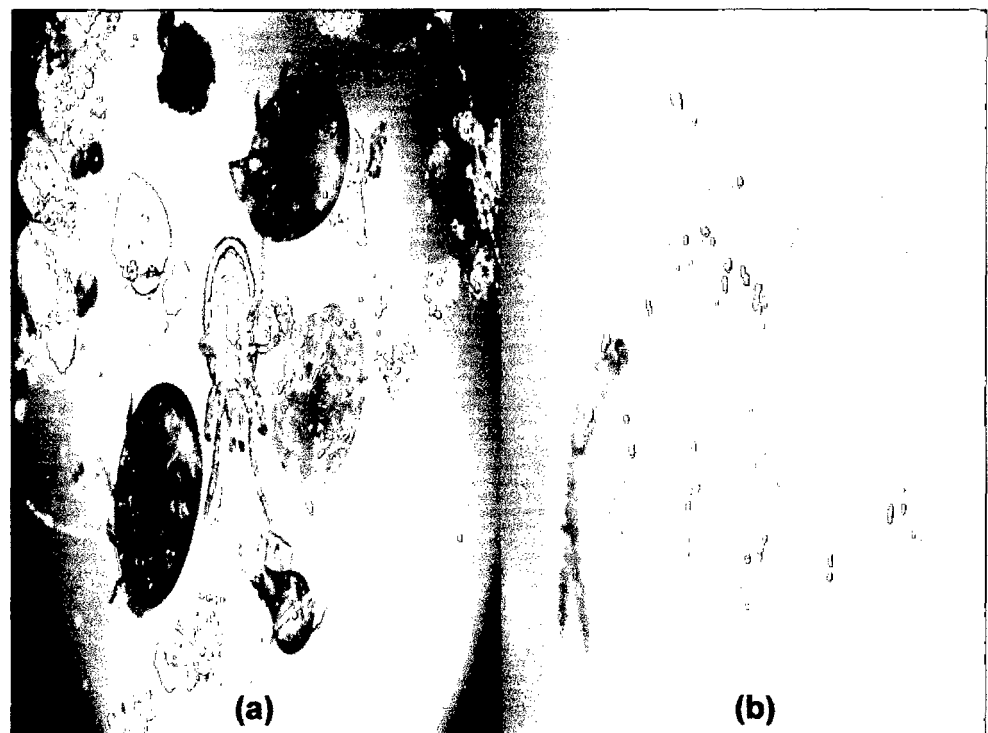


Figura 21. Individuos del grupo Ácari (a) y Collembola (b)

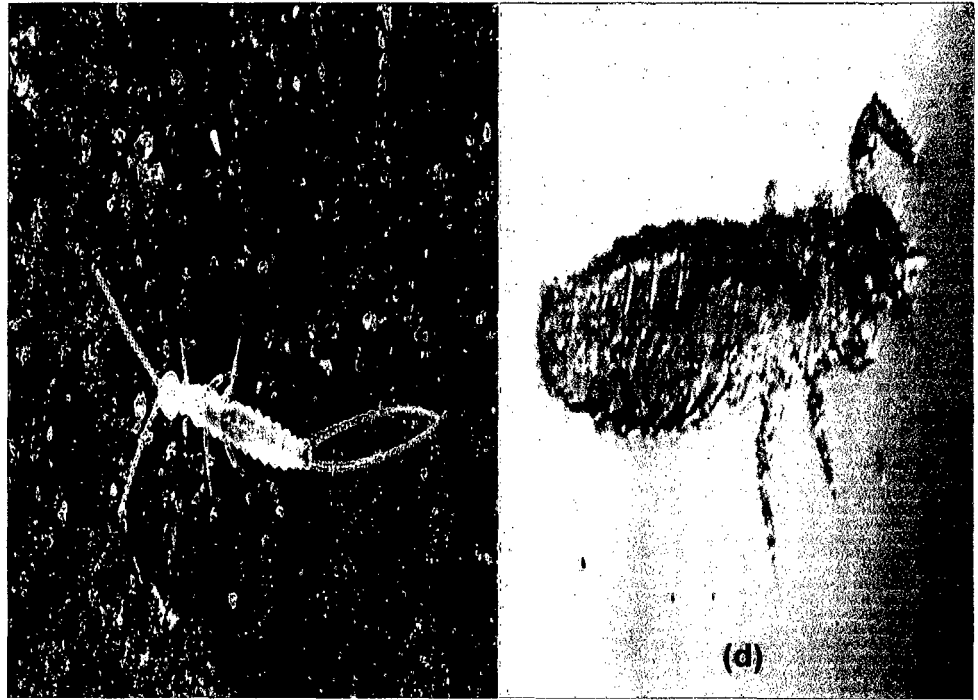


Figura 22. Individuos del grupo Diplura (c) y Protura (d)

4.3.3. Diversidad de especies

La diversidad de la macrofauna de los dos tipos de suelo (Cuadro 13), nos muestra los resultados obtenidos de la macrofauna por el método de Simpson y el método de Shannon – Wiener donde podemos observar que para los dos métodos en el bosque secundario obtuvimos 0,75 y 63,27 % y para el ex cocal tenemos 0,77 y 56,25 % respectivamente

En el Cuadro 14. La diversidad de mesofauna con el método aplicado en el caso anterior en los dos tipos de suelos, tenemos como resultado 0,83 y 62,62 % para bosque secundario y 0,83 con 63,68 % en el ex cocal correspondientemente. La diversidad de un suelo se da debido a las

condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. El tipo de uso que tiene un suelo, el sistema que pueda presentar, son los que generan un ambiente adecuado o no a la vez, de los que lo habitan; los organismos buscan adaptarse a su medio con gran facilidad, es por ello que podemos encontrar organismos siempre (SOCARRÁS, 2002).

El hecho de que en los suelos ex cicales, considerados como suelos infértiles, presenten mayor diversidad de la mesofauna no quiere decir que la cancelación de la vida o que estos suelos son infértiles. Si no que la vida continua en este caso no con los organismos anteriores, si no con otro tipo de organismos que reiniciarán el proceso regeneración de la diversidad.

Cuadro 13. Diversidad de la macrofauna por Simpson y Shannon – Wiener

Unidades experimentales	Método Simpson		Método Shannon - Wiener	
	D	%	H'	E
Bosque Secundario	0,3673	63,27	1,352	0,7544
Ex cocal	0,4375	56,25	1,074	0,7744

Cuadro 14. Diversidad de la mesofauna por Simpson y Shannon – Wiener

Unidades experimentales	Método Simpson		Método Shannon - Wiener	
	D	%	H'	E
Bosque Secundario	0,3738	62,62	1,155	0,8328
Ex cocal	0,3632	63,68	1,160	0,8365

4.3.4. Biomasa de la macrofauna en los dos tipos de suelos

La biomasa de la macrofauna en los dos tipos de suelos, (Figura 23). Precisa que en los suelos del bosque secundario se presentó la mayor biomasa con ($34,718 \text{ g/m}^2$) y en el ex cocal la más baja ($3,105 \text{ g/m}^2$) y también podemos observar la estadística descriptiva para la densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo en los dos diferentes tipos de suelos (cuadro 15) tenemos: la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Donde el coeficiente de variación para la densidad es (0,41) y el coeficiente de variación de la biomasa es (1,18).

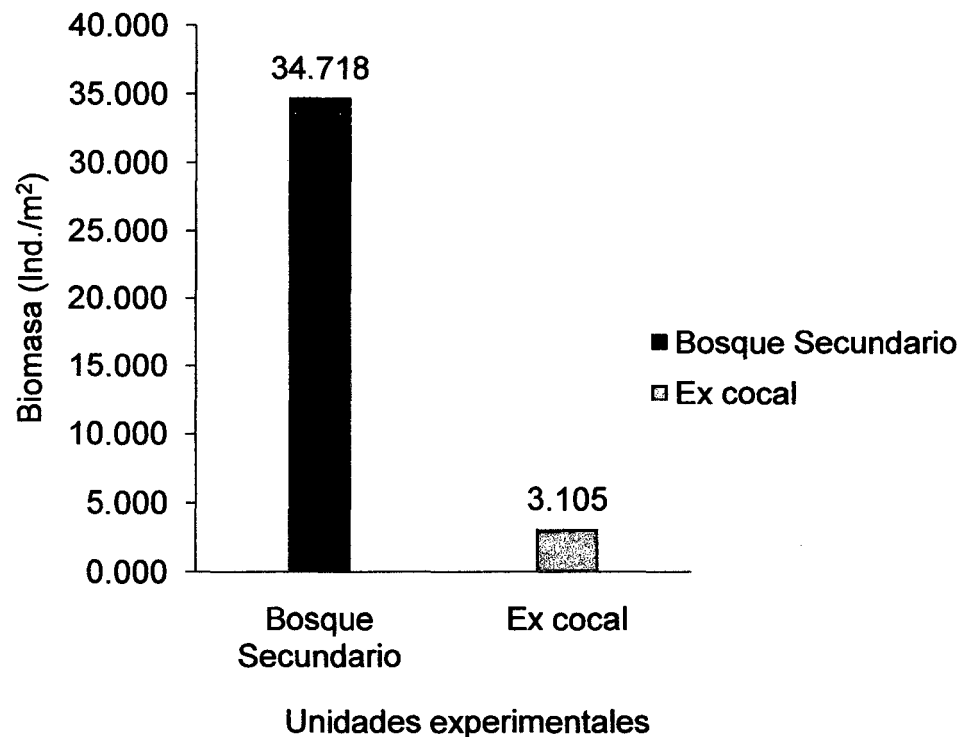


Figura 23. Biomasa de la macrofauna en los dos tipos de suelo.

4.4. Nivel de fertilidad en los dos tipos de suelo

Como se observa en el Cuadro 15 correspondiente a los resultados obtenidos sobre los dos tipos de suelos del caserío "Los Milagros", los valores de los indicadores de cada sistema de uso fueron relacionados con un suelo ideal para determinar el índice de calidad de los suelos.

Los porcentajes relativos de los diversos indicadores para los dos tipos de suelos (Bosque secundario y Ex cocal). En esta figura el sistema de referencia es el suelo ideal, lo cual corresponde a la línea negra (Figura 24).

Podemos ver claramente que el suelo que más se acerca al suelo ideal es el bosque secundario necesitando a su vez compensar algunas cualidades para convertirlo en el suelo ideal, en comparación con el ex cocal que solo está sustentado por 3 variables para ser un suelo ideal.

Cuadro 15. Valores de los indicadores para obtener un índice de calidad de suelo.

Indicador	Suelo ideal	Bosque secundario	Ex cocal
Densidad aparente (g/cm ³)	1,5	1,693	1,866
	100%	112,871	124,38
Temperatura (°C)	26	21,6	25,8
	100%	83,077	99,231
Resis. penetración (Kg/cm ²)	1,5	1,69	2,772

Cuadro 15 (Continuación)

	100%	112,667	184,815
% Materia orgánica	3,6	5,4	1,7
	100%	150	47,222
pH	6,8	6,5	3,8
	100%	95,588	55,882
% Nitrógeno total	0,2	0,24	0,08
	100%	120	40
Fósforo disponible (ppm)	11	11,3	8,4
	100%	102,727	76,364
Potasio disp. (Kg-K ₂ O/ha)	350	305	254
	100%	87,143	72,571
Ca. (me/100g)	10	3,8	1,3
	100%	38	13
Mg. (me/100g)	1,5	2	0,4
	100%	133,333	26,667

Fuente: Elaboración propia.

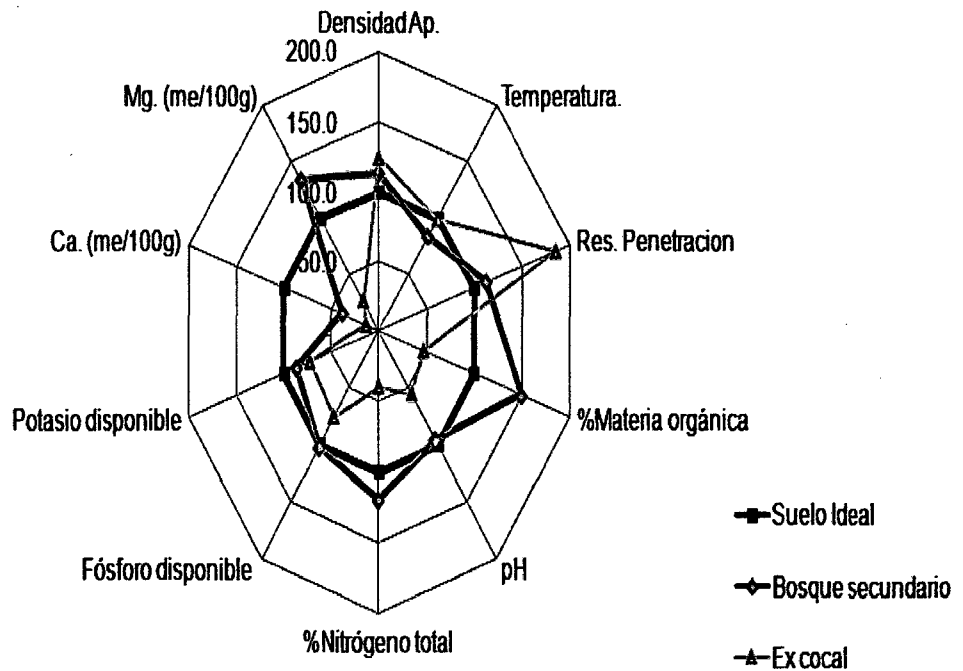


Figura 24. Sistema de referencia de un suelo ideal

4.5. Relación entre los indicadores físicos, químicos y biológicos

4.5.1. Modelo

El crecimiento de los organismos vivos, en diferentes escenarios, se presenta a continuación como sigue.

- Si la muestra fue tomado de una *densidad de macrofauna*, entonces, $X_{1i}=1$, y es de *bosque secundario*, $X_{2i}=1$, el modelo es como sigue:

$$\text{Log}Y_i = -31.14 - 5.69 * (1) - 0.42 * (1) + 19.15 * \text{log}DA + 7.90 * \text{log}HU \\ + 12.85 * \text{log}EP + 14.26 * \text{log}RP + 2.26 * \text{log}PH + 0.56 * \text{log}N$$

$$\text{Log}PH = 0.60 + 0.21 * \text{log}MO$$

$$\text{Log}N = -1.70 + 1.45 * \text{log}MO$$

$$\text{Log}MO = 1.62 + 0.56 * \text{log}P - 0.96 * \text{log}K2O + 0.20 * \text{log}Mg + 0.42 * \text{log}BasCam$$

$$\text{Log}Y_i = -37.25 + 19.15 * \text{log}DA + 7.90 * \text{log}HU + 12.85 * \text{log}EP + 14.26 * \text{log}RP \\ + 2.26 * \text{log}PH + 0.56 * \text{log}N$$

$$\text{Log}PH = 0.60 + 0.21 * \text{log}MO$$

$$\text{Log}N = -1.70 + 1.45 * \text{log}MO$$

$$\text{Log}MO = 1.62 + 0.56 * \text{log}P - 0.96 * \text{log}K2O + 0.20 * \text{log}Mg + 0.42 * \text{log}BasCarr$$

- Si la muestra fue tomado de una *densidad de mesofauna*, entonces, $X_{1i}=2$, y es de *ex cocal*, $X_{2i}=2$, el modelo es como sigue:

$$\begin{aligned}\text{Log}Y_i &= -31.14 - 5.69 * (2) - 0.42 * (2) + 19.15 * \text{log}DA + 7.90 * \text{log}HU \\ &\quad + 12.85 * \text{log}EP + 14.26 * \text{log}RP + 2.26 * \text{log}PH + 0.56 * \text{log}N \\ \text{Log}PH &= 0.60 + 0.21 * \text{log}MO \\ \text{Log}N &= -1.70 + 1.45 * \text{log}MO \\ \text{Log}MO &= 1.62 + 0.56 * \text{log}P - 0.96 * \text{log}K2O + 0.20 * \text{log}Mg + 0.42 * \text{log}BasCam\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Log}Y_i &= -43.36 + 19.15 * \text{log}DA + 7.90 * \text{log}HU \\ &\quad + 12.85 * \text{log}EP + 14.26 * \text{log}RP + 2.26 * \text{log}PH + 0.56 * \text{log}N \\ \text{Log}PH &= 0.60 + 0.21 * \text{log}MO \\ \text{Log}N &= -1.70 + 1.45 * \text{log}MO \\ \text{Log}MO &= 1.62 + 0.56 * \text{log}P - 0.96 * \text{log}K2O + 0.20 * \text{log}Mg + 0.42 * \text{log}BasCam\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Log}O &= -42.36 + 19.15 * \text{log}(2.65) + 7.90 * \text{log}(11.60) + 12.85 * \text{log}(33.33) \\ &\quad + 14.26 * \text{log}(2.25) + 2.26 * \text{log}PH + 0.56 * \text{log}(0.16)\end{aligned}$$

$$\text{Log}O = -1.70 + 2.26 * \text{log}P$$

4.5.2. Simulación del modelo

Las variables independientes mantienen una relación directa con el crecimiento de los organismos, ya sea, de manera directa (como se muestra en la primera ecuación) e indirecta (como se muestran en las ecuaciones secundarias), con excepción de la variable de magnesio (Mg).

Entonces, es muy importante hacer un análisis, cuando es el caso, que se incrementase los factores externo que condicionan el crecimiento de los organismos vivos, es decir, cuando se incrementa las variables independientes, planteándose, lo siguiente:

$$\frac{\partial \log Y_i}{\partial \log X_i} = \frac{\left(\frac{1}{Y_i \ln 10} \right) \partial Y_i}{\left(\frac{1}{X_i \ln 10} \right) \partial X_i} \Rightarrow \frac{\partial \log Y_i}{\partial \log X_i} = \left(\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} \right) \left(\frac{X_i}{Y_i} \right)$$

Entonces, la deducción, nos conlleva a comentar, que se refiere, a una elasticidad y que a continuación se realiza el análisis siguiente:

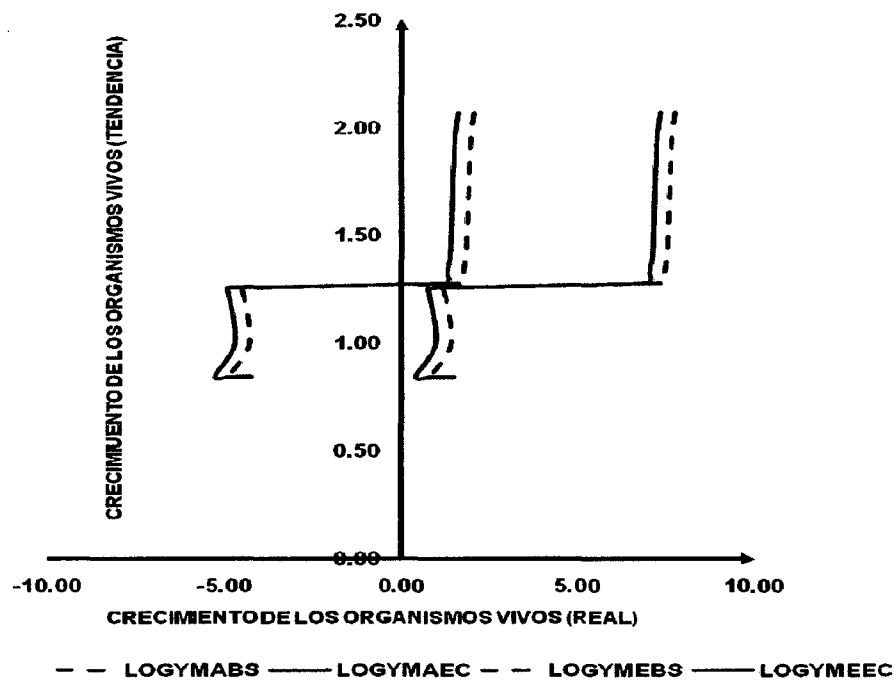


Figura 25. Crecimiento de los organismos, según, tipo de terreno y espacio-efecto total

El crecimiento más rápido de los organismos vivos (el efecto principal), está en la macrofauna de bosques secundarios (LOGYMABS), esto se observa que la tendencia de crecimiento van en aumento constante del 3,33 %, luego la segunda tendencia están en macrofauna de ex cocal (LOGYMAEC), ya que, su crecimiento constante es del 3,01 %. Con respecto,

al bosque secundario y ex cocal de la mesofauna (LOGYMEBS y LOGYMEEC, 2006), su crecimiento es limitado, por lo que, a un incremento de por lo menos del 17 %, registra crecimiento de organismos significativos del primero, mientras, del segundo a 24 %, respectivamente.

Es muy importante hacer un análisis, cuando es el caso, que se incrementase los factores externo que condicionan el crecimiento de los organismos vivos, es decir, cuando se incrementa las variables independientes, planteándose, lo siguiente:

$$\frac{\partial \log O}{\partial \log DA} = 19,15$$

Si se incrementase la densidad aparente en un 1 %, entonces, el crecimiento de los organismos aumentará en proporciones de 19,15 %, aproximadamente.

$$\frac{\partial \log O}{\partial \log HU} = 7,90$$

Si la humedad se incrementase en proporciones del 1%, entonces, el crecimiento de los organismos es del 19,15 %, aproximadamente.

$$\frac{\partial \log O}{\partial \log EP} = 12,85$$

Si el espacio poroso se incrementase, entonces, el crecimiento de dicho organismos será del 12,85 %.

$$\frac{\partial \log O}{\partial \log RP} = 14,26$$

Cada vez que exista más resistencia a la presión, los organismos se incrementarán en proporciones de 14,26 %, aproximadamente.

$$\frac{\partial \log O}{\partial \log PH} = 2,26$$

El aporte del pH del suelo en el crecimiento de los organismos están relacionados positivamente, es decir, si el incremento se dará en 1 % en el pH del suelo, entonces, los organismos aumentarán en 2,26 %.

$$\frac{\partial \log O}{\partial \log N} = 0,56$$

El aporte en el crecimiento de los organismos vivos del nitrógeno, es del 0,56 %, aproximadamente.

Así como las variables independientes, el pH de suelo, % de nitrógeno y % de materia orgánica, son variables dependientes, de otras variables independientes, lo cual se detalla las elasticidades, siguientes, así como también los efectos parciales:

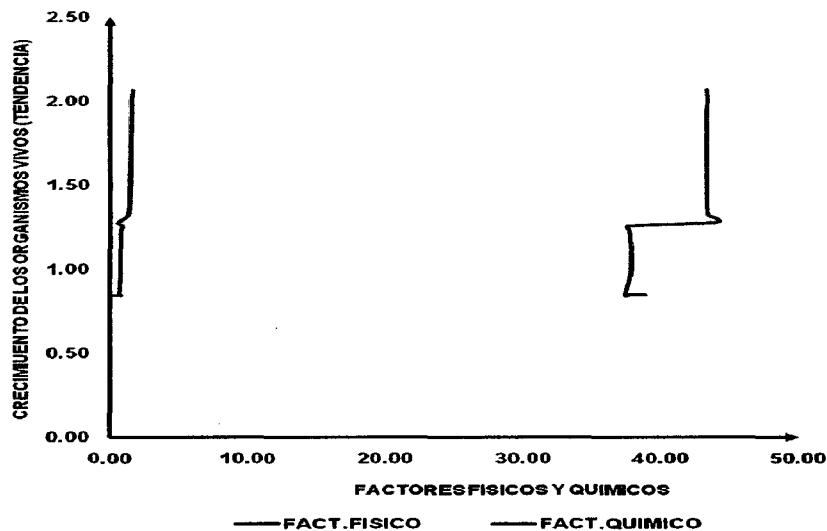


Figura 26. Crecimiento de los organismos, según, aspectos físicos y químicos – efecto parcial.

Los aspectos físicos y químicos, son muy relevantes a la hora de evaluar en qué medida y en que porcentajes se incrementan de manera constante el crecimiento de los organismos vivos, ya que el, 97,51 % es el factor físico que condicionan y del químico en un 2,49 %, ambos, son muy importantes por ser relevantes las variables que explican el crecimiento de los organismos.

$$\frac{\partial \log PH}{\partial \log MO} = 0,21$$

La materia orgánica es parte del pH de lo suelo en incrementos constantes del 21 %.

$$\frac{\partial \log N}{\partial \log MO} = 0,45$$

El incremento del 1 % del nitrógeno genera aumentos en la materia orgánica de 45 % a más.

$$\frac{\partial \log MO}{\partial \log P} = 0,56$$

La cantidad de fosforo existente en la materia orgánica es del 56 %.

$$\frac{\partial \log MO}{\partial \log K_2O} = -0,96$$

Un incremento del óxido de potasio en 1 %, la materia orgánica disminuyen constantemente en un 96%.

$$\frac{\partial \log MO}{\partial \log Mg} = 0,20$$

El magnesio si se incrementase en proporciones, del 1 %, la materia orgánica se incrementará en 20 %.

$$\frac{\partial \log MO}{\partial \log BasCam} = 0,42$$

Si las Bases Cambiables van en aumento, entonces, la materia orgánica se incrementa en 42 %.

V. CONCLUSIONES

1. Los indicadores físicos encontrados fueron: textura del suelo que en ambos sistemas de uso son franco arenosos , la densidad aparente en el bosque secundario es $1,7 \text{ g/cm}^3$ y $1,8 \text{ g/cm}^3$, densidad real con $2,82 \text{ g/cm}^3$ y $2,488 \text{ g/cm}^3$ en el bosque secundario y el ex cocal respectivamente, temperatura con $25,80 \text{ }^\circ\text{C}$ para el ex cocal y $21,6 \text{ }^\circ\text{C}$ en bosque secundario, resistencia a la penetración en el ex cocal es de $2,978 \text{ Kg/cm}^2$ y $1,7 \text{ Kg/cm}^2$ en el bosque secundario, humedad es de $12,6 \%$ en el ex cocal y $10,2\%$ en el bosque secundario y espacio poroso con 40% en el bosque secundario y 25% en el ex cocal.

Los indicadores químicos como el pH para bosque secundario es de $6,5$ y para el ex cocal es $3,8$, materia orgánica el mayor contenido es en bosque secundario de $5,4 \%$, N con $0,24 \%$, P con $11,30$ (ppm), K_2O con 305 (kg/ha), Ca $3,8$ (me/100g) Mg $2,0$ (me/100g) en el bosque secundario, Al $3,2$ (me/100g), H $1,5$ (me/100g), ClCe $6,4$ (me/100g) en el ex cocal, Bases cambiables 100% en bosque secundario y Acidez cambiabile con $73,44 \%$ en el ex cocal.

Los indicadores biológicos se identificaron 8 grupos taxonómicos en la

macrofauna del suelo, dentro de ellos el 63,08 % corresponden a los Himenópteros, 7,69 % los Chilopoda y Aranea, 6,15 % los isópoda y los coleópteros, 4,62 % isóptera, 3,08 % Larvas y con menor porcentaje los Oligoqueta con 1,54 %, para la mesofauna del suelo encontramos 4 grupos taxonómicos constituyendo el mayor componente de la densidad los Acari con 53,2 %, 25,46 % los Collembola, 11,44 % Diplura y con menor porcentaje los Protura con 9,9 %. Finalmente el nivel de fertilidad para obtener un índice de calidad de suelo ideal se encontró en el bosque secundario, necesitando a su vez compensar algunas cualidades.

2. La diversidad de especies del bosque secundario es de 63,3 % y 56,3 en el ex cocal, la diversidad de mesofauna en el bosque secundario es 62,62 % y 63,68 % en el ex cocal, de la densidad de la macrofauna y mesofauna en el bosque secundario se presenta la más alta densidad de población con 224 y 1607 Ind/m² respectivamente, la biomasa en suelos de bosque secundario fueron mayores con 34,72 gr/m².
3. El 97,51 % es el factor físico que condicionan y del químico en un 2,49 %, ambos, son muy importantes por ser relevantes las variables que explican el crecimiento de los organismos.

VI. RECOMENDACIONES

1. En un plan de manejo de suelos se debe priorizar los trabajos conducentes a mejorar las propiedades físicas.
2. Realizar estudios a largo término, en diversos tipos de uso de la tierra con varios grupos de la fauna del suelo, para determinar relaciones con algunas propiedades físicas y químicas y poder generar de manera interactiva la creación de posibles índices que permitan valorar la calidad del suelo.
3. Continuar la línea de investigación sobre microfauna, mesofauna y macrofauna del suelo y ampliar el área de estudio.
4. Cuantificar la población y distribución de las especies vegetales, animales e inclusive los humanos que soportan cada área de tierra.

VII. ABSTRACT

This research work was carried out in two experimental units represented by a secondary forest and a former coconut grove, this study's objectives were: The of quantifying the biological indicators, Determining to her mesofauna and macrofauna in relation to the physical properties and chemistries in The Miracles sector, Identify the physical, chemical and biological quality of soils, Determining her diversity mesofauna and macrofauna that are put up with as indicators, Relate the presence of the biological with the physical and chemical indicators.

It has happened to me that Physical indicators have been utilized in order to the study, in which we have the method of bouyoucos hydrometer I have a meal also the direct Methods as her of the thermometer and the penetrómetro. he chemical indicators present methods I have a meal the of Walkley and Black (organic matter), potentiometer (the ground's reaction), Yuan's method (interchangeable aluminum), Kjeldahl (total Nitrogen), Olsen (available Match), Sulfuric acid (available potassium), Acetato (changeable Bases and CIC) and the biological indicators have methods I have a meal the methods direct for count to determine to her macrofauna (Number of individuals, density and biomass), Simpson's Método and Shannon - Winner

(species diversity). her count mesofauna had total success in cabinet, he was individuals extraction once was accomplished utilizing Berlesse funnel.

This study's aftermaths indicate us than the secondary- forest grounds elders possess conditions to be able to lodge the ground's organisms, that is they possess principal diversity, unlike a former ground coconut grove that he lacks organisms to present conditions that make it difficult to his inhabit but than however these conditions do not handicap that the organisms find themselves present and Let them be the cause that they reinitiate the regeneration process of these grounds than these.

Key words: Mesofauna, Macrofauna.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, E., CARRASCO, A., LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ, E., GONZÁLEZ, S., AHUMADA, I. 2005. Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/soil/>, informe, dptos, 09 Oct. 2009).

ARCE, E. 2000. Bosque secundario y Sistemas Agroforestales en la Amazonía Peruana, Lima. Perú 20p.

ASTIER, C., MASS-MORENO, 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]: HEET, (<http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>, 30 Nov. 2005).

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

- BRECHELT, R. 2007. Bosque lluvioso primario de Brasil. [En línea]: Mongabay, (<http://es.mongabay.com/rainforests/0501.htm>; dctos, 11 Set. 2009).
- BROWN, G., FRAGOSO, C., BAROIS, I., ROJAS, P., RODRIGEZ, C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Departamento de biología de suelos, instituto de ecología. Xalapa, México. 31p.
- BUDD, W. 1992. What capacity the land? J. Soil Water Conservation 47: 28-31.
- BUENDIA, F. 1996. Características de los bosques secundarios. [En Línea]: Hegoa, (<http://www.hegoa.ehu.es/es/bosquessecundarios/sensintro>, dctos, 08 Nov. 2009).
- BUOL, S. 1995. Sustainability of soil use. Annual Review of Ecology and Systematic 26:25 - 44.
- BURGUES, A. Y RAW, F. 1971. Biología del suelo. Edit. Paraninfo. Edic. Omega. SA. Barcelona, España. 470p.
- BURGUES, A. 1960. Biología y ecología del suelo. Zaragoza, España. Edit. Acribia. SA. 186p.

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 San Luis, Buenos Aires. 146p.

CORREIA, M., OLIVEIRA, L. 2000. Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. EMBRAPA. Ministerio do Agricultura e do Abastecimento Ministro, Brasil. Documentos N° 112. 48p.

CUEVA, L. 1988. Norte Andino (Desarrollo Rural Integral y Conservación de Suelos. Editorial Hipatia S.A. Lima, Perú. 126p.

DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMÉNEZ-JAEN, J.J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. European Journal Soil Biology, 30(4):157 - 168.

DORAN, J y PARKIN, B. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.

HUAMANI, H., MANSILLA, L., ZAVALA, W. 1998. Evaluación de enmiendas orgánicas e inorgánicas en la recuperación de suelos degradados bajo sistemas de cultivos en fajas. CIUNAS. Tingo María - Perú.

- HÜNNEMEYER, J., DE CAMINO, R., MÜLLER, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.
- INFOREGION, 2007. Narcotráfico destruyó 2 millones de hectáreas de bosques y contaminó ríos del VRAE y Alto Huallaga. [En línea]: Info región, (http://www.inforegion.pe/region/noticia_detalle.php?v_idnoticia=19847&v_idlocacion=1&v_idcategoria=28, dctos, 10 Mar. 2009).
- INGARAMO, A., HAGAR, C., JIMENEZ, R. 2003. Indicadores físicos del suelo, químicos y biológicos del suelo. [En línea]: Hegoa, (<http://www.hegoa.ehu.es/es/Indicadoresfisicos/sensintro>, dctos, 03 Jul. 2009).
- LAVELLE, P., PASHANASI, B. 1984. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33:283 - 291.
- LAVELLE, P. 1988. Assessing the abundance and role of invertebrate communities in tropical soils: Aims and methods. In: Ghabbour, S.I. & Davis, R.C. (Eds.). *Proceedings of the Seminar on Resources of Soil Fauna in Egipto and África*. Cairo, 16-17 Abril 1986. *Revue Zool.Afr – J. Afr. Zool.*, 102: 275 - 283.

- ODUM, E. 1983. *Ecología*. 3^{ra} Edic. Edit. Nueva editorial Interamericana, S.A. México, D.F.
- PARR, J., PAPENDICK, R., HORNICK, S., MEYER, R. 1992. Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. *American J. of Alternative Agriculture* 7: 5 - 11.
- PRICE, D. 1973. Abundance and vertical distribution of microarthropods in the surface layers of a California pine forest soil. *Hilgardia*, 42(4): 121 - 148.
- RAMIREZ-TRUJILLO, A. 2003. *Ecología Aplicada*. Fundación Universidad de Bogotá. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 325p.
- SOCARRÁS, A. 1999. *Mesofauna del suelo en pastizales antropizados*. Tesis en opción al Título Académico de Master en Ecología y Sistemática Aplicada Mención Ecología, C. de la Habana.
- SOCARRÁS, A., RODRÍGUEZ, A. 2002. Utilización de la Mesofauna Edáfica como Indicador Biológico del Estado del Suelo. II. Suelos con manejo orgánico en la provincia La Habana. En: *Memorias del XIII Congreso Científico del INCA, La Habana, Cuba*. CD-room.
- WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 2007. *Servicios de Asesoramiento Técnico en determinación de la calidad de Sitio, Técnicas*

de preparación de terreno y manejo para plantaciones forestales. [En Línea]: Bosques, (<http://www.fondebosque.org.pe> , dctos, 05 May. 2009).

ANEXO

Anexo 1. Cuadros

Cuadro 16. Datos obtenidos en campo y promedios de resistencia a la penetración de los dos tipos de suelos

Repeticiones	Bosque Secundario			Ex cocal		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1	1,50	1,75	1,85	2,75	2,55	2,65
2	1,70	1,65	1,80	2,85	2,75	2,90
3	1,85	1,55	1,60	2,80	2,90	2,80
Sub-promedio	1,68	1,65	1,75	2,80	2,73	2,78
Promedio	1,69			2,77		

Cuadro 17. Datos para determinar la densidad aparente y real de los dos tipos de suelos

	Peso húmedo	Peso seco	Diámetro cilindro	Altura del cilindro	Volumen
Bosque Secundario	186,79	169,56	4,5	6,3	100,15
Ex cocal	210,42	186,85	4,5	6,3	100,15

Cuadro 18. Número de individuos de la macrofauna encontrados en los dos tipos de suelos

Grupo Taxonómico	Nº de Indiv. en el bosque secundario			Promedio	Nº de Indiv. en el ex cocal			Promedio
	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
	Himenópteros (hormigas)	10	10		5	8	7	

Cuadro 18 (Continuación)

Oligoqueta (lombriz)	1	0	0	0	0	0	0	0
Isópodo (cochinilla)	4	0	0	1	0	0	0	0
Isóptera (termita)	0	0	0	0	0	3	0	1
Chilopoda (ciempiés)	1	3	1	2	0	0	0	0
Aranea (arañas)	1	2	0	1	0	0	2	1
Coleóptero (escarabajo)	0	2	0	1	2	0	0	1
Larvas	1	0	1	1	0	0	0	0
Total (ind/m ²)	18	17	7	14	8	7	7	8

Cuadro 19. Número de individuos de la mesofauna encontrados en los dos tipos de suelos

Grupo Taxonómico	Nº de Indiv. En el bosque secundario			Promedio	Nº de Indiv. En el ex cocal			Promedio
	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
	Acari	40	68		54	54	14	
Collembola	32	25	20	26	2	10	5	6
Diplura	8	7	16	10	4	5	2	4
Protura	6	16	11	11	1	0	3	1
Total (ind/m ²)	85	116	101	101	21	19	26	22

Cuadro 20. Densidad de la macrofauna de los dos tipos de suelos

Grupo Taxonómico	Bosque Secundario			Promedio	Ex cocal			Promedio
	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
	Himenópteros (hormigas)	160	160		80	133	112	

Cuadro 20 (Continuación)

Oligoqueta (lombriz)	16	0	0	5	0	0	0	0
Isópodo (cochinilla)	64	0	0	21	0	0	0	0
Isóptera (termita)	0	0	0	0	0	48	0	16
Chilopoda (ciempiés)	16	48	16	27	0	0	0	0
Aranea (arañas)	16	32	0	16	0	0	32	11
Coleóptero (escarabajo)	0	32	0	11	32	0	0	11
Larvas	16	0	16	11	0	0	0	0
Total (ind/m²)				224				123

Cuadro 21. Densidad de la mesofauna de los dos tipos de suelos

Grupo Taxonómico	Bosque Secundario				Promedio	Ex cocal			Promedio
	M1	M2	M3			M1	M2	M3	
Acari	632	1084	866	861	224	64	256	181	
Collembola	512	396	316	408	32	160	80	91	
Diplura	128	112	256	165	64	80	32	59	
Protura	90	256	172	173	16	0	48	21	
Total (ind/m²)				1607				352	

Cuadro 22. Macrofauna y diversidad de especies en el bosque secundario por el método de Simpson y Shannon - Wiener

Grupo taxonómico	B.S.	Pi	LN Pi	PiLN Pi	Pi ²
Himenópteros (hormigas)	8	0,571	-0,560	-0,320	0,32653
Isópodo (cochinilla)	1	0,071	-2,639	-0,189	0,00510
Miriápodos (ciempiés)	2	0,143	-1,946	-0,278	0,02041
Aranea (arañas)	1	0,071	-2,639	-0,189	0,00510
Coleóptero (escarabajo)	1	0,071	-2,639	-0,189	0,00510
Larvas	1	0,071	-2,639	-0,189	0,00510
S=6	14			-1,352	0,36735

Shannon - Wiener (H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i = 1.352$ nats/individuo.

$$H_{\text{máx}} = \text{LN } S = 1,791759469$$

Equidad (E): $E = H'/H_{\text{máx}} = -0,7544$

Simpson (D): $D = \sum (p_i)^2 = 0,3673$

Entonces: $D = 1 - \sum (p_i)^2 = 0,6327 = 63,27\%$

Cuadro 23. Macrofauna y diversidad de especies en el ex cocal por el método de Simpson y Shannon- Wiener

Grupo taxonómico	B.S.	Pi	LN Pi	PiLN Pi	Pi ²
Himenópteros (hormigas)	5	0,625	-0,470	-0,294	0,390625
Isoptera (termita)	1	0,125	-2,079	-0,260	0,015625
Aranea (arañas)	1	0,125	-2,079	-0,260	0,015625
Coleóptero (escarabajo)	1	0,125	-2,079	-0,260	0,015625
S=4	8			-1,074	0,4375

Shannon - Wiener (H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i = 1.074$ nats/individuo.

$$H_{\text{máx}} = \text{LN } S = 1,386294$$

Equidad (E): $E = H'/H_{\text{máx}} = -0,7744$

Simpson (D): $D = \sum (p_i)^2 = 0,4375$

Entonces: $D = 1 - \sum (p_i)^2 = 0,5625 = 56,25\%$

Cuadro 24. Mesofauna y diversidad de especies en el Bosque secundario por el método de Simpson y Shannon- Wiener

Grupo taxonómico	B.S.	Pi	LN Pi	PiLN Pi	Pi ²
Acari	54	0,535	-0,626	-0,335	0,28585
Collembola	26	0,257	-1,357	-0,349	0,06627
Diplura	10	0,099	-2,313	-0,229	0,00980
Protura	11	0,109	-2,217	-0,241	0,01186
S=4	101			-1,155	0,37379

Shannon - Wiener (H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i = 1,155$ nats/individuo.

$$H_{\text{máx}} = \ln S = 1,386294361$$

Equidad (E): $E = H'/H_{\text{máx}} = -0,8328$

Simpson (D): $D = \sum (p_i)^2 = 0,3738$

Entonces: $D = 1 - \sum (p_i)^2 = 0,6262 = 62,62\%$

Cuadro 25. Mesofauna y diversidad de especies en el ex cocal por el método de Simpson y Shannon- Wiener

Grupo taxonómico	B.S.	Pi	LN Pi	PiLN Pi	Pi ²
Acari	11	0,515	-0,663	-0,342	0,26538
Collembola	6	0,258	-1,356	-0,349	0,06635
Diplura	4	0,167	-1,792	-0,299	0,02778
Protura	1	0,061	-2,803	-0,170	0,00367
S=4	22			-1,160	0,36318

Shannon - Wiener (H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i = 1.160$ nats/individuo.

$$H_{\text{máx}} = \ln S = 1,386294361$$

Equidad (E): $E = H'/H_{\text{máx}} = -0,8365$

Simpson (D): $D = \sum (p_i)^2 = 0,3632$

Entonces: $D = 1 - \sum (p_i)^2 = 0,6368 = 63,68\%$

Anexo 2. Metodología de modelos de regresión múltiple

El modelo de regresión múltiple

A menudo en una investigación, el objetivo es explicar el comportamiento de una variable dependiente (Y), en términos, de más de una variable independiente (X_s). Entonces, en el caso nuestro, lo que se quiere es

explicar la influencia, tanto el aspecto, físico como químico de manera significativa, en los microorganismos vivos tomados de dos tipos de terreno, uno referido, en macro y meso fauna del bosque secundario y el otro, en macro y meso fauna del ex cocal. A continuación, se detalla las variables a regresionar:

Variable dependiente

- Y_i , para todo $i=1, 2, \dots, 11$, factores.
- Y_i = Expresado en logaritmo y se refiere a la cantidad de organismo vivos (hormiga, lombriz, isópoda, termita, chillopoda, arañas, coleóptero, larvas).

Variables independientes

- X_{ji} , para $j=1,2,\dots, 20$ variables y Para todo $i=1, 2,\dots, 11$, muestras.

Variables independientes dicotómicas

- X_{1i} = Hace de referencia, a la muestra que fue tomado de una densidad de macrofauna (=1) o de mesofauna (=2).

- X_{2i} =Hace de referencia, a la muestra que fue tomado de un bosque secundario (=1) o de ex cocal (=2).

Variables independientes físicos

Están expresados en logaritmo de base 10.

- LogDA= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia a la densidad aparente.
- LogDR= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia a la densidad real.
- LogT= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia a la temperatura en grados centígrados.
- LogHU= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia al % de humedad encontrado.
- LogEP= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia al % de espacio poroso.
- LogRP= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia a la resistencia en la penetración.

Variables independientes químicos

Están expresados en logaritmo de base 10.

- LogPH= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia al PH del suelo.
- LogMO= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia al % de M.O.
- LogN= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia al % de N.
- LogP= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia a ppm de P.
- LogK2O= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia a Kg/Ha de K2O.
- LogCa= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia de Me/100 de Ca.
- LogMg= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia de Me/100 de Mg.
- LogBasCam= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia al % de Bas. Cam.
- LogAl= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia de Me/100 de Al
- LogH= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia de Me/100 de H.
- LogClCe= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia de Me/100 de ClCe.
- LogAcCamb= Esta expresado en logaritmo y hace de referencia de Me/100 de Ac. Camb.

El modelo

Realizando los cálculos respectivos y de su interacción, nos lleva a la ejecución de un modelo de ecuaciones simultáneas, ya que, los aspectos químicos, además, de tener un PH alto, que indica el terreno es no ácido, dependen en gran medida, de algunos elementos químicos que conforman la materia orgánica y por tanto, el modelo, que a continuación se muestra es como sigue:

Cuadro 26: Crecimiento de los organismos vivos

System: MODELO

Estimation Method: Least Squares

Date:07/02/10

Time: 22:48

Sample: 1 11

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-31,13506	3,571630	-8,717325	0,0000
C(2)	-5,693083	0,726463	-7,836712	0,0000
C(3)	-0,422494	0,048177	-8,769668	0,0000
C(4)	19,15464	2,933655	6,529274	0,0000
C(5)	7,898708	0,723569	10,91631	0,0000
C(6)	12,85113	1,383939	9,285908	0,0000
C(7)	14,25941	2,459723	5,797158	0,0000
C(8)	2,259336	0,224280	10,07372	0,0000

C(9)	0,563511	0,105475	5,342616	0,0000
C(10)	0,595979	0,121160	4,918937	0,0000
C(11)	0,208124	0,202735	1,026581	0,3141
C(12)	-1,695826	0,124282	-13,64494	0,0000
C(13)	1,450966	0,207959	6,977168	0,0000
C(14)	1,618835	3,913472	0,413657	0,6825
C(15)	0,555893	1,166112	0,476706	0,6376
C(16)	-0,963400	1,193466	-0,807229	0,4269
C(17)	0,203965	0,201178	1,013855	0,3200
C(18)	0,416383	0,205434	2,026848	0,0530

Determinant residual covariance 1.36E-11

Equation: LOGO=C(1)+C(2)*X₁+C(3)*X₂+C(4)*LOGDA+C(5)*LOGHU
+C(6)*LOGEP+C(7)*LOGRP+C(8)*LOGPH+C(9)*LOGN

Observations: 11

R-squared	0,999203	Mean dependent var	1,381377
Adjusted R-squared	0,996013	S.D. dependent var	0,439896
S.E. of regression	0,027776	Sum squared resid	0,001543
Durbin-Watson stat	2,767809		

Equation: LOGXPH=C(10)+C(11)*LOGMO

Observations: 11

R-squared	0.104822	Mean dependent var	0,711213
-----------	----------	--------------------	----------

Adjusted R-squared	0,005358	S.D. dependent var	0,151655
S.E. of regression	0,151248	Sum squared resid	0,205884
Durbin-Watson stat	1,831186		

Equation: $\text{LOGN}=\text{C}(12)+\text{C}(13)*\text{LOGMO}$

Observations: 11

R-squared	0,843969	Mean dependent var	-0,892453
Adjusted R-squared	0,826632	S.D. dependent var	0,372611
S.E. of regression	0,155146	Sum squared resid	0,216632
Durbin-Watson stat	2,883269		

Equation: $\text{LOGMO}=\text{C}(14)+\text{C}(15)*\text{LOGP}+\text{C}(16)*\text{LOGK2O}+\text{C}(17)*\text{LOGMg}+$

$\text{C}(18)*\text{LOGBasCam}$

Observations: 11

R-squared	0,957795	Mean dependent var	0,553681
Adjusted R-squared	0,929658	S.D. dependent var	0,235918
S.E. of regression	0,062570	Sum squared resid	0,023490
Durbin-Watson stat	2,553990		

El crecimiento de los organismos vivos (O) (hormiga, lombriz, isópoda, termita, chillopoda, arañas, coleóptero, larvas), en los terrenos de bosque secundario como de ex cocal, se debe, a los aspectos físicos y químicos, que son; la densidad aparente (DA), a la humedad del ambiente (HU), al % de espacio poroso (EP), a la resistencia de la penetración (RP), al

PH del suelo (PH) y al % de nitrógeno (N), ya que, es muy significativo por tener un coeficiente de correlación del 99.92%. A demás, el PH del suelo y el % de nitrógeno depende de la materia orgánica (MO), así, como éste último, está en función de ppm de fósforo (P), a Kg/Ha de óxido de potasio (K₂O), a Me/100 de calcio (Ca), al % de Bas. Cam. (Bascam). Si observamos, la Determinant residual covariance (la determinación de la covarianza residual) es de 0,00 aproximadamente, esto quiere decir, no existe correlación contemporánea entre las variables independientes de las ecuaciones simultaneas.

A continuación, se detalla el modelo respectivo:

$$\begin{aligned} \text{Log}Y_i &= -31,14 - 5,69 * X_{1i} - 0,42 * X_{2i} + 19,15 * \log DA + 7,90 * \log HU \\ &\quad + 12,85 * \log EP + 14,26 * \log RP + 2,26 * \log PH + 0,56 * \log N \\ \text{Log}PH &= 0,60 + 0,21 * \log MO \\ \text{Log}N &= -1,70 + 1,45 * \log MO \\ \text{Log}MO &= 1,62 + 0,56 * \log P - 0,96 * \log K_2O + 0,20 * \log Mg \\ &\quad + 0,42 * \log \text{BasCam} \end{aligned}$$

La prueba de BREUSCH-PAGAN

Nos sirve para verificar, la existencia de correlación entre los errores de ecuación a ecuación de sus variables independientes (ecuaciones simultáneas), es decir, la correlación entre variables independientes, lo cual, no debe existir éste problema. Planteándose, la siguiente hipótesis:

H_0 : La matriz V es diagonal ($\sigma_{ij}=0$, para todo $i \neq j$), por tanto, es consistente usar MCO, porque, no existe correlación contemporáneo.

H_a : La matriz V no es diagonal ($\sigma_{ij} \neq 0$, para todo $i \neq j$), por tanto, es consistente usar MCGF, porque, existe correlación contemporánea.

Donde:

	RESID01	RESID02	RESID03	RESID04
RESID01	1,0000	-0,0424	-0,2881	0,2461
RESID02	-0,0424	1,0000	-0,6205	-0,2659
RESID03	-0,2881	-0,6205	1,0000	0,0781
RESID04	0,2461	-0,2659	0,0781	1,0000

$$gl = \frac{n(n-1)}{2} \Rightarrow gl = \frac{11(11-1)}{2} \Rightarrow gl = 55$$

$$\alpha = 5\% \Rightarrow \alpha = 0.05$$

$$X_{gl,\alpha}^2 = X_{55,5\%}^2 = 73,31$$

$$\lambda = n \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} r_{ij}^2, \quad r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ii}\sigma_{jj}}}, \quad \forall i \neq j$$

$$\lambda = 11((-0,0424)^2 + (-0,2881)^2 + (0,2461)^2 + (-0,6205)^2 + (-0,2659)^2)$$

$$\lambda = 6,61$$

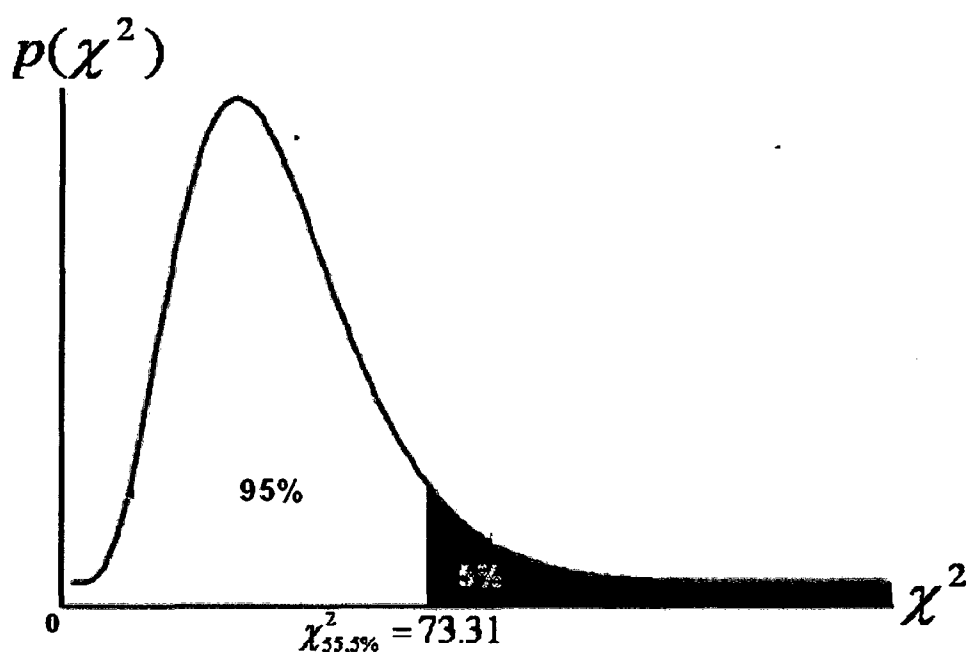


Figura 27. Crecimiento de los organismos vivos, según, aspectos físicos y químicos – efecto parcial

$\chi^2 > \lambda \cong 73,31 > 6,61$, entonces, se acepta la hipótesis nula, es decir, es consistente usar MCO, porque, no existe correlación contemporáneo entre los errores. A un nivel de confianza del 95%.

Probabilidad (P)

Si observamos, el cuadro 13, la prob. (Probabilidad) casi en todas la variables independientes son muy significativas, a la confiabilidad del 99%, con excepción de la variable independiente de nitrógeno, como, de hidrogeno y ClCe, ya que, a medida que se incrementa la muestra, se convierten significativos.

Anexo 3. Fotografías



Figura 28. Hojarasca del bosque secundario

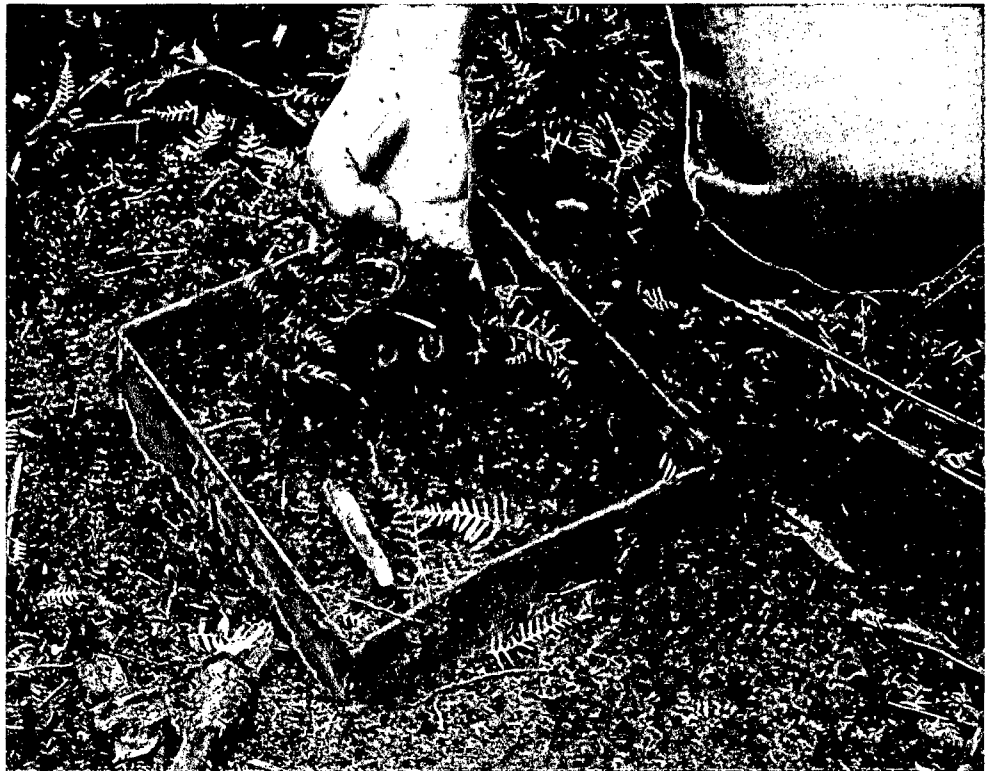


Figura 29. Extracción de muestra de suelo de ex cocal



Figura 30. Medición de la temperatura del suelo

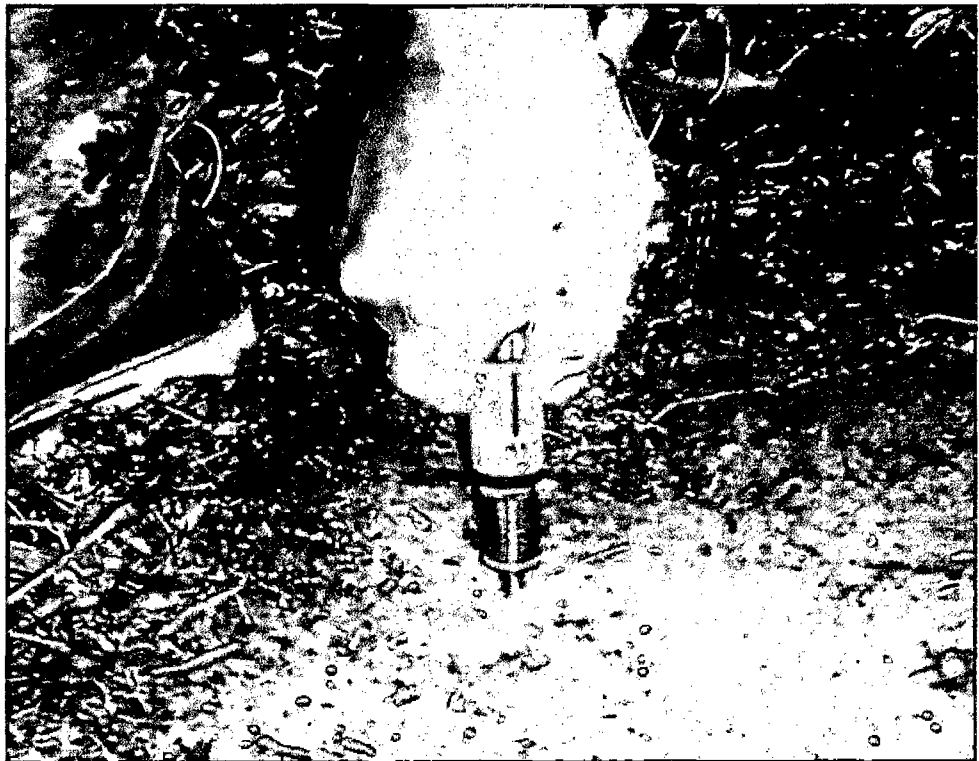


Figura 31. Medición de la resistencia a la penetración



Figura 32. Muestreo para (D.A y D.R)



Figura 33. Recolección de muestra de suelo



Figura 34. Área de ex cocal



Figura 35. Área de bosque secundario