

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS

NATURALES RENOVABLES



**EFFECTO DE BORDE DE CAMINOS SECUNDARIOS SOBRE LA
COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS. EN EL
BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA
SELVA, TINGO MARÍA**

Tesis

Para optar al título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN FORESTALES

INDIRA ALVAREZ NAVEROS

PROMOCIÓN 2008 - I

Tingo María - Perú

2011



P01

A45

Alvarez Naveros, Indira

Efecto de Borde de caminos secundarios sobre la composición y abundancia de macroinvertebrados, en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María 2011

46 páginas; 05 cuadros; 12 fgrs.; 28 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

1. IMPACTO 2. MACROINVERTEBRADOS 3. BOSQUE
4. COMPOSICIÓN 5. ABUNDANCIA 6. MANTILLO



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 24 de Enero del 2012, a horas 06:30 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DE BORDE DE CAMINOS SECUNDARIOS SOBRE LA COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS, EN EL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, TINGO MARIA - PERÚ”

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

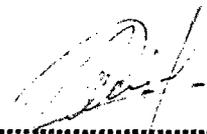
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

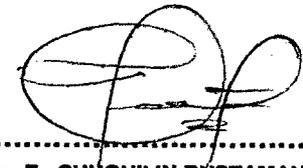
Tingo María, 05 de setiembre del 2012.


.....
Ing. RAUL ARAUJO TORRES
Presidente


.....
Blgo. MARIELA MORILLO ALVA
Vocal




.....
Ing. NELINO FLORIDA ROFNER
Vocal


.....
Blgo. MSc. E. CHUQUILIN BUSTAMANTE
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por ser la fuente de sabiduría y
bondad infinita.

A mis padres Alejandra NAVEROS y
Miguel ALVAREZ (Q.E.P.D.) por su
inmenso amor, dedicación y entrega
brindado durante todo este tiempo para
ser cada día mejor.

A mis hermanos Milagros, Pasha, mi
ahijado Bryan, al ser que espero con
muchas ansias, por su confianza y el
gran afecto que nos une siendo la
fuerza de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, varias personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Blgo. Edilberto Chuquilin quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

Al Blgo. Luis A. Vivar (Q.E.P.D.) por su amistad y gran apoyo como parte de mi formación como profesional.

Al Ing. Ronald H. Puerta por su colaboración como parte de la elaboración del presente informe de tesis.

A Roy Reategui Rodriguez, por su confianza y el gran amor que nos une.

A mis amigos y colegas: Katherine Reategui, Gian C. Daza, Rubén A. Torres, Jaqueline Caballero, Vejarano, Jessie Hidalgo, Alida Perez, Elizabeth Reategui por acompañarme durante mi formación como profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Fragmentación de los bosques.....	3
2.2. Efecto de borde.....	5
2.3. Antecedentes del efecto de la fragmentación.....	6
2.4. Macrofauna del suelo.....	7
2.5. La mesofauna del suelo.....	8
2.6. Estudios de macro invertebrados en el suelo.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. Componentes en estudio.....	18
3.2.2. Materiales y equipos de campo.....	18
3.2.3. Materiales y equipos de gabinete.....	18
3.3. Metodología.....	19

3.3.1.	Reconocimiento de la zona de estudio.....	19
3.3.2.	Muestreo de macroinvertebrados.....	19
3.3.3.	Medición de parámetros ambientales.....	22
3.4.	Análisis de datos.....	23
3.5.	Análisis estadístico.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1.	Composición y abundancia de macroinvertebrados del mantillo.....	26
4.2.	Diversidad de macroinvertebrados del mantillo.....	28
4.3.	Comportamiento de la temperatura del suelo, iluminación y humedad del mantillo respecto a la distancia del camino.....	33
V.	CONCLUSIONES.....	38
VI.	RECOMENDACIONES.....	39
VII.	ABSTRACT.....	40
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
IX.	ANEXO.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Clasificación funcional de la macrofauna.....	8
2. Actividades de la fauna del suelo en el proceso de descomposición y la estructura del suelo.....	10
3. Análisis de varianza.....	25
4. Riqueza de especie, índice de diversidad y equidad de los macroinvertebrados del BRUNAS.....	29
5. Análisis de varianza de la riqueza de especies en el BRUNAS.....	30
6. Parámetros ambientales evaluados en el Bloque I.....	47
7. Parámetros ambientales evaluados en el bloque II.....	48
8. Densidad de macroinvertebrados en el bloque I (terreno pendiente).....	49
9. Densidad de macroinvertebrados en el bloque II (terreno plano).....	49
10. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Derecho - I).....	50
11. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Izquierdo -I).....	50

12.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Derecho - I).....	51
13.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - I).....	51
14.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Derecho - I).....	52
15.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - I).....	52
16.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Derecho - II).....	53
17.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - II).....	53
18.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Derecho - II).....	54
19.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - II).....	54
20.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Derecho - II).....	55
21.	Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - II).....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Clasificación del tamaño de fauna de los suelos (CORREA y OLIVEIRA, 2000).....	11
2. Ubicación del lugar de ejecución.....	16
3. Croquis de distribución de los transectos referente al camino en el bosque (bloque I).	20
4. Colecta de mantillo y macroinvertebrados.....	21
5. Pesado de mantillo en el laboratorio para determinar la humedad.	21
6. Densidad total de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	26
7. Diversidad de especies de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.....	29
8. Número de especies de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.....	31

9. Especies acumuladas de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.....	32
10. Comportamiento de la temperatura del suelo respecto a la distancia perpendicular de un camino secundario elaborado en el BRUNAS.	33
11. Comportamiento de la iluminación respecto a la distancia perpendicular de un camino elaborado en el BRUNAS.....	34
12. Comportamiento de la humedad de mantillo respecto a la distancia perpendicular de un camino elaborado en el BRUNAS.....	35
13. Delimitación de los transectos.....	56
14. Muestreo del mantillo para determinar humedad.	56
15. Codificación de muestras para llevar al laboratorio.....	57
16. Secado de muestras en estufa.....	57

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto de borde en caminos secundarios sobre la composición y abundancia de macroinvertebrados, en los caminos de penetración del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la provincia de Leoncio Prado, Perú. Se delimitaron tres transectos lineales de 80 m cada uno, perpendiculares al camino secundario y separado cada 50 m, a lo largo de cada transecto se tomaron siete muestras del mantillo en cuadrantes de 0.5 m x 0.5 m (Anderson e Igram, 1993; citados por LINARES *et al.*, 2007), en el centro del camino, a 1.5 m, 5 m, 10 m, 20 m, 40 m, y 80 m de distancia desde el centro del camino. La colecta de los macroinvertebrados se realizó sólo en la parte de las hojarascas y la superficie del suelo. Se registró la temperatura e iluminación sobre el suelo en los diferentes cuadrantes ubicados a distancias diferentes del borde, entre las 11 a.m. hasta la 01 p.m. Se determinó la humedad del mantillo que se encontraban en cada cuadrante; aplicándole calentamiento gradual por días de 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 90 °C y finalmente a 103 °C, alcanzando el peso constante. La diversidad de macroinvertebrados y la humedad en el mantillo fue inferior en el centro y borde del camino secundario, presentando un incremento dentro del bosque mientras más distancia alejada haya desde el camino, mientras que el comportamiento de la temperatura diurna y porcentaje de iluminación presentó un comportamiento contrario.

I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura viaria es uno de las principales causas de fragmentación ecológica en todo el mundo. Además de la división y reducción del área del ecosistema, las carreteras causan un aumento en la permeabilidad a los impactos externos al incrementar las áreas marginales o de borde. Los efectos de borde son un aspecto de fragmentación poco evaluado en bosques tropicales, distinguidos por su especial fragilidad a las acciones antrópicas (DOMINGO *et al.*, 2004).

La construcción de infraestructuras de transporte, en especial la red de carreteras, es una de las principales causas antropogénicas de fragmentación en los ecosistemas terrestres. Entre las consecuencias de la fragmentación viaria se cuentan la reducción del área neta y funcional del ecosistema, el aumento del aislamiento y la proliferación de zonas marginales o bordes y sus efectos.

Las carreteras y caminos son conductos lineales relativamente estrechos originalmente concebidos para el movimiento humano, que mantienen, en ambos márgenes, una frontera diferenciada con el ecosistema matriz o envolvente. Las condiciones físicas y biológicas en estas zonas de transición pueden llegar a ser muy diferentes de las que preserva el bosque no fragmentado.

Se confirmó la hipótesis de que los caminos secundarios generan un efecto de borde en la composición y abundancia de macroinvertebrados, del Bosque Reservado de la Universidad Agraria de la Selva. Por lo que se planteó el siguiente objetivo.

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de borde en caminos secundarios sobre la composición y abundancia de macroinvertebrados, en los caminos de penetración del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fragmentación de los bosques

La fragmentación es la pérdida de continuidad de un ecosistema y produce cambios importantes en la estructura de las poblaciones y comunidades de plantas y animales y en el ambiente físico, afectando su funcionamiento (Saunders *et al.*, 1991; citado por HERRERÍAS y BENÍTES, 2005). La fragmentación implica la creación de bordes, que son el área más alterada de un fragmento; los efectos de borde pueden propagarse varios cientos de metros hacia el interior del bosque remanente (Peters, 2001; citado por HERRERÍAS y BENÍTES, 2005). Este efecto se puede definir como la interacción entre dos ecosistemas adyacentes separados por una transición abrupta (Murcia, 1995; citado por HERRERÍAS y BENÍTES, 2005).

La fragmentación es un proceso en el que el hábitat natural continuo es reducido a pequeños remanentes. Los efectos primarios de este fenómeno son la alteración del microclima y el aislamiento, es decir, los cambios físicos y fisiológicos tanto al interior como a los alrededores del fragmento. Los principales cambios climáticos se reflejan en el flujo de radiación, la incidencia del viento, la frecuencia de fuegos, y en el ciclo hidrológico del fragmento (KAPOS *et al.*, 1997;

citado por HERRERÍAS y BENÍTES, 2005). Las modificaciones micro-ambientales pueden tener un impacto significativo sobre el establecimiento y composición de especies de plantas y animales afectando también las interacciones bióticas.

No se conocen todos los efectos que tiene la fragmentación sobre las diferentes especies, aunque pueden ser negativos, positivos o neutrales. Se sugiere que la mayoría de las especies se ven afectadas de manera directa o indirecta por la fragmentación y el impacto incluye los siguientes factores: la importancia de la pérdida del hábitat, sin necesariamente tomar en cuenta el tamaño del fragmento; el área y la forma del fragmento; el aislamiento del fragmento y el paisaje circundante, y la calidad del parche (Andrén, 1994; citado por HERRERÍAS y BENÍTES, 2005).

Un acercamiento al estudio de la fragmentación del paisaje ha sido el análisis de las relaciones especies-área de la teoría biogeográfica. La teoría de la biogeografía de islas predice que la biota de una isla tiende a aproximarse a un equilibrio dinámico en el número de especies. Las fuerzas que causan este equilibrio son la inmigración y la extinción. La reducción de la biodiversidad se presenta cuando un área continua de hábitat es fragmentada en pequeñas unidades. Cuando un área pequeña de determinado hábitat es preservada y mientras el paisaje de los alrededores es modificado, la riqueza de las especies del nuevo fragmento por lo tanto declinará a través del tiempo. Si se considera la relación existente entre el número de especies con el área, se concluye que la

reducción del área (y por lo tanto de sus hábitats) deriva en la reducción de la diversidad, que incluso puede llegar a la extinción de algunas especies, según el grado de la fragmentación y la susceptibilidad de las especies a los cambios. Es por ello que la fragmentación es vista como un incremento de aislamiento entre especies, así como el decremento de hábitats (PEÑA *et al.*, 2005).

2.2. Efecto de borde

Existen dos grupos de factores principales que son determinantes en la extensión y en la magnitud del efecto de borde en un fragmento de bosque. El primero hace referencia a las influencias climáticas, mientras que el segundo corresponde a la estructura del borde, la cual influye también en la distancia de penetración del efecto de borde.

Existen tres tipos de efecto de borde que se presentan en los límites de estos fragmentos, éstos son el abiótico, el biológico directo y el biológico indirecto. El abiótico o físico corresponde a los cambios físicos en las condiciones del ambiente como lo es el viento, la variabilidad de la temperatura (tanto en el suelo como en el aire), la penetración lateral de la luz y una reducida humedad. Los factores biológicos directos se refieren a los cambios en la distribución y abundancia de las especies, como lo es la proliferación de la vegetación secundaria a lo largo del margen del bosque, invasiones arbóreas o de plantas y de animales generalistas; todo ello causado por las alteraciones en las condiciones físicas cerca del borde. Por último, los biológicos indirectos son

aquellos cambios en las interacciones de las especies en o cerca del borde, debido a que en su conjunto se crea una alteración de los procesos ecológicos como lo es en los ciclos de los nutrientes y en los flujos de energía (PEÑA *et al.*, 2005).

2.3. Antecedentes del efecto de la fragmentación

PINTO *et al.* (2010) mencionan que la fragmentación del hábitat tiene importantes impactos en el microclima de los bosques tropicales, pero los determinantes del microclima en fragmentos aislados y sus efectos sobre la biodiversidad y el manejo de estos ecosistemas aún son mal comprendidos. Estos autores, analizaron un total de 10 fragmentos de bosque (3 – 3,500 ha) aislados por más de 80 años para entender cómo los parámetros microclimáticos responden a características del paisaje, de los fragmentos, a la distancia al borde más próximo. Para ello, en un total de 129 puntos, tomaron 516 mediciones de temperatura del aire, humedad relativa del aire, déficit de presión de vapor e incidencia de luz difusa para caracterizar el microclima de estos fragmentos en relación a los valores de la matriz adyacente. Como esperado, los fragmentos presentaron fuerte variación interna y diferirán largamente del microclima encontrado en la matriz no-forestal. La distancia al borde y otras tres variables no presentaron efectos muy significativos sobre el microclima de los fragmentos como un todo. Por otro lado, identificamos que el porcentaje de cobertura forestal alrededor de los fragmentos y su tamaño (ha) son las variables explicativas más

importantes en la configuración microclimática, es decir, si la cobertura forestal aumenta en el paisaje, es menor su diferencia del microclima se diferencia del microclima en relación a la matriz no-forestal. Estos resultados sugieren que el microclima de los fragmentos de bosque son espacialmente complejos y no se correlacionan con la distancia al borde de los mismos; pero son influenciados por la cobertura forestal del paisaje como un todo que reduce los cambios de calor y humedad entre matriz y bosque influenciando, por lo tanto, el microclima de fragmentos de bosque.

2.4. Macrofauna del suelo

Son como todos aquellos organismos detectables a simple vista, de tamaño variable, que junto con otros organismos, plantas secas y residuos de origen animal, forman parte de la fracción orgánica del suelo; denominados macro invertebrados (BURGES, 1971; PORTA *et al.*, 1999) y comprenden organismos mayores a 2 mm de diámetro y longitud entre 10 a 200 mm (COYNE, 2000).

Son importantes por su actividad en los procesos de depredación de microbios, modificación de la estructura del suelo, descomposición de la materia orgánica, mezclar con la tierra la materia orgánica descompuesta, y fueron clasificados por su función en el suelo (JONES *et al.*, 1994); estos organismos incrementan la formación de agregados, desarrollan parte o todo su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial (hojarasca y otros restos vegetales); además

mejoran las propiedades físicas del suelo y definen el hábitat de esas comunidades.

Cuadro 1. Clasificación funcional de la macrofauna.

Función	Grupos
Ingenieros del suelo	Formicidae, Oligochaeta, Isóptera
Saprófagos	Diplopoda, Isópoda, Blattaria
Predadores	Aranea, Chilopoda, Dermáptera
Herbívoros	Hemíptera, Hymenoptera, Orthoptera
Larvas	De coleóptera y lepidóptera
Otros	Coleóptera, Gasterópoda, Pseudoescorpionidae

Fuente: JONES *et al.* (1994).

2.5. La mesofauna del suelo

La mesofauna de la tierra presenta un diámetro corporal entre 100 μ m y 2 mm y comprende a los Ácaros, los colémbolos, los Miriapodes, los Arácnidos y diversos insectos, algunos Oligoquetos y los Crustáceos (CORREIA y OLIVEIRA, 2000).

Este sistema de organismos, aunque son extremadamente dependientes de la humedad del suelo, son de características terrestres. Las

actividades tróficas de estos animales de tal manera incluyen en el consumo de los microorganismos y de la macrofauna, así como la descomposición del material vegetal.

Conforme a estudios (Lima *et al.*, 1997; citados por BARROS *et al.*, 2003), las áreas orgánicas presentan expresiva diversidad biótica tanto no que se refiere a las plantas cultivadas como las nativas y a fauna benéfica, esta última estimulada por total ausencia de agrotóxicos, constatada la presencia abundante de organismos pertenecientes a macro y mesofauna del suelo. BARROS *et al.* (2003) muestran que los invertebrados (macrofauna) son indicadores sensibles al uso y manejo de suelos.

La macrofauna en el suelo, con diámetro corporal que comprenden entre 2 mm y 20 mm; pueden pertenecer a casi todas las órdenes encontradas en 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, Diplópodes, Quilópodes y de Coleópteros. Estas categorías tienen como funciones principales la descomposición de restos vegetales y animales, la modificación de la estructura del suelo, con la actividad de producir poros y la producción de Coprólitos (BARROS *et al.*, 2003).

Para el hecho de la fauna del suelo para contener una gran variedad de formas, las funciones de los tamaños, tiene tentativas diversas aparecidas de

clasificaciones y de agrupaciones. La clasificación del Cuadro 2 tiene como criterio principal el diámetro corporal, este presenta una cierta relación con el diámetro de la pipa digestiva y del dispositivo bucal.

Cuadro 2. Actividades de la fauna del suelo en el proceso de descomposición y la estructura del suelo.

Categoría	Reciclaje de nutrientes	Estructura del suelo
Microfauna (4 μ m – 100 μ m)	<ul style="list-style-type: none"> • Regulan las poblaciones de bacterias y hongos. • Influyen el reciclaje de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden afectar la estructura del suelo a través de interacciones con la microfauna.
Mesofauna (100 μ m – 2 mm)	<ul style="list-style-type: none"> • Regulan las poblaciones de los hongos y la microfauna. • Influyen en el reciclaje de nutrientes. • Fragmentan detritos vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Producen gránulos fecales. • Crean bioporos. • Promueven la humificación.
Macrofauna (2 mm – 20 mm)	<ul style="list-style-type: none"> • Regulan las poblaciones de hongos y de la microfauna. • Estimulan las actividades microbianas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezclan partículas orgánicas y minerales. • Redistribuyen la materia orgánica y microorganismos. • Promueven la humificación. • Producen gránulos fecales.

Fuente: CORREIA y OLIVEIRA (2000).

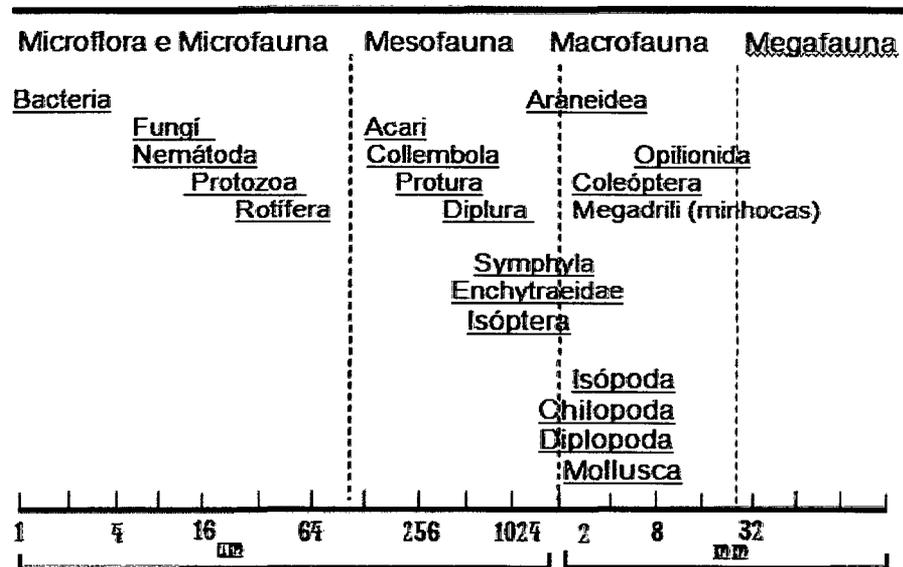


Figura 1. Clasificación del tamaño de fauna de los suelos (CORREA y OLIVEIRA, 2000).

Estas medidas alternadamente, determinan ese tipo de recurso alimenticio y que el potencial de consumo de un animal de la faunas del suelo. Uno no cuenta 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 un Diplopoda depende solamente de los microorganismos para su dieta (CORREA y OLIVEIRA, 2000).

2.6. Estudios de macro invertebrados en el suelo

La mayor densidad poblacional de la macrofauna del suelo se presenta en el estrato superficial, entre 0 y 10 cm, los factores físicos del ambiente como la humedad, temperatura y hojarasca en el suelo son más importantes en la

determinación de la distribución vertical y de la abundancia de los macroinvertebrados. En los suelos se presenta una disminución gradual de la densidad de la macro fauna conforme se incrementa la profundidad, sin embargo hay algunos grupos más abundantes en los niveles más profundos del suelo (WELLINTON, 1995).

LINARES *et al.* (2007) evaluaron la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco. Los grupos taxonómicos identificados fueron similares en todos los sistemas: bosque primario (BP), bosque secundario manejado (BS), sistema agroforestal de café (SAC) y sistema agroforestal (SA) grupos respectivamente. Los diferentes sistemas estudiados, no presentaron diferencias significantes de la macrofauna del suelo; sin embargo, en el SAC y SA de varios cultivos se encontraron la misma densidad (896 ind.m^{-2}) seguidas del BP (880 ind.m^{-2}) y BS (714 ind.m^{-2}) respectivamente. La biomasa de la macrofauna del suelo fue significativamente mayor en el SAC (18.55 g.m^{-2}) con predominancia de diplópodos (45%) y oligoquetos (34%) que en el SA (15.45 g.m^{-2}), BP (9.64 g.m^{-2}) y BS (8 g.m^{-2}). Los resultados muestran que la diversidad de especies vegetales en el sistema agroforestal de café y sistema agroforestal de varios cultivos pueden haber contribuido para mayores densidades de la macrofauna y probablemente también a la visible humedad observada en estos.

VARGAS *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre la recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. La investigación ha sido desarrollada en la región Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Daniel Alomía Robles, a una altitud de 610 msnm, con una precipitación promedio anual de 3 300 mm y temperatura promedio de 24 °C. Las leguminosas establecidas fueron *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*. Luego de tres años, la textura del suelo ha variado de pesada a media, el pH de fuertemente ácido pasó a medianamente ácido, la materia orgánica ha disminuido (*Arachis pintoi* aportó menor cantidad, similar al testigo). El fósforo pasó de bajo a normal y el potasio de bajo a medio. La diversidad de familias de macroinvertebrados se incrementó de siete a veintitrés, y la cantidad de organismos de 37 millones a 58 millones/ha. *Centrosema macrocarpum* incorporó al suelo aproximadamente 1,6 t/ha/año de materia seca, *Arachis pintoi* 0,49; y *Pueraria phaseoloides* 1,30. Esta última alcanzó una cobertura de 99,40%, mientras *Arachis pintoi* 75,60% (menor a todas)

Según PASHANASI (2002) la densidad total de macrofauna en Pucallpa, Perú, es de 382 ind.m⁻² y 853 ind.m⁻² en un Bosque Primario no intervenido e intervenido respectivamente, y la densidad promedio en un Bosque Secundario es de 313 ind.m⁻², así mismo en el Sistema Agroforestal varía de 512 ind.m⁻² a 2651 ind.m⁻² a 557 ind.m⁻². Asimismo PASHANASI (2002) en Yurimaguas, Perú, registró 446 ind.m⁻² en promedio para el Bosque Secundario. De igual manera en la Región Loreto, Perú, TAPIA - CORAL (2004) registró un total de 2281 ind.m⁻² en

un Bosque Secundario, 3702 ind.m⁻² en una plantación forestal de *Simarouba* y en plantación de *Cedrelinga* 2176 ind.m⁻²; el Bosque Primario un total de 2482 ind./m². MWANGI (2004) en Embu (Kenya), para el ecosistema forestal de *Calliandra* y *L. leucocephala* registra 13056 ind.m⁻² y 32643 ind.m⁻² para el agroecosistema con cultivo de *Zea mays* L. "maíz". MARIN y FEIJO (2003) en un cacaotal de Colombia encontró 1483 ind.m⁻². En Tingo María, Perú, en terreno degradado por el cultivo de *Eritroxylum coca* (Lamarck) "coca", se encontraron 800 ind.m⁻² y luego de 4 años de haberle implantada leguminosas rastreras, la densidad de macroinvertebrados aumentó a 7000 ind.m⁻² (VARGAS *et al.*, 2002).

Las siguientes unidades taxonómicas pertenecen a un Bosque Primario no intervenido: Formicidae, Oligochaeta y Coleóptera, Bosques Primario intervenido: Oligochaeta, Isóptera y Formicidae (PASHANASI, 2002). El cacaotal está representado por Formicidae, Oligochaeta, y Coleóptera (MARIN y FEIJO, 2003).

Según TAPIA - CORAL (2004) en la plantación forestal de *Cedrelinga* las isópteras (2459 g.m⁻²) fueron las más abundantes. Así también la mayor densidad de Orthóptera (19 g.m⁻²), Diplópoda (78 g.m⁻²) y Oligochaeta (115 g.m⁻²) ocurrió en el Bosque Secundario; los grupos Formicidae (749 g.m⁻²) y Homóptera (29 g.m⁻²) los más abundantes en el Bosque Primario.

Según WELLINGTON (1995) la mayoría densidad poblacional ocurre en el estrato superficial del suelo (0 – 10 cm de profundidad). Además,

WELLINGTON (1995) señaló que hay un decrecimiento gradual en la densidad de los artrópodos con la profundidad del suelo y que algunos grupos son más abundantes en los estratos más profundos del suelo. Así mismo WELLINGTON (1995) verificó en Estados Unidos que los factores físicos del ambiente, tales como humedad del suelo, temperatura del suelo y presencia de hojarasca en el suelo, fueron de mayor importancia en la determinación de la distribución vertical y de la abundancia de los artrópodos del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS); políticamente ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco; con una altitud de 660 m.s.n.m., en coordenadas $09^{\circ} 09' 00''$ de latitud sur y $75^{\circ} 59' 00''$ de longitud oeste.

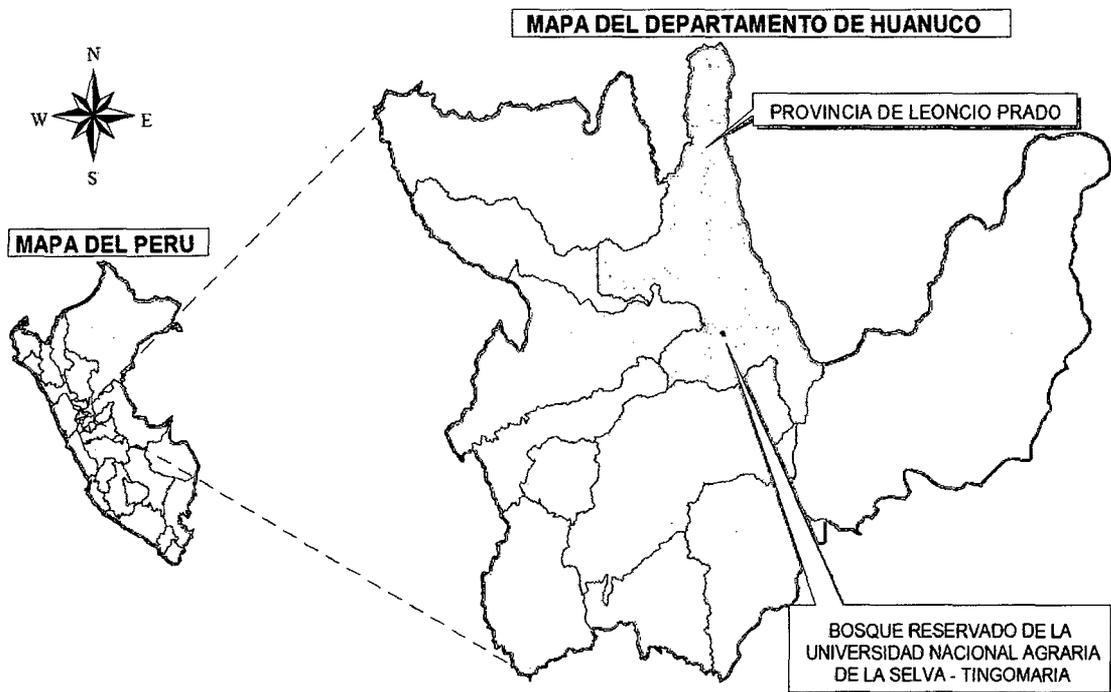


Figura 2. Ubicación del lugar de ejecución.

De acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y según; (HOLDRIDGE, 1987) la zona de estudio se ubica en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre Montano Tropical (bmh - PT). El BRUNAS pertenece a la Ecoregión de Selva alta cuya precipitación alcanza hasta 3,300 mm al año, su temperatura varía desde 18 °C hasta 36 °C y una humedad promedio anual de 80%. El BRUNAS tiene una extensión de 246.11 ha, es un bosque de colina baja, colina alta y montaña (GUTIÉRREZ, 2007):

Colina Baja Clase 1 (CB₁), ubicada la parcela número II de la investigación: esta unidad tiene un paisaje de colinas bajas, tiene un nivel de base de 20 – 60 m y con pendientes moderadas de > 5 a < 20%. La superficie es de 67.52 ha, representa el 22.69% de la superficie total. Esta unidad, constituida por material sedimentario, es de mejores características para el manejo y aprovechamiento forestal, por esto nos permite un acceso relativamente fácil de bajo costo y tiene buen volumen por unidad de área y tiene accesibilidad. En ésta también, se encuentra la plantación de tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) y la plantación del grupo de especies de bambú.

Colina Baja Clase 2 (CB₂), ubicada la parcela número I de la investigación: corresponde a formaciones de colinas de moderada disección, nivel de base 20 a 60 m aproximadamente, con pendientes de >20 a < 40% lo cual permite un buen acceso para el manejo y aprovechamiento. La superficie es de

41.85 ha que representa el 14.07% de la superficie total. En general, las colinas bajas son potenciales de manejo forestal que ofrece el bosque, por sus características ecológicas, capacidad regeneración y presencia de la especie comercial tornillo (*Cedrelinga cateniformis*).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Componentes en estudio

Macroinvertebrados en el Bosque fragmentado del BRUNAS.
Parámetros ambientales del bosque fragmentado: luminosidad, humedad atmosférica, humedad del mantillo y temperatura del suelo.

3.2.2. Materiales y equipos de campo

Para la ubicación de los transectos, se utilizó material cartográfico (Mapa del BRUNAS), una wincha de 50 m, cuerda de rafia, lapicero indeleble, cuadrante de madera de 0.5 m x 0.5 m, luxímetro y termómetro.

3.2.3. Materiales y equipos de gabinete

Materiales biológicos colectados, plancha tecnoport, alfileres, jeringas, alcohol al 96%, formol al 10%, estufa y naftalina utilizados para la conservación y el montado de las muestras colectadas.

3.3. Metodología

3.3.1. Reconocimiento de la zona de estudio

Se realizó un recorrido por del camino secundario de colinas bajas en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) para la ubicación aleatoria de los transectos de muestreo, los cuales se instalaron en ambos lados del camino secundario. Las coordenadas del colina baja 2 es de 391075 Este y 8970200 Norte, y las de colina baja 1 es de 391190 Este y 8970500 Norte.

3.3.2. Muestreo de macroinvertebrados

A ambos lados del camino secundario se delimitaron tres (03) transectos lineales de 80 m cada uno, perpendiculares al camino secundario y separado cada 50 m. A lo largo de cada transecto se tomaron siete (07) muestras del mantillo en cuadrantes de 0.5 m x 0.5 m (Anderson e Igram, 1993; citados por LINARES *et al.*, 2007) en el centro del camino, a 1.5 m, 5 m, 10 m, 20 m, 40 m, y 80 m de distancia del centro del camino (Figura 3).

La colecta de los macroinvertebrados se realizó sólo en la parte de las hojarascas y la superficie del suelo, excluyendo los individuos que se encontraban a diferentes profundidades del suelo (Figura 4).

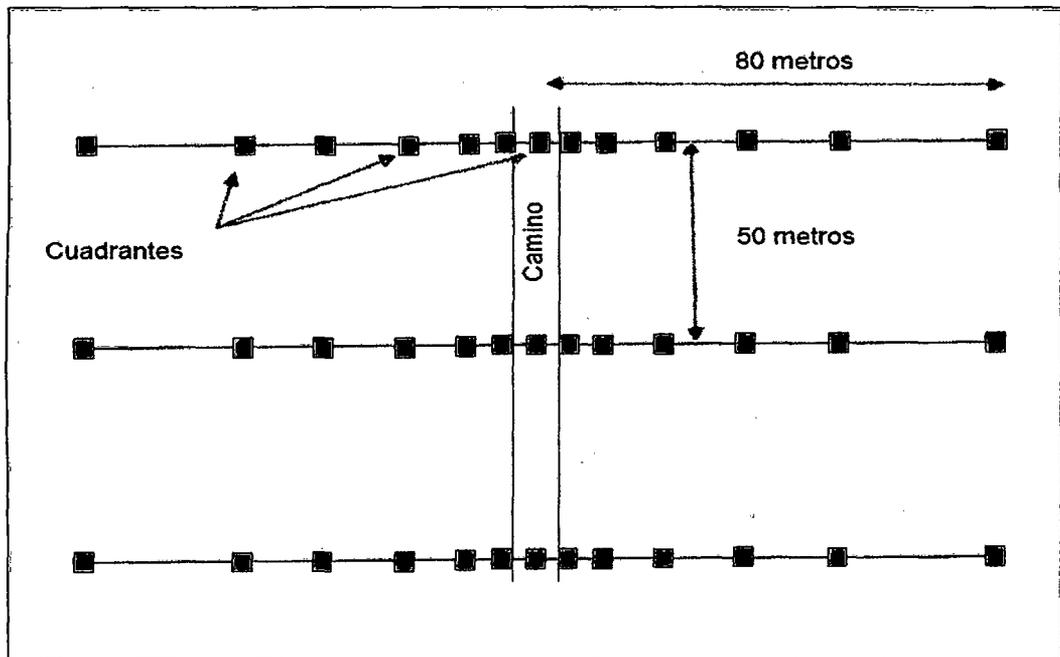


Figura 3. Croquis de distribución de los transectos referente al camino en el bosque (bloque I).

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de ecología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en bolsas de polietileno debidamente codificadas (Figura 4 y 5). De cada muestra, los macroinvertebrados fueron colectados con una pinza sobre bandejas plásticas y se conservaron en alcohol al 70 %. Se identificaron a nivel de Orden y Familia en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), con ayuda de un especialista y mediante el uso de las claves taxonómicas. Luego se realizó el conteo de individuos de los macroinvertebrados por cada grupo taxonómico y se registraron en una matriz de datos.



Figura 4. Colecta de mantillo y macroinvertebrados.

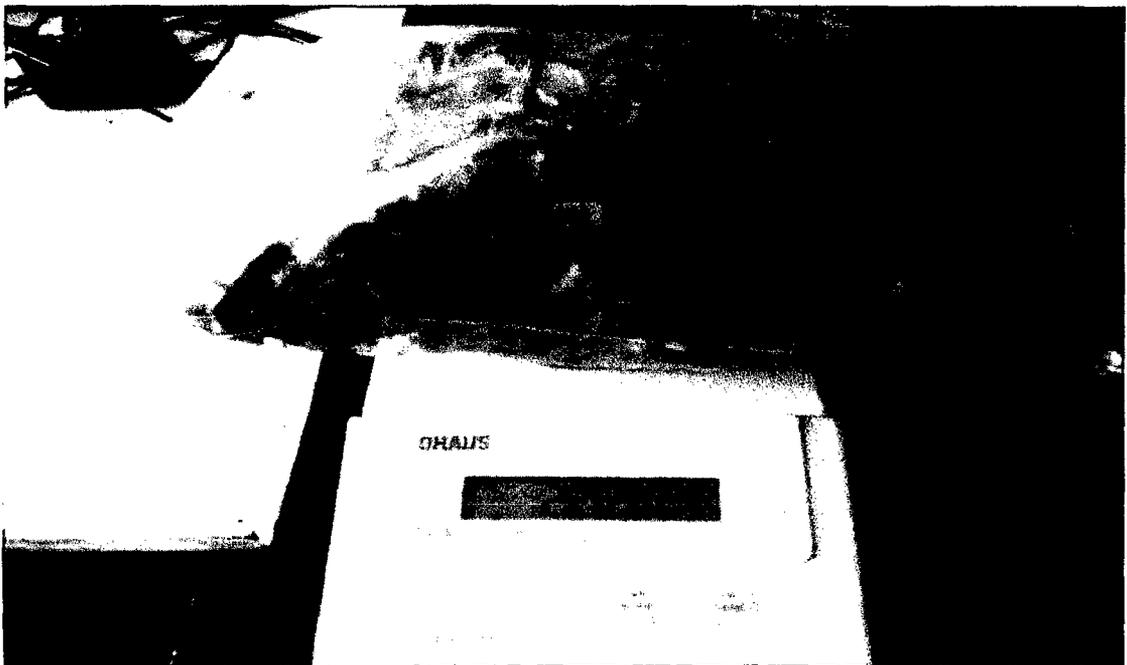


Figura 5. Pesado de mantillo en el laboratorio para determinar la humedad.

3.3.3. Medición de parámetros ambientales

Se registró la temperatura e iluminación sobre el suelo en los diferentes cuadrantes ubicados a distancias diferentes del borde (Figura 3); la hora en que se registró este parámetro fue entre las 11 a.m. hasta la 01 p.m.

Para determinar la humedad del mantillo, se realizó la colecta y pesado de las muestras (peso fresco) que se encontraban en cada cuadrante; luego se trasladó al laboratorio ubicado en la Facultad de Recursos Naturales Renovables (Laboratorio de Anatomía de la Madera), la cual se colocó en la estufa aplicándole calentamiento gradual por días de 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 90 °C y finalmente a 103 °C (NTP 251.010 citado por ALVAREZ, 2009) con la cual se determinó el peso seco, y finalmente el contenido de humedad:

$$CH (\%) = ((Ph - Psh)/Ph)*100$$

Donde:

CH	:	Contenido de humedad (%)
PH	:	Peso húmedo de la muestra (g)
Psh	:	Peso seco al horno (g)

3.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron introducidos en una matriz de doble entrada en el programa Microsoft Excel. Para la determinación de la densidad e índices de diversidad se utilizaron las siguientes fórmulas:

Riqueza de especies (s): Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (MAGURRAN, 1987).

Índice de Shannon-Wiener

Se utilizó la fórmula empleada por SMITH y SMITH (2001):

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i)(\ln P_i)$$

Dónde:

H = Diversidad de especies

S = Número de especies

P_i = Proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie

ln = Logaritmo natural

Equidad de Pielou

Se utilizará la fórmula empleada por MAGURRAN (1987).

$$J = H' / \ln S$$

Dónde:

J = Es el índice de equidad de Pielou

Ln = logaritmo natural

S = Riqueza de especies

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (MAGURRAN, 1987).

Densidad

Se utilizará la fórmula empleada por CORREIRA y OIVERA (2000):

$$D = N/A$$

Dónde:

N = Es el número de individuos y

A = el área.

3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la cuantificación de las especies encontradas fueron analizadas por el programa estadístico SPSS v 17; debido a que los números observados fueron pequeños (3 a 12), previamente se realizó la transformación de datos con $(x + 0.5)^{1/2}$ para que los datos tengan una distribución normal (LONDOÑO, 1994).

Para realizar el análisis de varianza se procedió de la siguiente manera (PADRON, 1996):

Cuadro 3. Análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	FC
Bloques	(r-1)	SCbloq	CMbloq	$\frac{CMbloque}{CMe}$
Tratamiento*	(t-1)	SCtrat	CMtrat	$\frac{CMtrat}{CMe}$
E. Exp.	(r-1)(t-1)	SCe	CMe	
TOTAL	tr-1	SCtotal		

* Considerado a cada distancia como tratamiento sólo como parte del proceso estadístico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición y abundancia de macroinvertebrados del mantillo

El número de macroinvertebrados por metro cuadrado fue menor en el centro del camino secundario con una densidad de 3.10 ind.m⁻², incrementando proporcionalmente a la distancia perpendicular desde el camino (Figura 6).

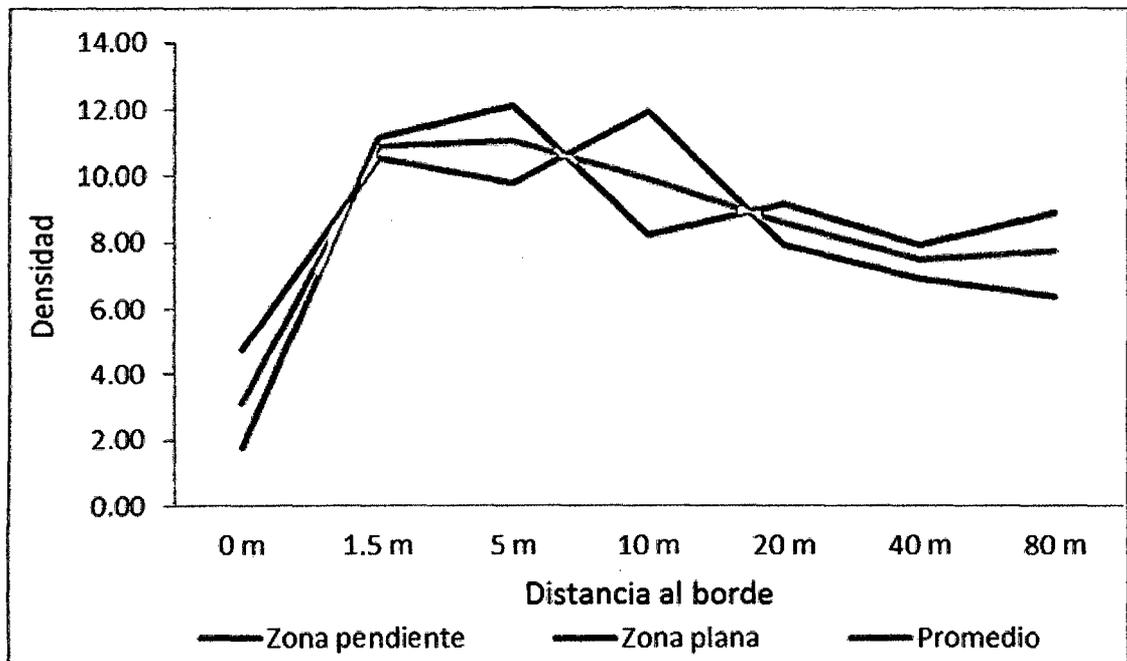


Figura 6. Densidad total de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las coinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

En los transectos elaborados la densidad de microorganismos no superó la densidad de 11.07 ind.m⁻²; mientras que LINARES *et al.* (2007) evaluaron la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra del Parque Nacional Tingo María, los grupos taxonómicos identificados fueron similares en todos los sistemas: bosque primario (BP), bosque secundario manejado (BS), sistema agroforestal de café (SAC) y sistema agroforestal (SA) grupos respectivamente. Los diferentes sistemas estudiados, no presentaron diferencias significantes de la macrofauna del suelo; sin embargo, en el SAC y SA de varios cultivos se encontraron la misma densidad (896 ind.m⁻²) seguidas del BP (880 ind.m⁻²) y BS (714 ind.m⁻²) respectivamente. La biomasa de la macrofauna del suelo fue significativamente mayor en el SAC (18.55 g.m⁻²) con predominancia de diplópodos (45%) y oligoquetos (34%) que en el SA (15.45 g.m⁻²), BP (9.64 g.m⁻²) y BS (8 g.m⁻²). Los resultados muestran que la diversidad de especies vegetales en el sistema agroforestal de café y sistema agroforestal de varios cultivos pueden haber contribuido para mayores densidades de la macrofauna y probablemente también a la visible humedad observada en estos.

La densidad de las poblaciones de microorganismos se vio afectado por el camino secundario elaborado dentro del BRUNAS, la cual afirman Saunders *et al.*, 1991; citados por HERRERÍAS y BENÍTEZ (2005) al mencionar que la fragmentación es la pérdida de continuidad de un ecosistema y produce cambios importantes en la estructura de las poblaciones y comunidades de plantas y animales y en el ambiente físico, afectando su funcionamiento normal.

Según PRICE (1973) el aporte de diferentes especies vegetales en la composición de la hojarasca y 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.

La deforestación, la expansión urbana y periurbana, la construcción de carreteras, el aclaramiento de tierras y otras actividades humanas están fragmentando grandes áreas de bosques y prados, reduciendo las comunidades de borde. A medida que van quedando fragmentadas las grandes áreas, el área total se reduce. Aquello que resta queda distribuido en parcelas inconexas de tamaño variable, albergando en una matriz de desarrollos urbanos y periurbanos y de terrenos agrícolas. Las áreas circundantes son también hábitats terrestres con sus propios conjuntos de especies (SMITH y SMITH, 2001).

4.2. Diversidad de macroinvertebrados del mantillo

El área perturbada (camino secundario) del bosque presentó menor diversidad (H' : 0.38) respecto a los demás muestras que fueron colectadas a diferentes distancias desde el camino secundario.

La distribución de especies (equitatividad) más equilibrada se observa a mayor distancia del camino secundario elaborado dentro del bosque (Cuadro 4).

Cuadro 4. Riqueza de especie, índice de diversidad y equidad de los macroinvertebrados del BRUNAS.

Índices	Distancias desde el camino (m)						
	0 m	1.5 m	5 m	10 m	20 m	40 m	80 m
H	0.38	0.75	0.98	1.07	1.03	1.03	1.01
S	3	8	10	10	9	12	8
J	0.35	0.36	0.43	0.47	0.47	0.41	0.49

Riqueza de especies (S), Índice de diversidad de Shannon – Wiener (H') y Índice de equidad (J).

La diversidad de especies incrementa de manera directamente proporcional al distanciamiento del camino hacia el bosque (Figura 7).

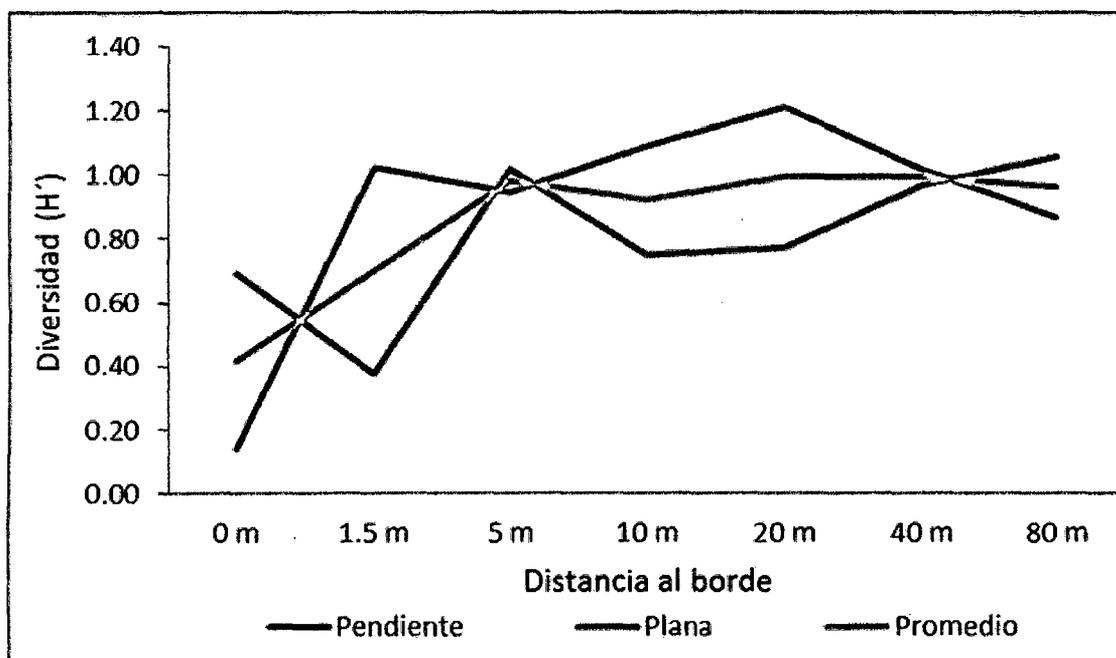


Figura 7. Diversidad de especies de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la riqueza de especies en el BRUNAS.

FV	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	14233,887	6	2372,314	0,364	0,901 N.S.
Intra-grupos	867794,887	133	6524,774		
Total	882028,774	139			

En un camino secundario se alteran las propiedades de los suelos y 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).

La mayoría de la investigación relacionada con la fragmentación de los ecosistemas se enfoca en la dinámica de las poblaciones y de comunidades y rara vez se han considerado los procesos ecosistémicos. Se ha sugerido que la diversidad funcional, y no solamente la riqueza de especies, es importante para mantener el flujo de nutrientes y de energía (Silver et al., 1996; citados por HERRERÍAS y BENÍTEZ, 2005).

Es importante el mantenimiento de una cubierta vegetal sobre la superficie del suelo para que esta impida la pérdida de la diversidad de la

macrofauna y promueva la actividad de los cuerpos de ingenieros del ecosistema, entre los grupos de Oligochaeta, Formicidae e Isoptera (BARROS *et al.*, 2003).

El número de especies presente en los transectos establecidos en terreno plano fue inferior a los transectos establecidos en terreno en pendiente (Figura 8).

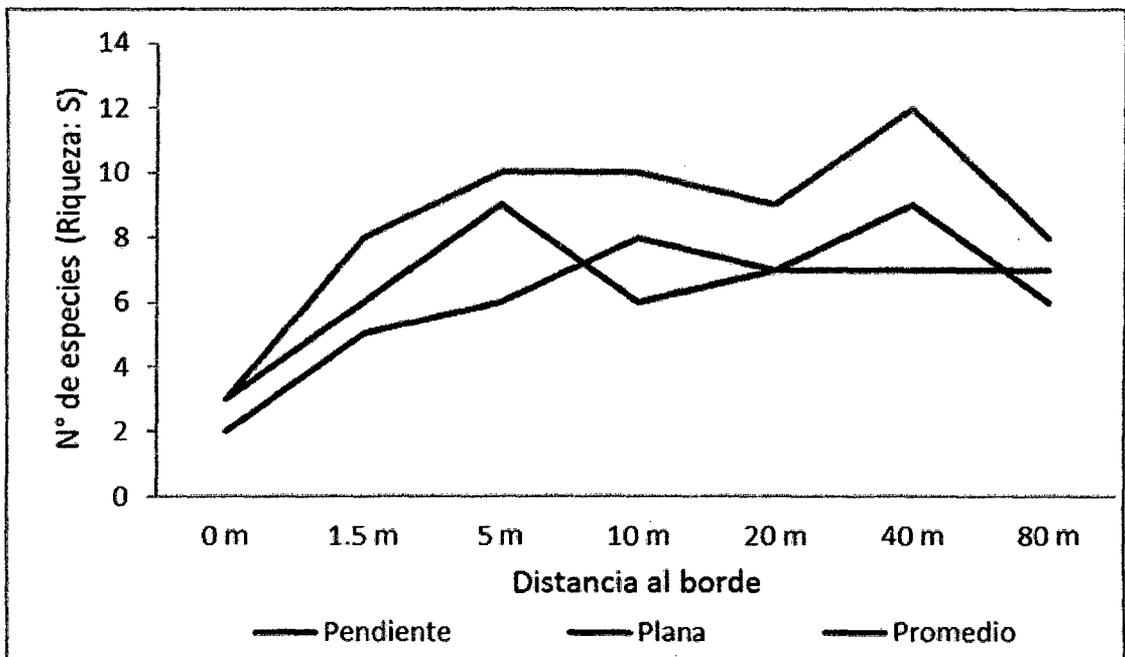


Figura 8. Número de especies de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

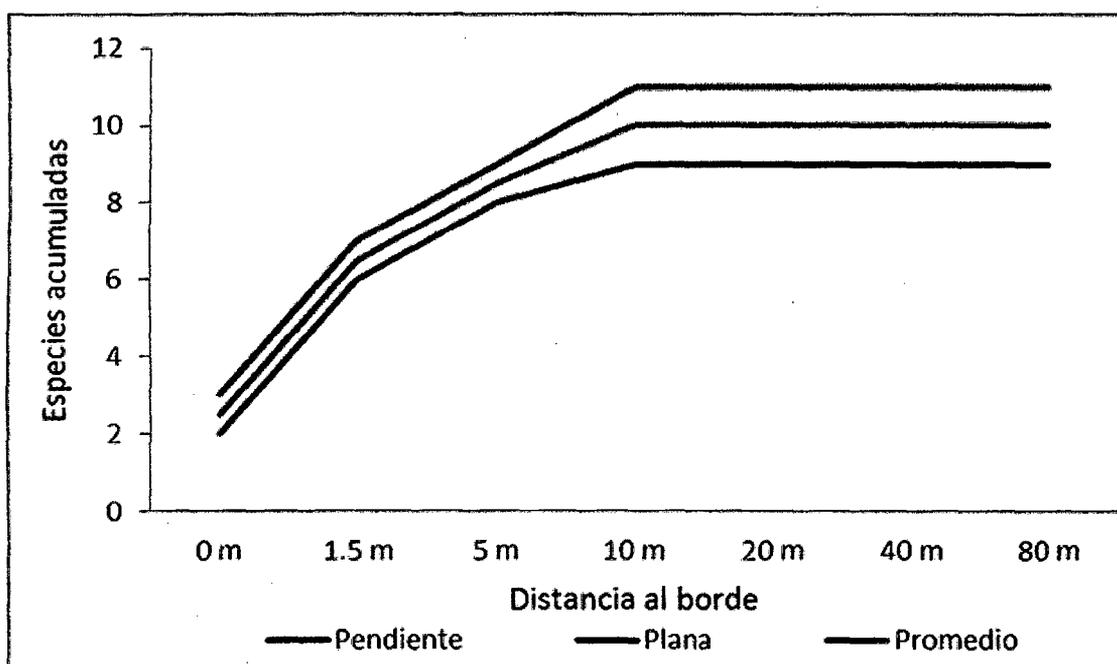


Figura 9. Especies acumuladas de acuerdo a la distancia perpendicular del camino secundario en las colinas bajas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

El incremento del número de especies desde el camino secundario realizado en una colina baja del bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, hacia el centro del bosque fue incrementando respecto al incremento de las distancias y DOMINGO *et al.* (2004) afirma que en un estudio, la red viaria causa importantes cambios en el gradiente borde-interior, que se perciben en el microclima, estructura y composición de la vegetación, abundancia y diversidad de la comunidad de invertebrados del mantillo, respuestas comunitarias y específicas de las aves.

4.3. Comportamiento de la temperatura del suelo, iluminación y humedad del mantillo respecto a la distancia del camino

La temperatura diurna del suelo en el medio del camino secundario elaborado dentro del bosque secundario, presenta valores de 22 °C mostrando un leve incremento hasta los 10 metros, seguido a esta distancia, la temperatura empieza decrecer por factores como la sombra de los vegetales existentes (Figura 10).

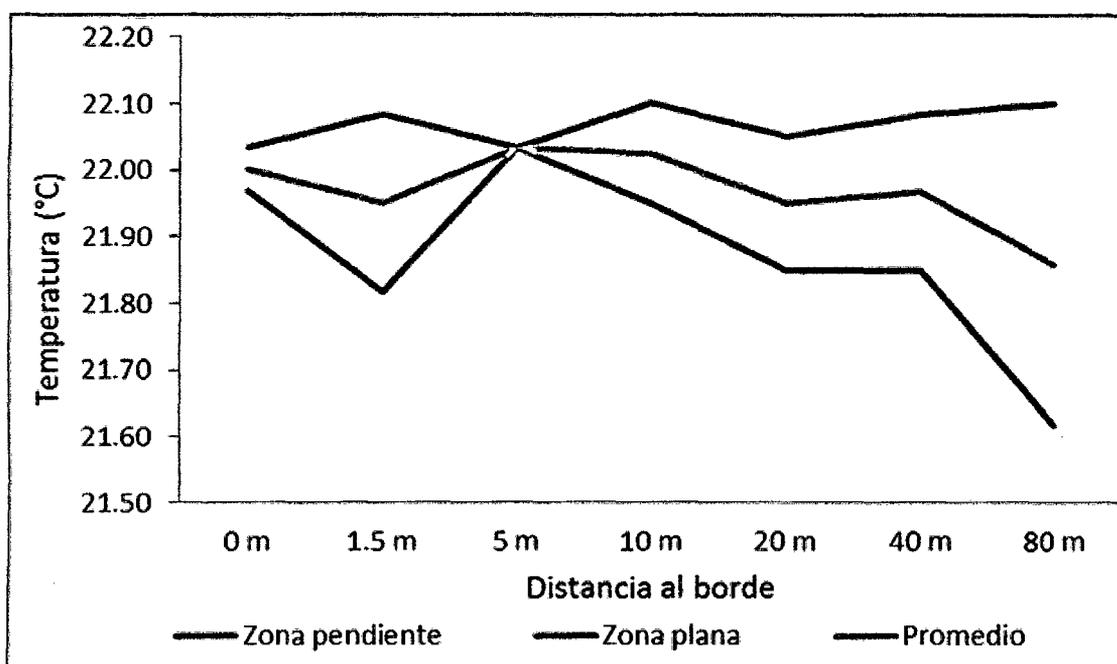


Figura 10. Comportamiento de la temperatura del suelo respecto a la distancia perpendicular de un camino secundario elaborado en el BRUNAS.

La cantidad de iluminación que llega al suelo del bosque alterada por el camino secundario, es superior respecto hacia la distancia perpendicular del camino bosque adentro (Figura 11).

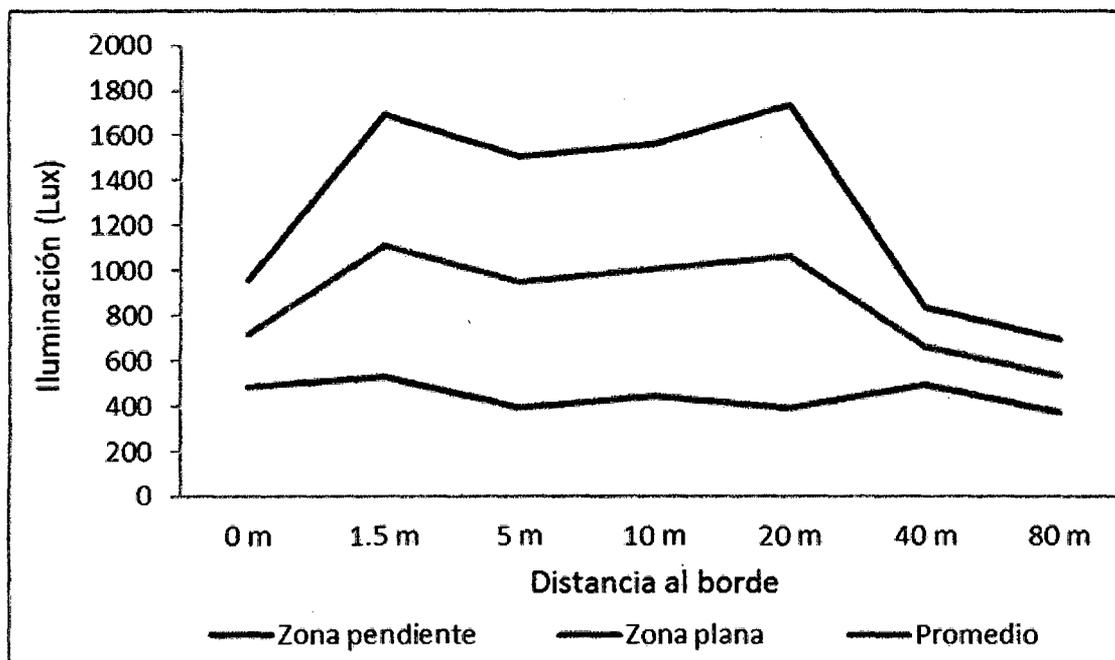


Figura 11. Comportamiento de la iluminación respecto a la distancia perpendicular de un camino elaborado en el BRUNAS.

La humedad en el mantillo encontrado en el camino secundario dentro del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), presentó un menor contenido de humedad en porcentaje respecto a las demás muestras que se colectaron a distanciamientos perpendiculares al camino secundario (Figura 12).

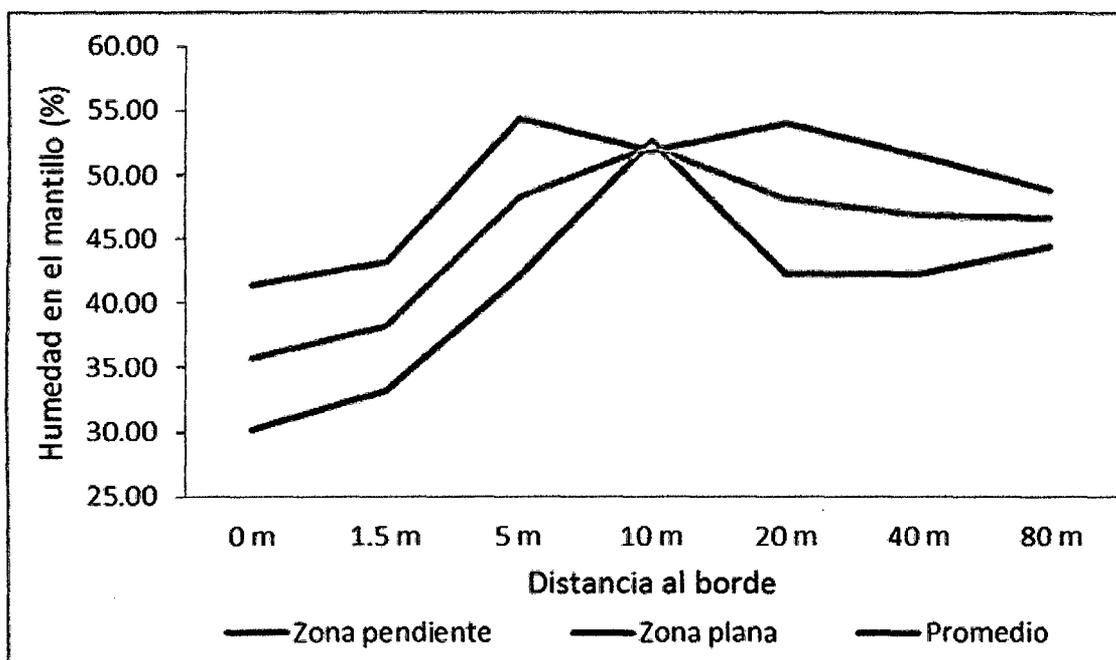


Figura 12. Comportamiento de la humedad de mantillo respecto a la distancia perpendicular de un camino elaborado en el BRUNAS.

La temperatura, iluminación y humedad presente en el mantillo, presentaron comportamientos variables, la cual fue afectado por la construcción del camino secundario generando una fragmentación casi irreversible y los autores Sizer *et al.*, 2000; citados por HERRERÍAS y BENÍTEZ (2005) manifiestan que una alta riqueza de especies puede incrementar la elasticidad de los ecosistemas después de una perturbación, por lo que es mayor el número de alternativas para el flujo de los recursos. La luz del sol, el dióxido de carbono, la temperatura, el agua y los nutrientes del suelo, son recursos que se requieren para la producción primaria en los ecosistemas terrestres y son modificados drásticamente con la fragmentación y la creación de bordes.

La comparación de la temperatura diurna evaluada en el área perturbada fue superior respecto a las áreas que no sufrieron alteraciones; SAUNDERS *et al.* (1991) añaden que el balance de energía en un ambiente fragmentado es muy diferente de aquél con cobertura vegetal original, especialmente cuando la vegetación nativa fue más densa que lo que resta después de la fragmentación. El tipo de matriz de vegetación que rodea al fragmento afecta el balance de radiación debido a un incremento de insolación en la superficie del fragmento.

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, por que están en contacto directo con el sol, estos elementos ejercen una gran acción degradativa natural sobre los suelos, mientras que los suelos no perturbados (bosque natural) 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 (DORAN y PARKIN, 1994).

La humedad del mantillo fue menor en el área alterada por el camino secundario y esto es similar a lo que SAUNDERS *et al.* (1991) describen que la

fragmentación altera varios componentes del ciclo hidrológico, al quitar la vegetación nativa se cambian las tasas de intercepción de lluvia y la evapotranspiración. Al sustituirse especies perennes por herbáceas anuales se incrementa la superficie en pérdida de agua, al mismo tiempo se facilita la erosión del suelo y el transporte de partículas. El impacto de este fenómeno depende de la posición del parche y de su grado de inclinación; sitios con una mayor pendiente son más afectados por el flujo de agua que aquellos con una pendiente menor.

Además PINTO *et al.* (2010) mencionan que la fragmentación del hábitat tiene importantes impactos en el microclima de los bosques tropicales, pero los determinantes del microclima en fragmentos aislados y sus efectos sobre la biodiversidad y el manejo de estos ecosistemas aún son mal comprendidos; sus resultados sugieren que el microclima de los fragmentos de bosque son espacialmente complejos y no se correlacionan con la distancia al borde de los mismos; pero son influenciados por la cobertura forestal del paisaje como un todo que reduce los cambios de calor y humedad entre matriz y bosque influenciando. Midiendo temperatura del aire, humedad, vapor y luz, los investigadores encontraron que otras condiciones juegan un papel mucho más grande en el microclima, siendo más importantes el porcentaje de cobertura boscosa y el tamaño del fragmento.

V. CONCLUSIONES

1. La diversidad de macroinvertebrados desde el centro del camino secundario en la colina baja fue de 3.10 ind./m² (0 m), 10.87 ind./m² (1.5 m), 11.07 ind./m² (5 m), 9.90 ind./m² (10 m), 8.60 ind./m² (20 m), 7.47 ind./m² (40 m) y 7.77 ind./m² (80 m).
2. La fluctuación de la temperatura diurna en la superficie del suelo, por efecto del camino secundario en la colina fue de 22.00 °C (0 m), 25.95 °C (1.5 m), 22.03 °C (5 m), 22.03 °C (10 m), 21.95 °C (20 m), 21.97 °C (40 m) y 21.86 °C (80 m).
3. La iluminación en el BRUNAS donde el camino secundario en colina baja, es alterada con variaciones de 716.67 Lux (0 m), 1108.50 Lux (1.5 m), 946.67 Lux (5 m), 1001.67 Lux (10 m), 1061.67 Lux (20 m), 662.50 Lux (40 m) y 534.17 Lux (80 m).
4. La humedad presente en el mantillo colectado del camino secundario es inferior (35.73%), respecto a la humedad encontrada en el mantillo dentro del bosque (52.26 % - 46.60%).

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis de las propiedades del suelo para determinar su influencia en el efecto de borde en las áreas alteradas por la fragmentación, debido a que es otro indicador del grado de alteración que sufre un bosque natural.
- Evaluar las incidencias de nuevos organismos y plantas invasoras debido al efecto de la fragmentación en los bosques, ya que esta alteración es aprovechada por otros organismos para su proliferación y dominancia con el tiempo.
- En trabajos similares considerar la edad de los caminos secundarios y la edad de los bosques, ya que debido a que los bosques presentan una capacidad para regenerarse y también los macroinvertebrados presentes se incrementan de acuerdo a las condiciones ambientales.
- En trabajos similares considerar la cantidad de biomasa presente por cada tipo de especie encontrada en el mantillo, para interpolar con la cantidad de individuos presentes.

VII. ABSTRACT

With the purpose of evaluating the effect of edge in secondary roads on the composition and abundance of invertebrates, in the paths of penetration of the Reserved Forest of the National Agrarian University of the jungle, located in the province of Leoncio Prado, Peru. Delineated three linear transects of 80 m each, perpendicular to the secondary road and separate each 50 m along each transect seven samples were taken of the topsoil into quadrants of 0.5 m x 0.5 m (Anderson e Igram, 1993; citados por LINARES *et al.*, 2007) in the middle of the road, 1.5 m, 5 m, 10 m, 20 m, 40 m and 80 m away from the center of the road. The collection of the macroinvertebrates were conducted only in the part of the litter and soil surface. Recorded the temperature and lighting on the ground in the different quadrants located at different distances from the edge, between 11 a.m. to 01 p.m. It was determined the moisture content of the litter found in each quadrant; by applying gradual warming by days of 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 90 °C and finally to 103 °C, reaching the constant weight. The macroinvertebrate diversity and the humidity in the mulch was lower than in the center and edge of the secondary road, presenting an increase within the forest while more distance away from hague from the road, while the behavior of the diurnal temperature and percentage of lighting introduced a opposite behavior.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, H.A. 2009. Características del secado natural en apilado triangular y caballete de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. Huamanzamana para la zona de Tingo María. Tesis Ing. Recursos naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 67 p.
- BARROS, E., NEVES, A., BLANCHART, E., FERNANDES, E.C.M., WANDELLI, E., LAVELLE, P. 2003. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia*, v. 47, pp.273-280.
- BURGES, A., F. 1971. *Biología del suelo*. Edit. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España.
- CORREIA, M.E.F., OLIVEIRA, L.C.M. 2000. De fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. *Seropédica: Embrapa agrobiología*. 46 p.
- COYNE, M. 2000. *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Madrid, España, Paraninfo.

- DOMINGO, J., RAMÓN, J., FERNÁNDEZ, J.M. 2004. Consecuencias de la fragmentación viaria: Efectos de borde de las carreteras en la Laurisilva y el pinar de Tenerife. *Ecología insular / Island ecology*. Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET) - cabildo insular de la Palma. pp. 181-225.
- GUTIERREZ, F.O. 2007. Plan de ordenamiento del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Mag. Sc. Manejo sostenible. Universidad Nacional Agraria La Molina. pp 37 – 49.
- HERRERÍAS, Y., BENÍTEZ, J. 2005. Consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Michoacán, México. 114 – 126 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. *Ecología Basada en zonas de Vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.
- JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, Vol. 69, 373-386 p.
- LINARES, D.E., TAPIA, S.C., GAMARRA, O., TORRES, J. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco – Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Consortio Internacional Iniciativa Amazónica para la Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Naturales (IA). 5 p.

LONDOÑO, J.L. 1994. Metodología de la investigación epidemiológica. Universidad de Antioquía. Medellín, España. 247 p.

MAGURRAN, A.E. 1987. Diversidad ecológica y su medición. Barcelona, España, Vedra. 200 p.

MARIN, E.P., FEIJO, M.A. 2003. Efecto de la labranza sobre los macroinvertebrados del suelo en Vertisoles de un área de Colombia. Londrina, Embrapa soja. 237 p.

MWANGI, M., MUGENDI, D.N., KUNG'U, J. B., SWIFT, M.J., ALBRECHT, A. 2004. Soil Invertebrate Macrofauna Composition within Agroforestry and Forested Ecosystems and their Role in litter Decomposition in Ambu, Kenya. 466 p.

PADRON, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. México, Trillas. 215 p.

PASHANASI, B. 2002. Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del suelo en Diferentes Sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, Folia Amazónica. Lima, Perú. 12(1-2): 75-797.

- PEÑA, J.C., MONROY, A., ÁLVAREZ, F.J., OROZCO, S. 2005. Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 8(2):91-98.
- PINTO, S.R.R., MENDES, G., SANTOS, A.M.M., DANTAS, M., TABARELLI, M., MELO, F.P.L. 2010. Los atributos de paisaje conducen la configuración de microclima compleja espacial de fragmentos brasileños Atlánticos forestales. Tropical Conservation Science, 3(4): 389 – 402.
- PORTA, J., LOPEZ, A., ROQUERO, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2da. Edición. Bilbao, España, Mundi prensa. 849 p.
- PRICE, D. 1973. Abundance and vertical distribution of microarthropods in the surface layers of a California pine forest soil. Hilgardia, 42(4): 121 – 148.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J., MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. Conservation Biology 5: 118 – 132.
- SMITH, R.L., SMITH, T.M. 2001. Ecología. West Virginia University, Emeritus. Trad. Francesc Mezquita y Eduardo Aparici. 4 ed. Madrid, España, Pearson Educación, S. A. 664 p.

- SOCARRÁS, A. 1999. Mesofauna del suelo en pastizales antropizados. Mag. Sc. Ecología y Sistemática Aplicada Mención Ecología, Cuba. La Habana, Cuba.
- TAPIA – CORAL, S.C. 2004. Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazonía peruana. Tesis de doctorado. Instituto Nacional de pesquisas da Amazonía. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Brasil. 154 p.
- VARGAS, Y., VALDIVIA, L.A. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. Mosaico científico 2(2). 6 p.
- VARGAS, Y., VALDIVIA, L.A., ANTEPARRA, M., POCOMUCHA, V. 2002. Evaluación de leguminosas rastreras mejoradoras de las condiciones del Suelos Degradados en Selva Alta – Tingo María. UNAS. 11 p.
- WELLINTON, J. 1995. Abundancia, Distribuicao Vertical e Fenologia da fauna de arthropoda de uma região de agua mista, próxima de Manaus, am. Brasil.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de campo

Cuadro 6. Parámetros ambientales evaluados en el Bloque I.

Transecto	Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Luminosidad (Lux)
1	0	21.90	23.93	450
1	1	21.70	29.32	761
1	2	22.05	40.78	510
1	3	21.90	60.32	610
1	4	21.75	34.92	525
1	5	21.70	44.83	505
1	6	21.60	47.01	500
2	0	21.90	27.32	480
2	1	21.85	31.45	510
2	2	22.10	38.72	395
2	3	21.90	46.85	435
2	4	21.65	47.25	385
2	5	21.65	43.78	500
2	6	21.45	46.84	455
3	0	22.10	39.16	520
3	1	21.90	38.82	310
3	2	21.95	46.46	260
3	3	22.05	50.71	285
3	4	22.15	44.69	260
3	5	22.20	38.01	470
3	6	21.80	39.36	160

Cuadro 7. Parámetros ambientales evaluados en el bloque II.

Transecto	Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Luminosidad (Lux)
4	0	22.80	42.37	930
4	1	22.50	52.47	605
4	2	22.40	55.57	410
4	3	22.25	55.03	290
4	4	22.35	50.32	435
4	5	22.15	55.80	370
4	6	22.45	52.08	410
5	0	21.30	34.61	980
5	1	22.30	37.83	3410
5	2	22.15	56.95	3765
5	3	22.45	55.57	3515
5	4	22.00	57.68	4390
5	5	22.35	48.89	1740
5	6	22.45	50.58	1140
6	0	22.00	46.98	940
6	1	21.45	39.03	1055
6	2	21.55	50.67	340
6	3	21.60	45.09	875
6	4	21.80	53.97	375
6	5	21.75	50.05	390
6	6	21.40	43.75	540

Cuadro 8. Densidad de macroinvertebrados en el bloque I (terreno pendiente).

Orden	0 m	1.5 m	5 m	10 m	20 m	40 m	80 m
	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Hymenoptera	56.00	453.33	354.67	293.33	322.67	264.00	274.67
Coleóptera	2.67	0.00	5.33	0.00	2.67	0.00	0.00
Lepidóptera	18.67	2.67	2.67	0.00	0.00	5.33	0.00
Araneae	0.00	13.33	29.33	18.67	42.67	32.00	24.00
Collembola	0.00	13.33	10.67	29.33	5.33	16.00	13.33
Orthoptera	0.00	2.67	5.33	0.00	0.00	2.67	0.00
Dictyoptera	0.00	5.33	2.67	8.00	13.33	2.67	26.67
Isópoda	0.00	0.00	0.00	10.67	10.67	18.67	10.67
Hemíptera	0.00	0.00	2.67	0.00	5.33	2.67	0.00
Díptera	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	5.33	0.00
Isóptera	0.00	0.00	120.00	0.00	0.00	0.00	42.67

Cuadro 9. Densidad de macroinvertebrados en el bloque II (terreno plano).

Orden	0 m	1.5 m	5 m	10 m	20 m	40 m
	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5
Araneae	0.00	16.00	16.00	18.67	24.00	26.67
Isópoda	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Isóptera	0.00	72.00	72.00	138.67	42.67	2.67
Hymenoptera	165.33	253.33	242.67	245.33	178.67	178.67
Coleóptera	3.20	0.00	6.40	3.20	12.80	3.20
Orthoptera	0.00	0.00	0.00	2.67	2.67	0.00
Colémbolo	0.00	0.00	5.33	2.67	16.00	16.00
Chilopoda	0.00	0.00	2.67	5.33	0.00	13.33
Dictyoptera	0.00	26.67	0.00	8.00	2.67	2.67

Cuadro 10. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Derecho - I).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M-3	M-4	M -5	M - 6
Hormigas (negra)	Hymenoptera	18	35	27	15	23	3	8
Coleóptero	Coleóptera	1	0	0	0	1	0	0
Maripositas (pequeñitas)	Lepidoptera	7	0	0	0	0	1	0
Arañas	Araneae	0	2	3	1	3	4	2
Colémbolo	Collembola	0	5	2	3	1	0	0
Grillo	Orthoptera	0	1	2	0	0	1	0
Cucarachas	Dictyoptera	0	2	1	0	0	0	2
Chanchitos	Isopoda	0	0	0	1	4	0	1
Chinche negrito	Hemiptera	0	0	0	0	0	1	0
Insecto parecido al zancudo	Diptera	0	0	0	0	0	1	0
Termita de tierra	Isoptera	0	0	0	0	0	0	1

Cuadro 11. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Izquierdo -I).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M-3	M-4	M -5	M - 6
Araña - roja	Araneae	0	1	2	0	3	3	3
Hormiga negra	HYMENOPTERA	0	29	8	25	14	21	18
Mosquita amarilla	Díptera	0	0	0	1	0	0	0
Cucaracha	Dictyoptera	0	0	0	1	0	0	1

Cuadro 12. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Derecho - I).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Hormigas - rojas	Hymenoptera	0	18	13	19	13	14	0
Arañitas	Araneae	0	0	3	0	3	3	4
Cola de tijera	Coleóptera	0	0	1	0	0	0	0
Colémbolo	Collembola	0	0	1	0	1	3	5
Cucaracha	Dictyoptera	0	0	0	2	0	0	4
Mosca	Diptera	0	0	0	0	0	1	0
Gusanito	Lepidoptera	0	0	0	0	0	1	0
Chanchitos	Isopoda	0	0	0	0	0	0	3
Termitas	Isoptera	0	0	0	0	0	0	15

Cuadro 13. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - I).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Hormiga - N	Hymenoptera	0	36	31	31	33	20	26
Arañas	Araneae	0	0	0	4	3	2	0
Cucaracha	Dictyoptera	0	0	0	0	0	1	3

Cuadro 14. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Derecho - I).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M-3	M -4	M -5	M - 6
Hormiga - N grande	Hymenoptera	3	25	36	17	23	6	15
Araña grande	Araneae	0	2	3	0	0	0	0
Gusanito	Lepidoptera	0	0	1	0	0	0	0
Comején	Isoptera	0	0	45	0	0	0	0
Chanchitos	Isopoda	0	0	0	3	0	7	0
Colémbolo	Collembola	0	0	0	3	0	3	0
Cucaracha	Dictyoptera	0	0	0	0	5	0	0
Chinche similar a mosquita	Hemiptera	0	0	0	0	2	0	0

Cuadro 15. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - I).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M-3	M -4	M -5	M - 6
Gusanito	Lepidoptera	0	1	0	0	0	0	0
Hormiga - N pequeñas	Hymenoptera	0	27	18	3	15	35	36
Chinche	Hemiptera	0	0	1	0	0	0	0
Colémbolo	Collembola	0	0	1	5	0	0	0
Gusanito	Coleóptera	0	0	1	0	0	0	0
Arañas	Araneae	0	0	0	2	4	0	0

Cuadro 16. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Derecho - II).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Araña	Araneae	0	1	0	1	1	3	1
Chanchitos	Isopoda	0	3	0	0	0	0	3
Comején	Isoptera	0	20	0	50	0	0	0
Hormiga roja	Hymenoptera	16	29	10	1	16	13	17
Gusanito	Coleóptera	0	0	1	0	0	0	0
Grillo	Orthoptera	0	0	0	1	1	0	0
Colémbolo	collembolo	0	0	0	0	0	5	0
Cien pies	Chilopoda	0	0	0	0	0	0	1

Cuadro 17. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T1 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - II).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Cucarachas	Dictyoptera	0	2	0	0	0	0	0
Hormigas rojas	Hymenoptera	0	23	25	2	5	1	32
Araña	Araneae	0	0	1	1	2	0	0
Comejenes	Isoptera	0	0	20	0	0	0	0
Gusanito	Coleóptera	0	0	1	0	1	0	1
Cien pies	Chilopoda	0	0	0	0	0	5	0

Cuadro 18. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Derecho - II).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Araña	Araneae	0	0	3	0	0	1	2
Hormiga roja	Hymenoptera	27	15	14	20	21	18	0
Colémbolo	collembolo	0	0	2	0	2	0	0
Cien pies	Chilopoda	0	0	0	1	0	0	0
Cucaracha	Dictyoptera	0	0	0	0	1	0	4

Cuadro 19. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T2 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - II).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Araña	Araneae	0	0	0	2	3	3	1
Hormiga roja	Hymenoptera	0	3	26	37	0	17	1
Colémbolo	collembolo	0	0	0	0	2	0	0
Cien pies	Chilopoda	0	0	0	0	0	0	0
Cucaracha	Dictyoptera	0	5	0	2	0	0	1
Gusanito (torito)	Coleóptera	0	0	0	1	3	1	0
Comejenes	Isoptera	0	0	0	0	3	1	0

Cuadro 20. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Derecho - II).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Araña	Araneae	0	1	0	2	1	2	0
Hormiga roja	Hymenoptera	19	10	0	11	17	7	15
Escarabajo	Coleóptera	1	0	0	0	0	0	0
Cien pies	Chilopoda	0	0	1	1	0	0	1
Cucaracha	Dictyoptera	0	3	0	1	0	1	0
Comejenes	Isoptera	0	5	6	0	8	0	1

Cuadro 21. Matriz de Diversidad de macroinvertebrados del T3 - Centro de la carretera (L. Izquierdo - II).

Macroinvertebrados	Orden	M - 0	M-1	M - 2	M -3	M -4	M -5	M - 6
Araña	Araneae	0	4	2	1	2	1	0
Hormiga roja	Hymenoptera	0	15	16	21	8	11	3
Colémbolo	collembolo	0	0	0	1	2	1	0
Comejenes	Isoptera	0	2	1	2	5	0	0

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 13. Delimitación de los transectos.

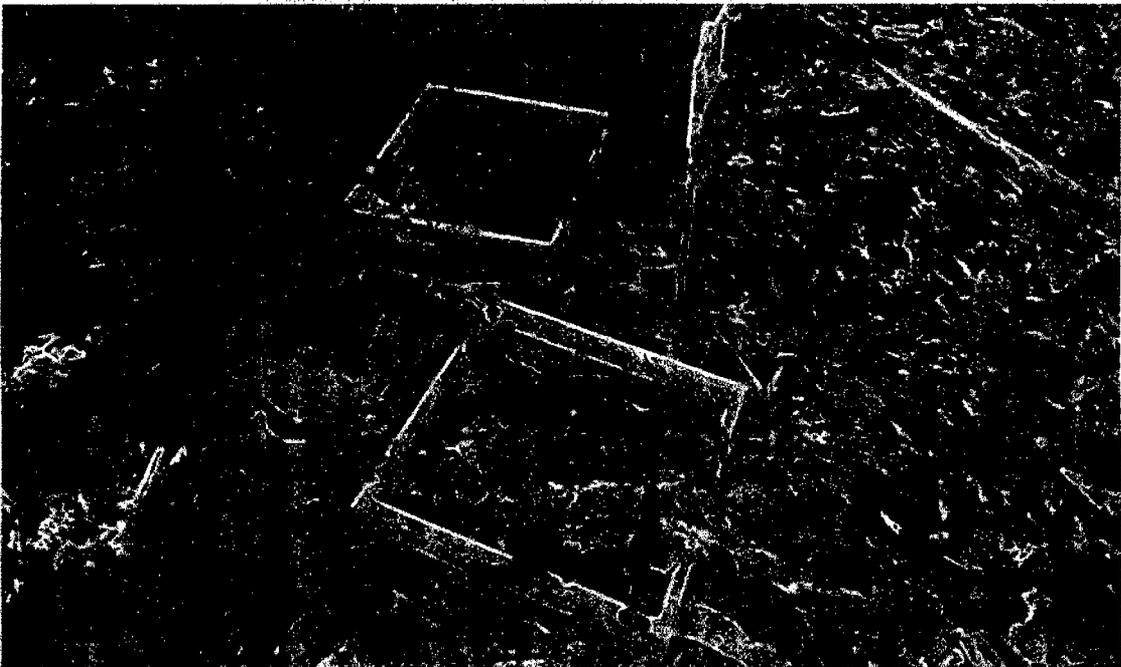


Figura 14. Muestreo del mantillo para determinar humedad.



Figura 15. Codificación de muestras para llevar al laboratorio.

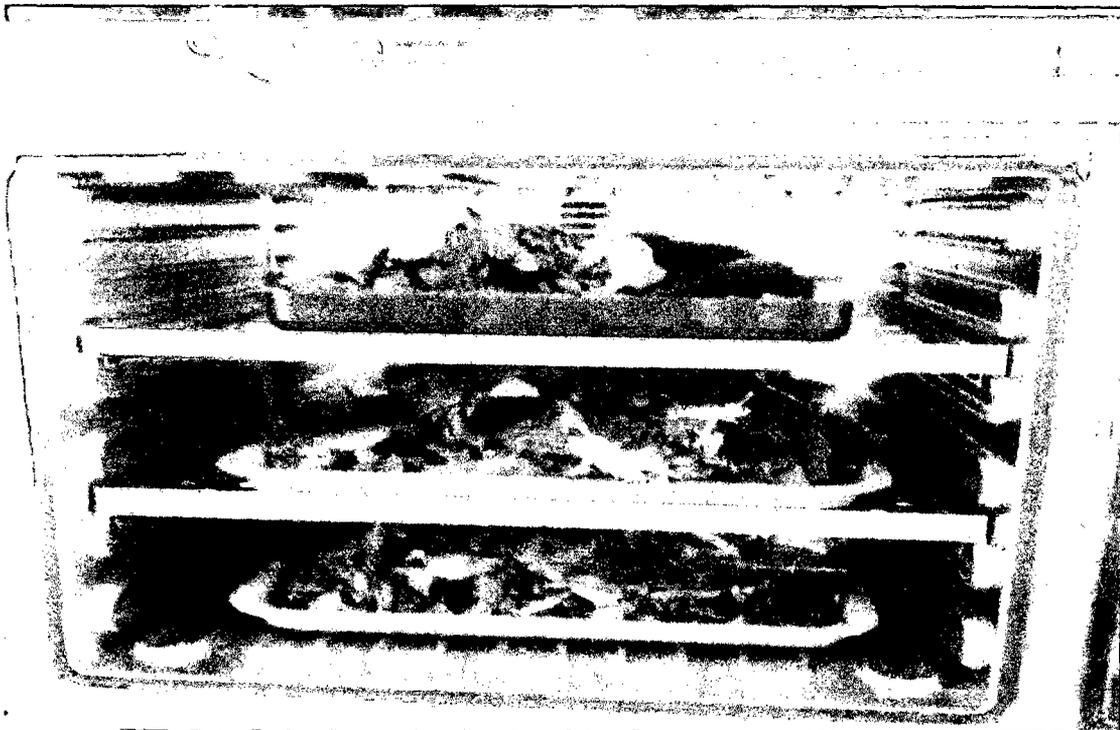


Figura 16. Secado de muestras en estufa.